

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

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**CONCEPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION DU PERIMETRE
D'OUED TAOUIL A PARTIR D'UN PETIT BARRAGE
(KHNEG SIDI IBRAHIM ,W.LAGHOUE)**

Présenté par :

M^r BOUKHALFI ZOUBIR

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r M.MESSAHEL	Professeur	Président
M^{me} L.S BAHBOUH	M A.A	Examinatrice
M^{elle} H.BOUCAMA	M A.A	Examinatrice
M^{me} S.HRKAT	M A.B	Examinatrice
M^r A.AYAD	M A.A	Examineur
M^{elle} CH.SALHI	Magister	Promotrice

Septembre -2012

Remerciements

D'abord je remercie Dieu le Tout Puissant pour m'avoir permis d'accomplir dans les meilleures conditions ce travail.

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

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Ma promotrice M^{elle} CH. SALHI pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

.

L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude,

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail

Zoubir BOUKHALFI

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 : Hamza, Sasi, Ahmade et AËK;*
- *A mes sœurs : Khadija ;*
- *A toute la famille BOUKHALFI surtout : Karim, Réda et Mohammed ;*
- *A tous mes amis, en particulier : Laggoune AËK, Ibrahime B, Alhousayne B, Rafike, Haidare, Issa j, AËK S.*

Zoubir BOUKHALFI

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو إيصال مياه سد خنق سيدي إبراهيم (2.34 hm³) الواقعة في محافظة الأغواط , إلى المساحة الزراعية لمنطقة الواد الطويل 400 هكتار . لهذا قمنا بدراسة الإحتياجات المائية للمحاصيل وقد تم تحديد محيط الدراسة مع حجم الأنبوب .

RESUME

Le but de ce mémoire consiste en l'acheminement de l'eau du barrage de khneg sisi brahim (2,34 hm³) qui se situe dans la wilaya de Laghouat, vers le périmètre de Oued Touil (400 ha). Pour cela, les besoins en eau des cultures du périmètre d'étude ont été déterminés avec le dimensionnement de la conduite d'adduction.

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is the delivery of water dam khneg sisi brahim (2.34 hm³) located in the province of Laghouat to the perimeter of Oued Touil (400 ha). For this, the water needs of crops the perimeter of study have been determined with the size of the supply pipe.

Sommaire

Chapitre I

I.1 Présentation du périmètre d'étude.....	1
I.1.1. Situation géographique	1
I.1.2. Situation administratif	2
I.1.3. Réseau routier.....	2
I.1.4 Hydrogéologie.....	2
I.1.5 Géologie.....	2
I.2 Présentation du barrage de Khneg Sidi Brahim.....	3
I.2.1 Caractéristiques générales du bassin versant:	3
I.3. Caractéristiques climatiques	8
I. 3.1. Température	8
I.3.2. Evaporation	9
I.3.3 Humidité relative de l'aire d'étude	9
I.3.4 Vents dominants.....	9
I.3.5 Gelés blanche	10
I.3.6. Grêle	10
I.3.7. Nébulosité	10
I.3.8 Brouillard	11
I.3.9 Insolation	11
I.4 Pluviométrie.....	11
I.4.1. Traitement des données pluviométriques	12
I.4.2. Ajustement de la série pliviométrique :	12
I.5 Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER	16
I.6 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSE.....	16
Conclusion	17

Chapitre II

Introduction	18
II.1. Etude pédologie	18
II.1.1. Sols minéraux bruts.....	18
II.1.2 Sols peu évolués, d'apport alluvial	19
II.1.3 Sols profonds, à texture sableuse peu argileuse, à recouvrement limono argileux très peu épais	21
II.1.4 Sols profonds, à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono-argileuse à moyenne profondeur	22
II.1.5 Sols Profonds, à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono-argileuse à faible profondeur sur formation à texture sableuse peu argileuse en profondeur	23
II.1.6 Sols profonds, calcaires, à texture moyenne sur formation à texture limono-argileuse à moyenne profondeur	24
II.1.7 Sols profonds , calcaires , à texture moyenne sur formation à texture sableuse peu argileuse moyenne profondeur , sur formation à texture limono-argileuse et sableuse peu argileuse en profondeur	25
II.1.8 Sols profonds , calcaires , à recouvrement limono argileux , à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono argileuse à moyenne profondeur	26
II.1.9 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse sur formation à texture sableuse peu argileuse à faible profondeur	28
II.1.10 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse sur formation à texture sableuse peu argileuse à moyenne profondeur.....	29
II.1.11 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse	30
II.2 Aptitudes culturales	31
II.2.1 Caractéristiques des sols.....	31
II.2.2 Solutions préconisées	31
II.2.3 Spéculations envisagées	32
Conclusion	32

Chapitre III

Introduction.....	33
III.1 Besoins en eau du périmètre	33
III.1.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC).....	33
III.1.2 Choix des cultures.....	36
III.1.3 Estimation des besoins en eau des cultures	36
Conclusion	47

Chapitre IV

introduction.....	49
IV.1.Délimitation des ilots et implantation des bornes	49
IV.2. Différents types de réseau d'irrigation	49
IV.2.1. Réseau à ciel ouvert	49
IV.2.2. Réseau fermé	49
IV.2.3. Réseau mixte	49
IV.3. Choix du type de réseau.....	50
IV.4. Choix de la matière des tuyaux	50
IV.4.1. Canalisation en acier	50
IV.4.2. Canalisation en fonte	50
IV.4.3. Canalisation en matière plastique	50
IV.5. Assemblages des tuyaux	50
IV.6. Raccords.....	51
IV.7. Débit spécifique.....	51
IV.8. Débit caractéristique	54
IV.9. Adduction gravitaire	54
IV.9.1. CALCUL DE DIAMÈTRE LE PLUS AVANTAGEUX DE LA CONDUITE GRAVITAIRE (BARRAGE-BASSIN DE STOCKAGE).....	54
IV.10. Choix du type de borne :.....	56
IV.10.1) Pression demandée aux bornes d'irrigation	56
IV.10.2. Choix de diamètre de la borne.....	56
IV.10.3. Débit aux bornes.....	57
IV.11. Diamètres	57

IV.12. Calcul hydraulique primaire.....	58
IV.12.1. Vitesses	58
IV.13. Choix du matériau	61
IV.14. Équipements du réseau de distribution	61
IV.14.1. Équipements de contrôle des conduites :	61
IV.14.2. SCHÉMAS DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS :	63
Conclusion	65

Chapitre V

Introduction.....	66
V.1 Différentes techniques d'irrigation	66
V.1.1 Irrigation de surface	66
V.1.2. Irrigation par aspersion	69
V.1.3 Irrigation localisée	70
V.1.4. Irrigation de sub-surface ou sous-terrain :.....	71
V.2 Avantages et inconvénients des techniques d'arrosage	71
V.2.1 Techniques d'irrigation de surface	71
V.2.2 Techniques d'irrigation sous pression.....	72
V.2.3 Irrigation localisée	72
V.2.4 Irrigation souterraine.....	72
V.3 Choix des techniques d'irrigation.....	73
Conclusion	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Paramètres de la courbe hypsométrique	6
Tableau I.2 Caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant du barrage Khneg Sidi Brahim.....	8
Tableau I.3 Répartition mensuelle de la température (1913-1946)	9
Tableau I.4 Répartition mensuelle de l'évaporation (1913-1946).....	9
Tableau I.5 Répartition mensuelle des humidités relative (1913-1946)	9
Tableau I.6 Vitesses moyennes mensuelles des vents (1913-1946)	10
Tableau I.7 Répartition mensuelles de la gelés (1913-1946).....	10
Tableau I.8 Répartition mensuelle de la grêle (1913-1946).....	10
Tableau I.9 Répartition mensuelle de la nébulosité (1913-1946)	10
Tableau I.10 Répartition mensuelle du brouillard (1913-1946)	11
Tableau I.11 Insolation moyenne (1913-1946).....	11
Tableau I.12 Présentation de la station pluviométrique	11
Tableau I.13 : Répartition mensuelle de la précipitation station de Gueltet Sidi Saad :(1966- 2009).....	12
Tableau I.14: pluies fréquentielles de Gueltet Sidi Saad	14
Tableau I.15 Répartition mensuelle des précipitations de la station de Gueltet Sidi Saad (1966- 2009).....	15
Tableau I.16 Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul	16
Tableau II.1 Résultats d'analyses du profil 01	20
Tableau II.2 Résultats des analyses chimiques	20
Tableau II. 3 Résultats d'analyses du profil 02.....	21
Tableau II.4 Résultats des analyses chimiques	21
Tableau II. 5 Résultats d'analyses du profil 03	22
Tableau II.6 Résultats des analyses chimiques	22
Tableau II. 7 Résultats d'analyses du profil 04.....	23
Tableau II.8 Résultats des analyses chimiques	24
Tableau II. 9 Résultats d'analyses du profil 05.....	25
Tableau II.10 Résultats des analyses chimiques	25
Tableau II. 11 Résultats d'analyses du profil 06.....	26
Tableau II.12 Résultats des analyses chimiques	26

Tableau II. 13 Résultats d'analyses du profil 07.....	27
Tableau II.14 Résultats des analyses chimiques	27
Tableau II. 15 Résultats d'analyses du profil 08.....	28
Tableau II.16 Résultats des analyses chimiques	28
Tableau II. 17 Résultats d'analyses du profil 09.....	29
Tableau II.18 Résultats des analyses chimiques	29
Tableau II. 19 Résultats d'analyses du profil 10.....	30
Tableau II.20 Résultats des analyses chimiques	30
Tableau III.1 Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman & Monteith.....	35
Tableau III.2: Pluies de projet et pluies efficace de la station du	36
Tableau III.3 Besoins en eau d'irrigation blé.....	37
Tableau III.4 Besoins en eau d'irrigation de Sorgho	38
Tableau III.5 Besoins en eau d'irrigation d'orge.....	38
Tableau III.6 Besoins en eau d'irrigation du maïs	39
Tableau III.7 Besoins en eau d'irrigation des pommes de terre.....	39
Tableau III.8 Besoins en eau d'irrigation d'artichaut	40
Tableau III.9 Besoins en eau d'irrigation des tomates.....	41
Tableau III.10 Besoins en eau d'irrigation des végétales.	41
Tableau III.11 Besoins en eau d'irrigation d'Olivier.....	42
Tableau III.12 Besoins en eau d'irrigation de melon	44
Tableaux III.13 Récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures	45
Tableaux III.14 Récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures	46
Tableau IV.1 Débit fictif continu (l/s/ha) dans le mois de pointe pour chaque culture	54
Tableau iV.2. Coefficients K', m, B pour différents types du tuyau.	55
Tableau IV.3 Choix du diamètre de la borne.	57
Tableau IV.4. Débit caractéristique à chaque borne	57
Tableau IV.5 Débit au niveau des bornes et des prises.....	58
Tableau IV.6. Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres	59
Tableau IV.7. Les résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression).60	
Tableau IV.8 Débits vitesses et pertes de charge.....	61
IV.14.1. Equipements de contrôle des conduites	61

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Plan de situation de la zone d'étude	2
Figure I.2 Localisation du périmètre d'étude.....	2
Figure I.3 Situation du bassin versant du barrage de Kneg Sidi Brahim.....	4
Figure I.4 droite d'ajustement de Galton	14
Figure I.5 Graphes de bioclimatique d'EMBERGER.....	16
Figure I.6 Graphes de BAGNOLS GUAUSSEN.....	17
Figure IV.2 : Les vannes de sectionnement.....	63
Figure IV.3 : Ventouse.....	63
Figure IV.4 : borne d'irrigation.....	63
Figure IV.5 : Soupape de décharge anti-bélier	64
Figure V.1 : Irrigation par planche de ruissellement.....	67
Figure V.2 Irrigation à la raie	68
Figure V.3 Irrigation par submersion	69
Figure V.4 Irrigation par aspersion.....	70
Figure V.5 : Irrigation localisée.....	71

LISTE DES PLANCHES

Planche n°01 : Plan de masse de la zone d'étude

Planche n°02 : Implantation de réseau de distribution

Planche n°03 : Délimitation des ilots de la zone

Planche n°04 : Profil en long de conduite d'amenée et conduite principale

INTRODUCTION GENRALE

L'importance de l'irrigation dans le monde est définie par N.D.GULHATI (Indien) : « *l'irrigation dans beaucoup de pays est un art ancien aussi vieux que la civilisation, mais pour le monde entier c'est une science moderne ; la science de la survie* ».

Depuis longtemps les précipitations, plus particulièrement les pluies, ont été la source principale, essentielle et économique ressource en eau pour l'agriculture ; or cette ressource est gérée par la nature qui n'est pas régulière ; alors l'homme, pour satisfaire sa demande, a pensé toujours à des moyens lui permettant la régulation de cette demande selon les besoins de ses cultures.

Après plusieurs expériences transmises entre générations, l'homme arrive enfin à deux méthodes : l'irrigation pour combler le manque d'eau et le drainage pour évacuer l'excès d'eau pouvant stresser ses cultures. Ces deux activités sont devenues des réalités économiques incontournables par leurs productions de richesses, création d'emplois et de faire circuler de l'argent ; surtout en Algérie qui présente une dépendance accrue par rapport à l'importation des produits agro-alimentaires et un taux de chômage élevé (environ 30 % de la population active).

Notre pays a connu et connaîtra de longue période de sécheresse, en particulier dans les régions à climat semi aride où la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie.

Le présent travail est consacré à une étude d'irrigation du périmètre d'Oued Touil (400 Ha) qui se situe dans la wilaya de Laghouat à partir du barrage de Khneg Sidi Brahim qui se situe la même wilaya (Laghouat), dont son seuil de dérivation est en cours de finalisation.

Dans la présente étude, le plan de travail s'est réparti comme suit:

- Après une introduction générale, le premier chapitre est consacré à définir les différents modes et techniques utilisées en irrigation.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'aire d'étude et l'analyse des données climatiques et pluviométriques.
- Le troisième chapitre étudie des sols et aptitude culturale de la zone d'étude.
- Le quatrième chapitre traite le calcul des besoins en eaux des cultures projetées.
- En fin Le cinquième chapitre est consacré au dimensionnement de la conduite d'adduction et du réseau de distribution moyennant un logiciel de calcul et les lois de l'hydraulique applicables aux conditions naturelles et techniques de la zone d'étude.

I.1.2. Situation administratif

Le périmètre d'étude s'étend sur le territoire de la wilaya de Laghouat.

Le village le plus proche du périmètre d'étude est celui de « Oued Touil » qui fait partie de la commune de Gueltat Sidi Saad (Figure II.1).

Cette dernière est limitée:

- A l'Est par la commune de Sidi Bouzid.
- A Nord par la commune de Ain Deheb (Wilaya de Tiaret).
- A l'Ouest par les communes de : Ain Sidi Ali, Brida et Hadj Michri.
- Au Sud par la commune d'Aflou.

I.1.3. Réseau routier

Le réseau routier dans la zone d'étude se présente comme suite:

- Route nationale n°23 "Aflou vers Tiaret" dans l'Est de la zone d'étude (figure I.2) ;
- Route nationale n°47 "Aflou vers El Bayadh" dans le sud de la zone d'étude.

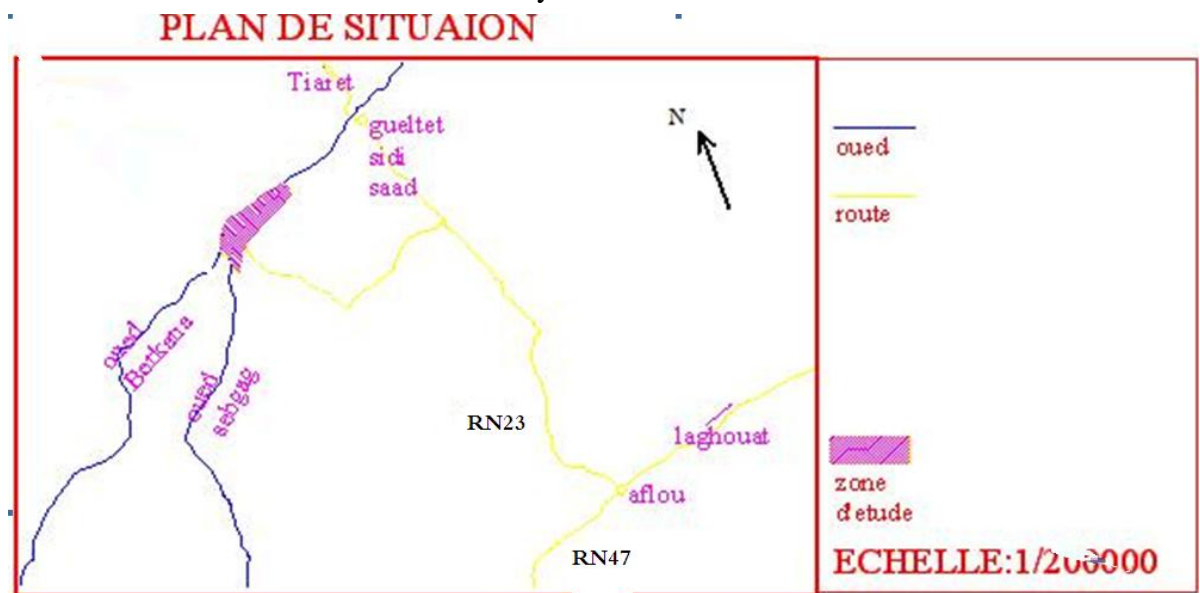


Figure I.2 Localisation du périmètre d'étude

I.1.4 Hydrogéologie

Les nappes phréatiques du périmètre sont profondes, elles sont alimentées par des nappes se trouvant près des montagnes. L'écoulement des eaux se fait vers l'oued sebgag et l'irrigation se fait à partir des eaux de cet oued.

I.1.5 Géologie

La région étudiée est localisée dans l'Atlas Saharien central ou Djebel Amour correspondant à une chaîne plissée lors de l'orogénèse alpine caractérisée du point de vue technique, peu d'ensemble de plis coiffés à flancs diverses séparés par des synclinaux parfois perchés facilitant les communications Nord-Sud et Est- Ouest

et limités au nord par l'accident nord atlasique et au sud par la flexure sud atlasique ou saharienne.

- Du point de vue stratigraphique les monts du Djebel Amour sont essentiellement constitués par des formations mésozoïques qui se sont déposées à l'origine dans un sillon subsidient et que l'on peut subdiviser selon quatre ensembles principaux :
- Des argiles gypso-salines accompagnées de roches éruptives attribuées au Trias et affleurant généralement au niveau des grands accidents.
- Une alternance de calcaires, de grès, et de marno-calcaires avec au sommet une série carbonates oolithique comportant de rares bancs de grès , de marnes et d'argiles (Jurassique supérieur ou Malm).
- Une série détritique argilo-gréseuse comportant à divers niveaux des passées carbonatées (Bajocien supérieur -Albien).
- Des argiles à gypses et bancs dolomitiques surmontés de calcaires dolomitiques (Cénomaniens-Turonien).

Selon (G.B.M Flamand, 1911) et (R. Dresnay, 1962) les terrains jurassiques diminuent d'épaisseur vers l'est ou ils sont remplacés par des terrains crétacés.

I.2 Présentation du barrage de Khneg Sidi Brahim

I.2.1 Caractéristiques générales du bassin versant:

Les caractéristiques physico-géographiques du bassin versant du barrage (surface, forme, pente et réseau de drainage) ont été déterminées sur la base de la carte d'Etat Major Gueltet Sidi Saad à l'échelle 1/200 000 (ANBT, 2012).

a. Caractéristiques géographiques:

Le site du petit barrage Khneg Sidi Brahim est situé dans la wilaya de Laghouat, daïra d'Aflou, commune de Gueltat Sidi Saad (Figure II.3). Le village le plus proche à site du barrage est Oued Touil.

Les coordonnées (en UTM) du site sont données comme suit :

$$X = 423.553 \text{ Km ;}$$

$$Y = 401.234 \text{ km ;}$$

$$Z = 1195 \text{ m NGA.}$$

b. Caractéristiques géométriques:

Par planimétrie sur la carte d'état major de Gueltet Sidi Saad à l'échelle 1/200.000 (Figure II.3) :

- La surface du bassin est: $S = 348 \text{ km}^2$
- le périmètre P du bassin versant, est: $P = 80 \text{ km}$

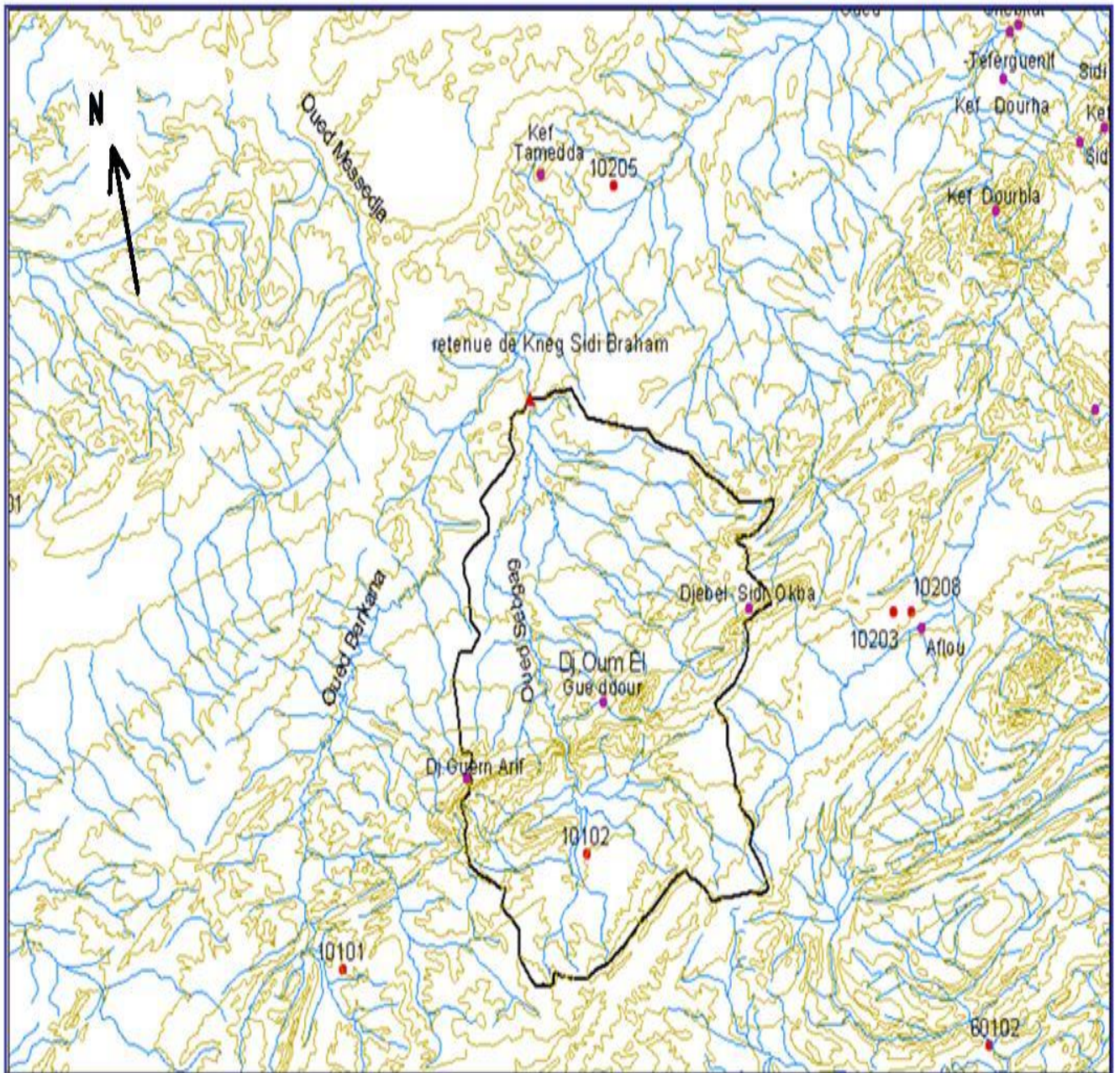
Bassin versant du seuil de Khneg Sidi Braham (Echelle : 1/200 000)

Figure I.3 Situation du bassin versant du barrage de Khneg Sidi Brahim (ANRH)

c. Caractéristiques hydro morphologiques:

- **Indice de compacité de Gravelius Kc :**

C'est le rapport du périmètre du bassin sur la circonférence du cercle de rayon R ayant la même superficie S que le bassin, cet indice exprime la forme du bassin versant, il est en fonction de la surface du bassin et de son périmètre.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (II.1)$$

P : périmètre du bassin versant (Km).

S : surface du bassin versant (Km²).

$$K_c = 1.2$$

Si $K_c = 1 \Rightarrow$ bassin ramassé

Si $K_c > 1 \Rightarrow$ bassin allongé

Le K_c est très proche de 1 alors il s'agit d'un bassin allongé.

➤ **Rectangle équivalent :**

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions L et l ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux de points de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits cotés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

Le périmètre et la surface du rectangle sont exprimés dans les expressions (II.1) et (II.2) :

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (I.2)$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (I.3)$$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent en (Km) ;

l : largeur du rectangle équivalent en (Km).

$$L = 26.62 \text{ m} \quad \text{et} \quad l = 13.07 \text{ m}$$

d. Paramètres du relief:

➤ **Altitude moyennes:**

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique (tableau I.1) ou de la lecture d'une carte topographique. Elle est définie comme suit :

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{S_i \cdot H_i}{S} \dots\dots\dots (I.4)$$

Avec :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin (m) ;

S_i : aire comprise entre deux courbes de niveau (km²) ;

Hi : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m) ;

S : superficie totale du bassin versant (km²).

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques.

Tableau I.1 Paramètres de la courbe hypsométrique

Altitude (m)	Hi [m]	Si [Km2]	Si.Hi [Km2.m]
1150 – 1200	1175	33.242	39059.35
1200 – 1300	1250	41.277	51596.25
1300 – 1400	1350	104.582	141185.70
1400 – 1500	1450	93.885	136133.25
1500 - 1600	1550	75.014	116271.70

(ANBT, 2010)

Hmoy=1315m

• **Altitudes maximale et minimale:**

Les altitudes minimales et maximales ont été lues directement de la carte topographique de GUELLET SIDI SAAD, elles sont les suivantes (ANRH) :

$$H_{max} = 1600 \text{ m.NGA}$$

$$H_{min} = 1165 \text{ m.NGA}$$

e. Les indices:

➤ **Indice de pente globale Ig :** (P. Dubreuil, 1974)

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots(I.5)$$

Où : D = Dénivelée entre H5% et H95%

$$I_g = 10.90 \text{ m/km} \Rightarrow \quad \quad \quad \mathbf{I_g = 10.90 \%}$$

Indice de pente de roche : Il est donné par la formule suivante :

$$I_p = \sqrt{I_g/0.8} \Rightarrow I_g = 3.7\%$$

Alors d'après cette valeur on peut classer notre relief comme assez fort.

➤ **Indice de pente moyenne du bassin versant (Im):**

Il est donné par la formule suivante :

$$I_m = \frac{\Delta H.(0,5l_1 + l_2 + l_3 + \dots\dots + 0,5l_n)}{S} \dots\dots\dots (I.6)$$

Avec :

ΔH : l'équidistance(m).

li : Longueur de la courbe de niveau d'ordre 1, 2,3....n.

S : Surface du bassin versant (Km²).

$$I_m = 100.45 \text{ m/km}$$

L'indice de pente moyenne est très fort, donc on assistera à un écoulement rapide.

f. Caractéristiques physiographiques:

➤ **Densité de drainage Dd:**

C'est le rapport entre la longueur total de tous les talwegs « Li » du bassin versant, à la surface « S » Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface .Elle est exprimée en Km/Km².

$$Dd = \frac{\sum_{i=1}^n Li}{S} \dots\dots\dots (I.7)$$

Avec :

$\sum_{i=1}^n Li$: La longueur totale de tous les cours d'eau égale à 65 Km.

S : Superficie du bassin versant en (Km²).

$$Dd = 0.187 \text{ km/km}^2$$

➤ **Densité du thalweg élémentaire:**

$$F1 = \frac{N_1}{S} \dots\dots\dots (I.8)$$

N1 : Nombre de thalwegs d'ordre 1, N1=62.

S : Superficie du bassin versant.

$$F1 = 0.178 \text{ thalweg/km}^2$$

➤ **Coefficient de torrentialité:**

Il est défini comme suit :

$$Ct = Dd.F1 \dots\dots\dots (I.9)$$

$$Ct = 0.033 \text{ Km}^3$$

D'après les résultats obtenus ci-dessus, Il apparaît clairement que le chevelu hydrographique est assez développé, cela est attribué vraisemblablement aux fortes pentes des versants.

➤ **Temps de concentration:**

Formule de GIANDOTTI :

$$Tc = \frac{4\sqrt{s} + 1,5L}{0,8\sqrt{H - H_{\min}}} \dots\dots\dots (I.10)$$

L : Longueur du talweg principale (km).

S : Surface du bassin versant (km²).

\bar{H} : Altitude moyenne (m).

Hmin : Altitude minimale (m).

Tc : temps de concentration (h)

$$T_c = 11.7h$$

Les principales caractéristiques morphologiques du bassin versant sont répertoriées dans le tableau II.2 :

Tableau I.2 Caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant du barrage Khneg Sidi Brahim

Désignation	Symbole	Unités	Valeur
Superficie	S	km ²	348
Périmètre	P	km	80
Indice de compacité	Kc	---	1.2
Rectangle équivalent	longueur	Lr	km
	largeur	lr	Km
Hauteurs	maximale	Hmax	m
	moyenne	Hmoy	m. NGA
	minimale	Hmin	m. NGA
Indice de pente de Roche	IP	m/Km	3.7
Indice de pente globale	Ig	m/Km	10.9
Indice de pente moyenne	Im	m/Km	100.45
Densité de drainage	Dd	Km/Km ²	0.187
Coefficient de torrentialité	Ct	Km-3	0.178
Temps de concentration	Tc	h	11.7

I.3. Caractéristiques climatiques

I. 3.1. Température

De manière générale, le climat de la région est de type semi aride caractérisé par un été sec et chaud et un hiver relativement humide.

La température moyenne de la région est de 13.1 °c et la répartition mensuelle est donnée dans le tableau I.3.

Tableau I.3 Répartition mensuelle de la température (1913-1946)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Tmin (C°)	15.15	9.85	5.2	2.15	2.5	1.65	4.95	6.25	11.6	17.35	20.4	18.85
Tmax (C°)	22.95	18.1	12.4	8.65	7.9	7.6	12.15	14.65	19.55	23.75	27.9	28.25
Tmoy (C°)	19.05	13.95	8.35	4.8	4.3	3.5	8.3	10.85	15.7	20.4	24.05	23.95

Source (SELTZER)

I.3.2. Evaporation

L'évaporation totale mesurée dans la région peut atteindre 1500 mm/an, La répartition mensuelle de l'évaporation est donnée dans le tableau I.4.

Tableau I.4 Répartition mensuelle de l'évaporation (1913-1946)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Evaporation (mm) à 07 ^h	73.2	50.6	20.2	20.2	31.2	31.2	51	51.4	91.8	96.6	134.1	111.2
Evaporation (mm) à 19 ^h	165.3	117.5	73.1	73.1	68.6	63.1	102.1	128.1	158.8	197.8	234.6	206.6

Source (SELTZER)

I.3.3 Humidité relative de l'aire d'étude

L'humidité relative interannuelle est égale à 53 %, les valeurs extrêmes sont 73% dans le mois de décembre et 32% dans le mois de juillet, août.

La répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air est donnée dans le tableau I.5.

Tableau I.5 Répartition mensuelle des humidités relative (1913-1946)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
Humidité (%)	46	57	64	73	67	67	59	52	45	36	32	32

Source SELTZER

I.3.4 Vents dominants

Les directions dominantes des vents sont celles de l'Ouest au Nord – ouest, les vitesses moyennes mensuelles des vents sont affichées dans le tableau I.6.

Tableau I.6 Vitesses moyennes mensuelles des vents (1913-1946)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	3.1	3.17	3.12	3.67	3.02	3.32	2.43	2.68	3.12	2.35	2.48	2.58

Source SELTZER

I.3.5 Gelés blanche

Les fréquences moyennes mensuelles et annuelles de jours de gelées blanches sont mentionnées dans le tableau I.7.

Tableau I.7 Répartition mensuelles de la gelés (1913-1946)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
J	13.3	6.4	5.2	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.7	10.0

Source SELTZER

I.3.6. Grêle

Les moyennes mensuelles et annuelles du nombre de jour de grêle de Gueltat sidi Saad sont reportées sur le tableau I.8.

Tableau I.8 Répartition mensuelle de la grêle (1913-1946)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
J	0.1	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3

Source SELTZER

I.3.7. Nébulosité

La nébulosité est la fraction du ciel couverte par les nuages exprimée en dixième de zéro à dix. la valeur zéro est prise pour un ciel claire et dix pour un ciel complément couvert, Sa répartition mensuelle exprimée dans le tableau I.9.

Tableau I.9 Répartition mensuelle de la nébulosité (1913-1946)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
N	3.6	4.2	3.4	4.0	3.7	2.4	1.7	2.3	2.7	3.1	3.5	3.7

Source SELTZER

I.3.8 Brouillard

Le brouillard est la présence de gouttelettes d'eau dans l'air dans l'atmosphère, celles-ci réduisent la visibilité horizontale à moins de 1 Km, sa répartition mensuelle reportée sur le tableau II.10.

Tableau I.10 Répartition mensuelle du brouillard (1913-1946)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
B	4.2	4.1	1.4	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	3.8

Source SELTZER

I.3.9 Insolation

La répartition moyenne mensuelle de l'insolation est donnée dans le tableau I.11.

Tableau I.11 Insolation moyenne (1913-1946)

Mois	Jan.	Févr.	Mars	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
heures	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3

Source (SELTZER)

I.4 Pluviométrie

Aucune donnée d'observation directe n'est disponible au niveau du bassin versant de l'oued Sabgag, de cela on est mené à considérer les stations pluviométriques voisines ayant les similitudes altimétriques et pourvues d'un nombre satisfaisant d'années d'observation.

La station disponible au voisinage du bassin et la plus proche du site celle de Gueltet Sidi Saad pour une période d'observation allant de 1966 à 2009; ses coordonnées sont présentées dans le tableau I.12.

Tableau I.12 Présentation de la station pluviométrique

Station	code	Coordonnées			Année de service
		X (km)	Y (km)	Z (m)	
Gueltet Sidi Saad	010205	430.2	410.9	1100	1874

Source (ANRH ,2010)

I.4.2. Traitement des données pluviométriques

I.4.2.1. Répartition de la pluie moyenne dans l'année :

Le tableau ci-après représente les valeurs des pluies moyennes mensuelles, ainsi que leur répartition dans l'année :

Tableau I.13 : Répartition mensuelle de la précipitation station de Gueltet Sidi Saad :(1966-2009)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
P (mm)	18.21	17.34	12.62	16.30	21.03	17.65	27.01	23.57	20.33	13.09	3.46	9.16	199.8
P (%)	9.12	8.68	6.32	8.16	10.53	8.83	13.52	11.80	10.18	6.55	1.73	4.59	100.00

I.4.2.2. Ajustement de la série plviométrique :

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations moyennes annuelles par une loi théorique afin de déterminer une intensité de pluie et de période de retour.

Pour notre étude on passe par les étapes suivantes :

- Classer la série des précipitations par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série de donnée.
- Ajuster graphiquement la loi choisie.
- Calculer le quantile et son intervalle de confiance.

II.4.2.4. Choix de la loi d'ajustement :

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée.

Dans notre étude on va utiliser la loi : GALTON (log-normal).

II.4.2.5. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GALTON (log-normale) :

Les Paramètres statistiques de l'échantillon sont :

- Nombres des échantillons : n = 44 ans.
- La moyenne $\bar{P}_{annuelle} = 200\text{mm}$.
- L'écart type $\sigma = 127$
- Coefficient de variation $C_v = \sigma / \bar{P}_{annuelle} = 0,637$

- calculer pour chaque valeur de précipitation la fréquence expérimentale par la formule de HAZEN.

$$F(x) = \frac{m - 0.5}{n} \dots\dots\dots (I.11)$$

m : rang de précipitation

n : nombre d'observations (19)

La loi de GALTON a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots\dots\dots(I.12)$$

Où $X = \frac{X_i - \bar{x}}{\sigma_x}$ (variable réduite de GAUSS)

L'équation de la droite de GALTON est la suivante :

$$\text{Log } x(p\%) = \overline{\text{Log } x} + \text{Log } u(p\%)$$

Le tracé des droites est représenté sur papier GALTON comme la figure I.4

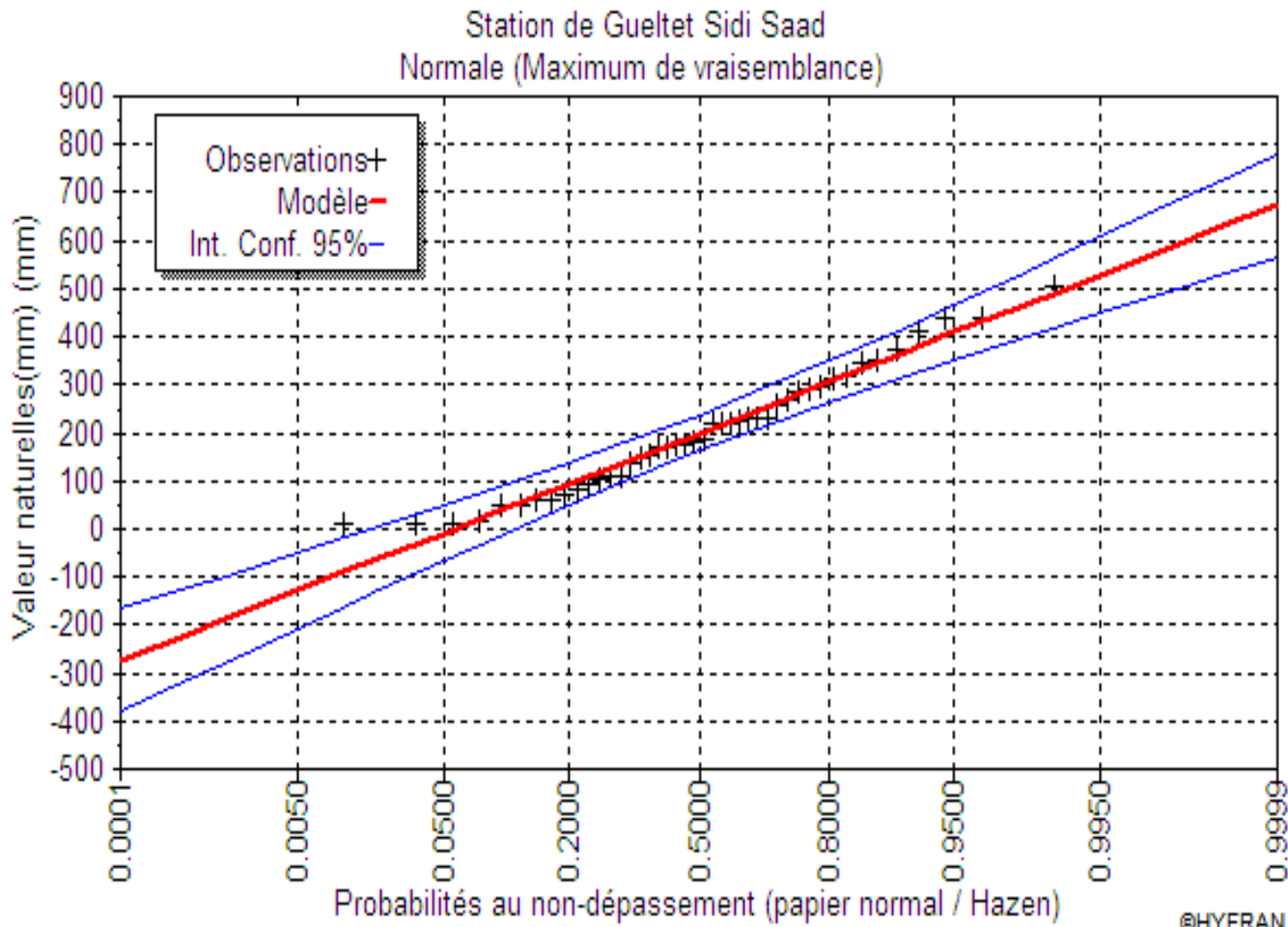


Figure I.4 droite d'ajustement de Galton

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^{42} \overline{\text{Log } X_i}}{N} \dots\dots\dots (I.13)$$

- Les résultats des ajustements par la loi de « GALTON » des pluies maximales journalières a été fait par le logiciel **Hyfran** pour les différentes périodes de retour sont donnés dans le tableau I.14

Tableau I.14: pluies fréquentielles de Gueltet Sidi Saad

P de Retour (ans)	Probabilité q	XT en mm	Ecart-type	Intervalle de confiance
10000.0	0.0001	273-	54.5	167-- 380-
2000.0	0.0005	219-	49.1	123-- 315-
1000.0	0.0010	193-	46.5	102-- 285-
200.0	0.0050	128-	40.2	49.2-- 207-
100.0	0.0100	96.3-	37.2	23.2-- 169-
50.0	0.0200	61.6-	34.1	5.26 - 128-
20.0	0.0500	9.53-	29.6	48.5 - 67.6-
10.0	0.1000	36.7	26.0	87.7 - 14.3-
5.0	0.2000	92.7	22.4	137 - 48.8
3.3	0.3000	133	20.5	173 - 93.0
2.0	0.5000	200	19.2	237 - 162
1.5000	0.6667	255	20.1	294 - 215
1.2500	0.8000	307	22.4	351 - 263

➤ **Détermination De L'année De Calcul**

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

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

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

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau I.15.

1. Répartition de la pluie moyenne dans l'année

Le tableau I.16 représente les valeurs des pluies moyennes mensuelles, ainsi que leur répartition dans l'année :

Tableau I.16 Répartition mensuelle des précipitations de la station de Gueltet Sidi Saad (1966-2009)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou t	Total
P (mm)	18.21	17.34	12.6	16.3	21.0	17.65	27.01	23.5	20.3	13.0	3.46	9.16	199.8
P (%)	9.12	8.68	6.32	8.16	10.5	8.83	13.52	11.8	10.1	6.55	1.73	4.59	100.0

Tableau I.15 Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Pmoy 80% (mm/mois)	9.8	8.2	5.85	7.5	9.7	8.18	12.52	10.93	9.42	6.07	1.60	4.25

I.5 Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Le quotient d'EMBERGER que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{M + m}{2} * (M - m)}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm) ;

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°) ;

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°) ;

Pour : P=199.8 mm

$$M = 28.25 + 273 = 301.25 \text{ K}^\circ$$

$$m = 1.65 + 273 = 274.65 \text{ K}^\circ$$

Donc le quotient d'emberger est : Q=42.48

La figure II .4 illustre la classification du climat de la zone d'étude.

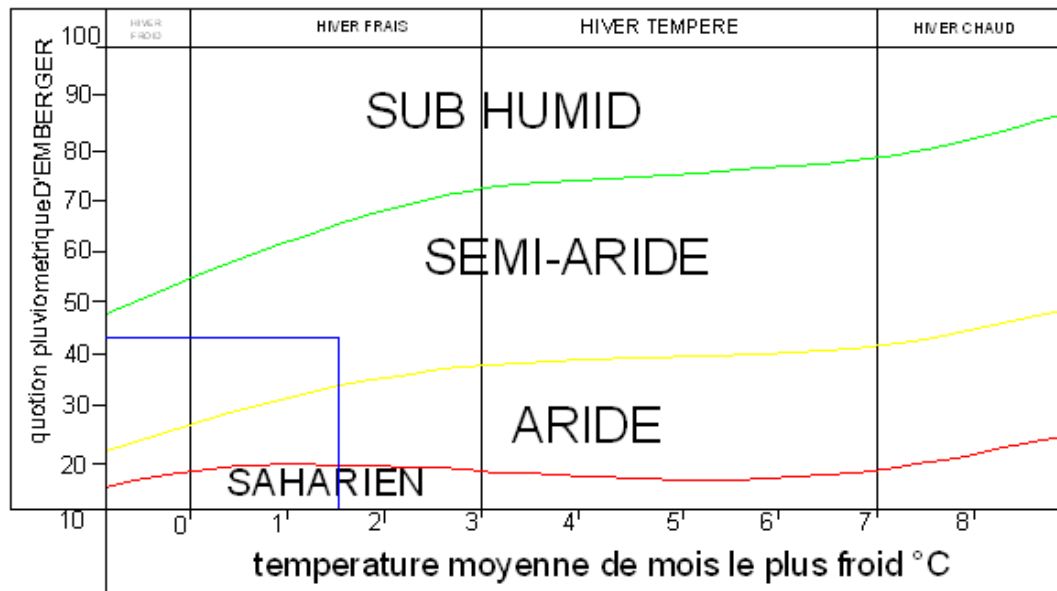


Figure I.5 Graphes de bioclimatique d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique, notre zone joint d'un climat semi aride.

I.6 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSE

Il est établi selon la méthode mise au point par F .BAGNOULS et H.GAUSSEN . Ce diagramme permettra d'évaluer l'intervalle de saisons sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique

(Figure I.6).

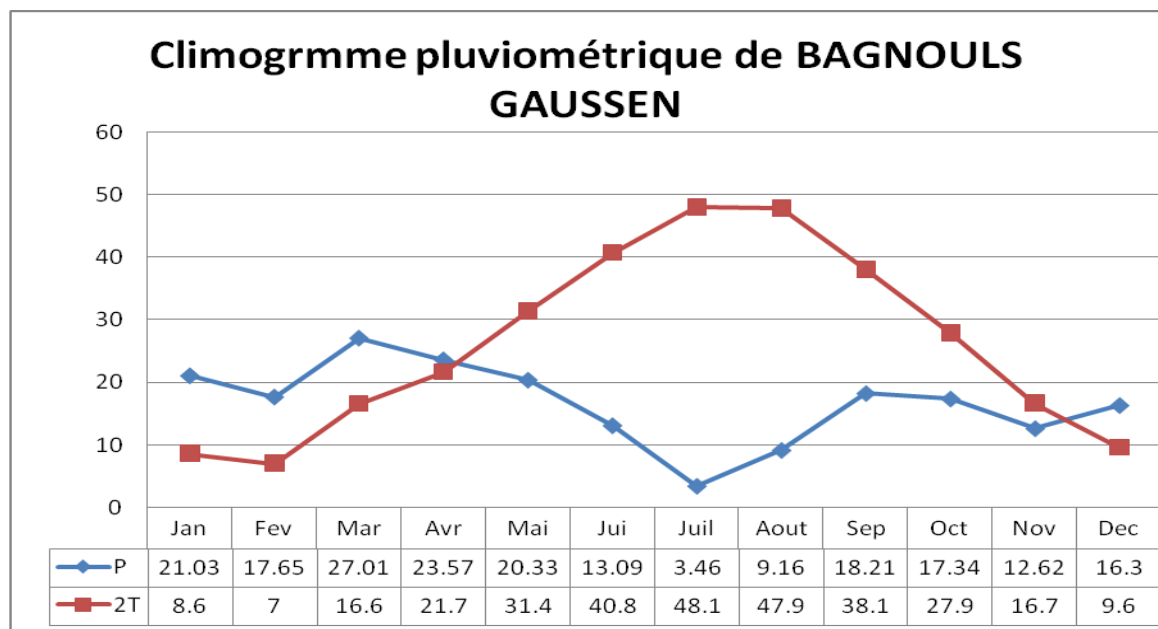


Figure I.6Graphes de BAGNOLS GUAUSSEN

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses donne la durée de la saison.

La saison humide est de Novembre et demi (4,5) mois allant du mois de Novembre jusqu'au mois de Marse.

La saison sèche est plus marquée, s'étalée sur (7,5) mois, allant du mois de Marse à Octobre.

Conclusion

Cette étude a confirmée que la région se caractérisée par climat sec .
L'irrigation est donc souvent indispensable.

Introduction

Cette étude a pour objet de définir les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols, ainsi que leurs aptitudes à porter tel ou tel groupe de cultures sous irrigation, en vue d'une mise en valeur agricole de la plaine.

La prospection sur le terrain a été effectuée durant le mois de septembre 2005 (BEHYGER willai de LAGHOUAT) à fait sortir les résultats suivants :

II.1. Etude pédologie

L'élaboration de l'étude pédologique, a tenu compte de tous les éléments susceptibles d'avoir une influence déterminante sur la mise en valeur d'un sol sous irrigation (profondeur, texture, salure, nature du sous sol sur l'ensemble de la plaine proprement dite, qui couvre environ 1000 hectares, 20 tranchées ont été observées dont 10 analysées.

En effet, mis à part les sols très peu profonds formés au niveau de la plaine, tous les sols de la plaine sont profonds et particulièrement au niveau des berges de l'oued et moyennement profond à l'intérieur des terres.

II.1.1. Sols minéraux bruts

1. Sols minéraux bruts d'érosion

Ces sols très peu épais se sont formés sur des calcaires à topographie ondulée qui constitue les légers reliefs du pourtour de la plaine de kheneg sidi brahim

Il n'y a pratiquement pas de couche arable puisque la croûte calcaire affleure sous forme d'une ou plusieurs lamelles dures épaisses de 5 à 10 cm ; un léger voile sableux, des cailloux roulés siliceux et des débris de croûte recouvrent très souvent cet affleurement calcaire.

La lamelle calcaire compacte peut contenir des cailloux roulés et prendre ainsi l'aspect d'un conglomérat. Généralement, celle—ci sur monte plusieurs lamelles calcaires de même épaisseur et de même dureté avant de faire place à un encroûtement tufeaux calcaire renfermant du sa blé et des cailloux lorsque la croûte est elle—même caillouteuse. A plus ou moins grande profondeur, l'encroûtement repose sur une formation marno gréseuse bariolée. L'absence de couche arable et l'obstacle constitué par les lamelles calcaires impénétrables par les racines sont des facteurs limitants suffisants pour écarter ces sols d'une mise en va leur sous irrigation (catégorie y).

2. Sols minéraux bruts d'apport

• Apport éolien

Ce sont des sols formés sur des dunes non fixées recouvertes d'une végétation très clairsemée base de dunes.

Ces dunes, dont la hauteur peut atteindre 4 mètres, sont surtout groupées en cordon sur la rive droite de l'ancien lit de l'Oued touil au Nord de la plaine.

Ces sols, de couleur brun jaune clair, à texture sableuse homogène, peu calcaires, ont une cohésion trop faible et un relief trop marqué pour envisager des travaux d'aplanissement et une mise en valeur sous irrigation.

Par contre, la fixation de ces dunes mobiles s'avère indispensable pour éviter l'envahissement par le sable de zones voisines plus favorables aux cultures irriguées.

- **Apport mixte, éolien et alluvial**

- a) **Sols profonds**

Ces sols, de couleur brunâtre ocre clair, se sont formés sur des micro dunes fixées et colonisées par des tamaris, L'orientation de ces microreliefs dans le sens des vents dominants Nord—Ouest / Sud—Est, prouve leur origine éolienne. Mais les crues de l'Oued touil peuvent parfois atteindre ces dunes dépassant rarement 1,00 m de haut et les enrichissent en argile. Ainsi, La texture de ces buttes est sablo -argileuse au lieu d'être sableuse, et la cohésion est moins faible que celle des dunes mobiles.

La zone occupée par ces sols s'étend largement dans la partie Nord et Ouest de la plaine.

La réalisation de travaux de nivellement et de défrichement importants peut rendre ces sols utilisables sous irrigation, après précautions indispensables du fait de leur texture (érosion).

La réalisation de ces travaux d'aménagement permettrait de mettre en valeur, sur une superficie non négligeable, des sols convenant à toutes les cultures irriguées et de préférence aux cultures adaptées aux sols sableux.

- b) **Sols Peu Profonds :**

En bordure du périmètre, à l'Est et à l'Ouest de plaine de kheneg sidi brahim , des parcelles sableuses peu argileuses recouvrent sur une épaisseur moyenne de 30 à 40 cm; les travaux de nivellement et défrichement devant ramener l'épaisseur de couche arable à moins de 30 cm, ces sols ne peuvent convenir qu'aux parcours

- **Apport alluvial :**

Ces sols sont formés sur les alluvions déposées par l' oued touil et les talwegs latéraux qui traversent la plaine sur sa totalité . Ils intéressent également des dépôts récents de l'Oued touil situés le long de son lit majeur. Ces sols ne sont pas inondés lors des crues de ces oueds.

Ils sont profonds, calcaires, de couleur brune ocre claire à brun ocre, de texture sableuse peu argileuse, graveleux avec quelques lits de cailloux siliceux dans le profil à des profondeurs variables. La structure est fondue à massive sur l'ensemble du profil, la cohésion est moyenne à faible et la porosité moyenne.

Ces sols ont des caractéristiques voisines des sols profonds précédemment décrits. Leur aptitude pour les cultures irriguées est identique, avec des travaux préalables qui se réduisent à un défrichement des touffes d'alfa et des buissons de Jujubier.

II.1.2 Sols peu évolués, d'apport alluvial

Ces sols, formés sur les alluvions quaternaire, sont localisés le long de l'oued touil .

Ils se caractérisent par une grande profondeur des coupes ont été réalisés (supérieure à 3 mètres), l'absence de cailloux, une forte hétérogénéité texturale, une structure en étroite liaison avec la texture, et un pH entre 7 et 8. Malgré leur teneur relativement importante en calcaire (supérieure parfois à 5 %) ce sont des sols peu évolués, car le seul début d'évolution que l'on constate se traduit par une faible accumulation de matière organique dans l'horizon superficiel et l'apparition d'une structure marquée dans les horizons à texture moyenne, fine eu très fine.

Le calcaire réparti irrégulièrement le long du profil se con centre de préférence dans les horizons à textures lourdes. Dans ces mêmes horizons, il est fréquemment accompagné de gypse visible à l'œil lorsque les micro-cristaux groupés forment de petites taches blanches diffuses.

Les variations texturales sur le profil ont permis de distinguer des types à l'intérieur de cette famille de sols, mais ce résultat n'a pu être obtenu qu'en faisant ressortir uniquement les différences texturales suffisamment importantes pour influencer sur les possibilités culturales et les travaux d'aménagement et d'amélioration.

1. Description du profil 01:

- Date d'observation : 12 septembre 2005
- Topographie Pente générale faible — Microreliefs espacés
- Végétation : Touffes d'alfa

Profondeur : 0 à 120 cm

- Brun ocre clair ;
- texture sableuse peu argileuse ;
- Calcaire ;
- deux lits très peu épais d'argile limoneuse ;
- quelques taches blanches gypseuses.

Les résultats des analyses du profil 01 sont donnés dans le tableau III.1.

Tableau II.1 Résultats d'analyses du profil 01

Profondeur en (cm)	Argile	Limons Fins (%)	STF (%)	Sables Fins (%)	Sables Grossiers (%)	pH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0 – 50	10	5	1	82	6	9.2	6.8	1,15
50 – 120	11	7	1	77	7	8.4	7.9	0,45

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Rq : le terme STF ci la fraction de sable trie fin.

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 01 sont donnés dans le tableau III.2.

Tableau II.2 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco ₃ (mg/l)
0-50	8.2	11	5	9,2	1,3	13,6	30,1	3,1
50-90	8,4	14	11,5	9,8	1,35	10,52	37,4	2,7

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Il en résulte des deux tableaux III.1 et III.2 que le sable fin est prédominant sur les autres constituants granulométriques, la présence de CL et SO₄ provoque la formation d'une couche imperméable donc lessivage et important inconvénient majeur des sols sableux qui, sous irrigation, consomment beaucoup d'eau et d'engrais.

2. Mise en valeur :

Sous réserve d'effectuer des travaux de nivellement et de défrichage d'importance moyenne, ces sols conviennent à toutes les cultures et en particulier à celles préférant les terres sableuses. Ils présentent cependant l'inconvénient d'être trop drainants pour toutes les cultures.

II.1.3 Sols profonds, à texture sableuse peu argileuse, à recouvrement limono argileux très peu épais

Ces sols occupent un secteur situ au Nord barrage.

1. Description du profil 02 :

- Date d'observation : 12 septembre 2005
- Topographie Pente faible — Microdunes espacées.
- Végétation : alfa.

Profondeur :

- **0- 15 cm** : Brun clair - texture limono—argileuse — structure nuciforme- cohérent - poreux — calcaire — racines ;
- **15- 30 cm** : Brun jaune clair — texture limoneuse — structure fondue à tendance lamellaire — cohésion faible — calcaire — racines ;
- **30-120 cm** : Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse avec deux lits très peu épais limono—argileux — poreux — structure fondue — cohésion moyenne à faible - calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 02 sont donnés dans le tableau II.3.

Tableau II. 3 Résultats d'analyses du profil 02

Profondeur en(cm)	Argile (%)	Limons fins(%)	STF%	Sables Fins(%)	Sables Grossiers(%)	pH	Calcaire total%	Matière organique(%)
0 – 50	10	5	1	82	6	9.2	6.8	1,15
50 – 120	11	7	1	77	7	8.4	7.9	0,45

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Rq :(STF) la fraction de sable trie fin.

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 02 sont donnés dans le tableau II.4.

Tableau II.4 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K(mg/l)	SO4(mg/l)	Cl(mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-50	8.2	21	5,3	15	0,48	17,65	29	3,1
50-120	8,4	17	10,2	10	0 ,53	10,52	32,9	2,7

(Source LABORATOIRE KASAL , 2005)

Il en résulte des deux tableaux II.3 et II.4, la présence à 100 cm d'un horizon limono— argileux peu important, la présence à 50 cm de CL et SO₄ formation de selle si la cumulation de cette selle est provoquée une couche imperméable mais dans l'ensemble, ces sols ne possèdent pas cet horizon en profondeur.

2. Mise en valeur :

En éliminant les buttes sableuses par un nivellement de moyenne importance accompagné d'un défrichage, ces sols peuvent être irrigués et convenir à toutes les cultures.

II.1.4 Sols profonds, à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono-argileuse à moyenne profondeur

Ces sols occupent quatre petits secteurs dont trois au Nord— Est et un à l'extrémité Ouest du périmètre.

1. Description du profil 03 :

- Date d'observation : 12 septembre 2005
- Topographie Plane légèrement ondulée.
- Utilisation actuelle : orge

Profondeur :

- **45 cm** : Brun clair — texture sableuse peu argileuse — structure fon due — cohésion moyenne à faible — poreux — peu calcaire — racines.
- **45—90 cm** : Brun clair — texture limono—argileuse avec quelques lits très fins limoneux — structure polyédrique — cohérent — poreux — calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 03 sont donnés dans le tableau II.5.

Tableau II. 5 Résultats d'analyses du profil 03

Profondeur en (cm)	A (%)	L (%)	STF (%)	SF (%)	SG (%)	Ph (%)	Calcaire total (%)	Matière organique (%)	C.E. Extrait de pâte saturée (mmhos)
0 – 45	16	9	3	60,8	11,2	7,0	1,5	1,51	1.8
45 – 90	25	38	20	16	1	8.2	1,7	-	2.9

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 03 sont donnés dans le tableau II.6.

Tableau II.6 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco ₃ (mg/l)
0-45	7,0	18	6,2	12,5	2,5	21,4	13	4,3
45-90	8,2	14,2	9,4	9,4	3,2	18,32	17	3,7

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats d'analyses des deux tableaux III.5 et III.6 indiquent une texture argilo—limoneuse à la base du deuxième horizon et cette zone est riche par des élément chimique

D'une manière générale, la texture fine dès 45 cm devient très fine vers 80 cm, mais si la cohésion augmente, la porosité reste bonne. Il semble que la présence de gypse dans les horizons à texture lourde contribue à maintenir stable la structure et la porosité même lorsque la texture devient très fine.

2. Mise en valeur:

La présence du deuxième horizon à texture fine à très fine constitue un obstacle à l'égard des racines des arbres sensibles aux sols lourds.

Après un défrichage préalable, ces sols conviennent également à toutes les cultures irriguées non arbustives et de préférence à celles adaptées aux sols sableux.

II.1.5 Sols Profonds, à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono—argileuse à faible profondeur sur formation à texture sableuse peu argileuse en profondeur

Ces sols ont une extension moyenne au Nord—Est de du futur barrage en bordure de la limite du périmètre.

1. Description du profil 04:

- Date d'observation 12 septembre 2005.
- Topographie Pente faible — Microreliefs espacés.
- Végétation : alfa

Profondeur :

- **40 cm** : Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse — structure fondue à tendance lamellaire — cohésion faible — poreux — calcaire — racines.
- **40—80 cm** : Brun clair — texture limono—argileuse avec lits très peu épais de limon — structure polyédrique — cohérent — poreux — calcaire — racines — quelques taches blanches gypseuses.
- **80—150 cm** : Brun ocre clair — texture sableuse à sableuse peu argileuse — structure fondue — cohésion moyenne à faible — poreux —très peu calcaire — racines. Les résultats des analyses du profil 04 sont donnés dans le tableau III.7.

Tableau II. 7 Résultats d'analyses du profil 04

Profondeur en (cm)	A (%)	L (%)	STF (%)	SF (%)	SG (%)	Ph (%)	Calcaire total(%)	Matière organique (%)	C.E. Extrait de pâte saturée (mmhos)
0 – 40	16	9	3	60,8	11,2	7,0	1,5	1,51	1.8
40 – 80	25	38	20	16	1	8.2	1,7	-	2.9
80-150	30	42	22	11	0,5	9.3	1.9	-	3.1

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.8.

Tableau II.8 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K(mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-40	7,0	18	6,2	12,5	2,5	21,4	13	4,3
40-80	8,2	14,2	9,4	9,4	3,2	18,32	17	3,7
80-150	8.2	16.2	11.4	6	5.1	12.7	23	1.22

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les analyses des tableaux II.7 et II.8 indiquent une texture argilo—limoneuse à la base du deuxième horizon (entre 20 et 40 cm de profondeur), c'est-à-dire à faible profondeur, en niveau de la premier horizon le pH naitre la structure de sol est stable.

Il semble que la présence de gypse dans les horizons à texture lourde contribue à maintenir stable la structure et la porosité même lorsque la texture devient très fine.

2. Mise en valeur:

La présence du deuxième horizon à texture fine diminue la perméabilité du sol sans toutefois le rendre imperméable. La présence de gypse doit certainement contribuer à maintenir une structure stable et une bonne porosité dans cet horizon limono—argileux. Un labour profond, par mélange, allégerait sa texture, éviterait toute tendance à la compacité et rendrait ces sols aptes à toutes cultures irriguées, compte tenu de l'horizon profond à texture sableuse peu argileuse.

Des travaux de nivellement et défrichage de moyenne importance s'imposent au préalable.

II.1.6 Sols profonds, calcaires, à texture moyenne sur formation à texture limono-argileuse à moyenne profondeur

1. Description du profil 05 :

- Date d'observation : 12 septembre 2005
- Topographie : Plane légèrement ondulée.

Profondeur :

- **40 cm** : Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse alternant avec des lits à texture limono—argileuse — structure fondue — cohésion moyenne — poreux — calcaire — racines.
- **40— 60 cm** Brun clair — texture limono—argileuse alternant avec des lits à texture sableuse peu argileuse — structure alternativement nuciforme et fondue — cohésion moyenne — poreux — calcaire — racines.
- **60—100 cm** Brun clair — texture limono—argileuse — structure polyédrique— cohérent — poreux — calcaire — racines — bonne consistance des mottes.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau II.9.

Tableau II. 9 Résultats d'analyses du profil 05

Profondeur en (cm)	A(%)	L(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH(%)	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-40	18	12	7	50	13	7.8	2,5	1,57	3.9
40-60	17	11	4	54	14	8.3	2,5	0,49	1.9
60-100	17	11,5	7	50,5	14	7,2	1,4	0,53	-

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.10.

Tableau II.10 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3(mg/l)
0-50	7,8	31,2	14,6	27,9	5,6	33,9	22,9	5,4
50-90	8,3	33,4	13,9	29,5	1,4	45,2	26,3	9,22

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les analyses des tableaux II.9 et II.10 donnent une texture dominante moyenne entre 0 et 60 cm de profondeur et confirment la texture limono—argileuse de l'horizon 60—100, observée sur le terrain.

2. Mise en valeur :

L'absence de compacité, la bonne structure et la bonne porosité de cet horizon à texture fine, rendent ces sols aptes à toutes les cultures non arbustives et également aux arbres fruitiers admettant des sols lourds tels que — figuier — olivier — grenadier.

II.1.7 Sols profonds , calcaires , à texture moyenne sur formation à texture sableuse peu argileuse moyenne profondeur , sur formation à texture limono-argileuse et sableuse peu argileuse en profondeur

- Profil 06 :

Date d'observation : 12 septembre 2005.

Topographie : Plane légèrement ondulée.

Végétation: alfa

1. Description du profil :

- 40 cm : Brun jaune clair — texture sableuse peu argileuse alternant avec de nombreux lits de limon — structure fondue à tendance lamellaire — poreux — cohésion moyenne — calcaire — racines.
- 40— 60 cm Brun clair — texture limono—argileuse avec des lits de limon — structure polyédrique et fondue alternativement — cohérent — poreux — calcaire — racines — minuscules taches blanches de gypse.
- 60— 80 cm : Brun jaune clair — texture sableuse peu argileuse — structure fondue — cohésion faible — poreux — calcaire — racines.

- 80—100 cm : Brun clair — texture limono—argileuse — structure polyédrique — cohérent — poreux — calcaire — racines — petites taches blanches gypseuses.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau II.11.

Tableau II. 11 Résultats d'analyses du profil 06

Profondeur en (cm)	A(%)	L(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH(%)	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-40	18	12	7	50	13	7.8	2,5	1,57	3.9
40-60	17	11	4	54	14	8.3	2,5	0,49	1.9
60-100	17	11,5	7	50,5	14	7,2	1,4	0,53	-

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.12.

Tableau II.12 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco ₃ (mg/l)
0-45	7,8	47,3	22,6	15,5	2,1	32,8	31,3	3,2
45-90	8,2	34,8	32,7	27,1	1,2	37,1	41,4	3,4

Il en résulte des tableaux II.11 et II.12 que la texture de l'horizon 0-60 cm peut être considérée comme moyenne.

2. Mise en valeur:

La présence d'un horizon sableux peu argileux à partir de 1 mètre atténue l'importance et la compacité de l'horizon à texture fine.

la présence de CL et SO₄ provoque la formation d'une couche imperméable donc lessivage et important

II.1.8 Sols profonds , calcaires , à recouvrement limono argileux , à texture sableuse peu argileuse sur formation à texture limono argileuse à moyenne profondeur

Ces sols occupent des secteurs peu étendus au Sud—Ouest de la plaine et au Nord—Est du futur barrage .

-Profil T 07:

- Date d'observation 12 septembre 2005
- Topographie : Plane légèrement ondulée,
- Végétation alfa.
- Utilisation actuelle : Céréales,

1. Description du profil :

- 40 cm : Brun clair — texture limono argileuse structure polyédrique — cohérent — poreux — calcaire — racines.
- 40 -80cm : Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse — structure fondue à tendance unciforme — cohésion moyenne à faible — poreux — calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau II.13.

Tableau II. 13 Résultats d'analyses du profil 07

Profondeur en (cm)	A(%)	L%(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-40	21	177	4	46	12	8.1	15,10	1.05	1.6
40-80	24	21	6	35	14	8,3	20,15	-	1

(Source LABORATOIRE de KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.14.

Tableau II.14 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco ₃ (mg/l)
0-40	8,1	29	24,6	16,3	4,3	31,8	13	5,3
40-80	8,0	22,4	31,4	21,4	1,57	32,7	27	3,7

(Source LABORATOIR KSAL, 2005)

Il en résulte des deux tableaux II.13 et II.14 que Profils limono—argileux que limoneux sur toute sa totalité.

2. Mise en valeur :

Par son épaisseur, sa texture limoneuse à limono—argileuse, sa porosité moyenne et sa structure peu marquée à tendance lamellaire, le dernier horizon constitue un obstacle certain à l'égard des racines des arbres fruitiers sensibles aux sols lourds.

Après le défrichage, des labours profonds permettrait de créer un horizon à texture moyenne de 30 à 40 cm d'épaisseur, en mélangeant le recouvrement limono—argileux au sable peu

argileux sous—jacent. Ces travaux une fois réalisés, les sols peuvent convenir à toutes les cultures non arbustives et aux cultures arbustives résistantes telles que — figuier — olivier — grenadier.

II.1.9 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse sur formation à texture sableuse peu argileuse à faible profondeur

Ces sols peu étendus sont surtout localisés à l'extrémité Ouest du périmètre.

-Profil 08 :

- Date d'observation : 29 septembre 2005.
- Topographie Plane.
- Utilisation actuelle :— Céréales.

1. Description du profil :

Surface lamellaire.

- 35 cm : Brun clair — texture limono—argileuse — structure polyédrique — quelques lits de limon jaune clair — poreux — cohérent — calcaire — racines.
- 35—60 cm Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse, avec quelques lits de limon argileux à structure unciforme — structure fondue — cohésion faible à moyenne — poreux — calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau II.15.

Tableau III. 15 Résultats d'analyses du profil 08

Profondeur en (cm)	A(%)	L(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-35	29	21	7	30	13	8.1	16,93	1.05	1.6
35-60	31	18	4	37	10	8,3	17,15	0,70	1,35

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.16.

Tableau II.16 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-45	8,1	14,9	17,2	10,4	2,9	21,13	3	4,3
45-90	8,3	15,3	4,3	34,9	5,2	34,2	7,6	3,7

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Profils limono—argileux que limoneux sur toute sa totalité.

2. Mise en valeur:

Des labours profonds, en brisant les lits de limon de l'horizon supérieur et en mélangeant le limon argileux avec le sable peu argileux sous—jacent, permettraient d'obtenir une texture moyenne sur au moins 50 cm d'épaisseur et de rendre ces sols aptes à toutes les cultures irriguées.

II.1.10 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse sur formation à texture sableuse peu argileuse à moyenne profondeur

Ces sols ont une certaine extension au Nord—Est du barrage.

1. Description du profil :

- Date d'observation : 12 septembre 2005
- Topographie Plane, légèrement ondulée, quelques microdunes.
- Utilisation actuelle : Cultures céréales.

Profondeur

- 25 cm Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse — structure Fondue — poreux — cohésion faible — calcaire — racines.
- 215— 65 cm Brun clair — texture limono—argileuse à argile—limoneuse (superposition de lits très peu épais alternativement limoneux et argilo—limoneux) — structure polyédrique — cohérent— poreux — calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau III.17.

Tableau II. 17 Résultats d'analyses du profil 09

Profondeur en cm	A(%)	L(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH	He	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-25	17	13	3	55	12	8.5	12	11.7	0.5	1.7
25-65	42	40	6	10	2	8	27	22.7	-	4.5

(Source LABORATOIR KSAL, 2005)

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.18.

Tableau II.18 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	SO4 (%)	Cl (%)	Hco3 (%)
0-25	8,5	10	4,0	1,18	5,3	22,1	3,2	—
25-65	8,0	11	6,0	1,56	2,1	15,3	7,4	—

(Source LABORATOIRE KASAL, 2005)

Malgré l'indication de texture argile—limoneuse donnée par l'analyse dans l'horizon 25—65, très souvent dans ce même horizon, il a été remarqué, une prédominance du limon par rapport à l'argile.

2) Mise en valeur :

Un nivellement d'importance moyenne, un défrichage et un ou plusieurs labours profonds sont des travaux d'amélioration indispensables avant la mise en valeur de ces sols qui conviendront bien à toutes les cultures envisagées.

II.1.11 Sols profonds , calcaires , à texture limono-argileuse

Ces sols occupent une superficie non négligeable au Nord—Ouest et au Sud—Ouest de la Plaine de khneg sidi brahim.

Profil 10 :

- Date d'observation 12 septembre 2005
- Topographie Plane légèrement ondulée.
- Végétation alfa.
- Utilisation actuelles Céréales

1) Description du profil :

Surface lamellaire.

0.- 25 cm t Brun ocre clair — texture sableuse peu argileuse — structure fondue — cohésion faible — poreux — quelques lits fins limono—argileux — calcaire — racines.

25-90 cm : Brun clair — texture limono—argileuse à argua—limoneuse (succession de fins dépôts alternativement limoneux à argilo—limoneux) structure polyédrique — cohérent — poreux — calcaire — racines.

Les résultats des analyses du profil 05 sont donnés dans le tableau II.19.

Tableau II. 19 Résultats d'analyses du profil 10

Profondeur en (cm)	A(%)	L(%)	STF(%)	SF(%)	SG(%)	pH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)	C.E(mmhos)
0-25	16	21	1	7	12	8.6	9,35	1,49	1,41
25-90	20	17	6	6	17	8.2	11,15	0,73	1,58

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés dans le tableau II.20.

Tableau II.20 Résultats des analyses chimiques

Profondeur en (cm)	pH	Bilan ionique						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-25	8,6	17	8,1	0,84	2,4	10	22,4	5,2
25-90	8,2	18	7,3	0,70	2,2	8	21	4,3

(Source LABORATOIR KSAL, 2005)

L'analyse du prélèvement effectué entre 25 et 90 cm de profondeur indique de l'argile limoneuse, mais ne reflète pas dans ce cas.

Le recouvrement sableux peu argileux sur les 25 premiers centimètres est assez fréquent sur ces sols et contribuera par les façons culturales à l'allègement de l'horizon sous-jacent.

2) Mise en valeur :

La présence d'un horizon épais à texture fine, parfois très fine, constitue un obstacle à l'égard des racines des cultures arbustives sensibles aux sols lourds.

En effet, il limite la perméabilité du sol et, sous l'effet des irrigations, favorise la formation d'un niveau compact.

Après un nivellement et un défrichage peu importants suivis de labours profonds, ces sols peuvent convenir à toutes les cultures non arbustives et aux arbustives telles que : figuier, olivier et grenadier.

II.2 Aptitudes culturales

II.2.1 Caractéristiques des sols

La classification des sols en fonction de leurs aptitudes pour les cultures irriguées a été établie en utilisant les renseignements fournis par l'étude agro-pédologie (Seltzer-1993)

celles-ci ont été définies à partir des caractères physico-chimiques des sols susceptibles d'influer sur le développement des cultures irriguées, en fonction des exigences d'un certain nombre de cultures pouvant réussir dans le climat de la région.

En l'absence d'une exploitation agricole ou d'une station agricole conduite par des méthodes rationnelles, les spéculations envisagées ont tenu compte surtout des cultures traditionnelles actuellement pratiquées dans la Plaine de Kheneg sidi brahim .

Il y a lieu de préciser les points suivants :

- L'aridité du climat ne permet pas d'envisager de cultures en sec et impose pratiquement l'irrigation à toutes les cultures.
- Les crues importantes de l'oued Touil ne recouvrent pas la majorité des sols de la plaine et leur fréquence est suffisante pour que des travaux de protection contre les crues soient envisagés,
- Les eaux de crues sont traditionnellement utilisées dans la région pour des cultures d'hiver ; mais leur irrégularité impose une utilisation très spéciale (céréales) sur des surfaces limitées.

Une solution qui paraît intéressante et adaptée à la région consisterait à utiliser totalité ou partie de ces eaux de crues à l'alimentation du barrage.

II.2.2 Solutions préconisées

Les divers travaux d'aménagement conditionnant les aptitudes culturales indiquées sont les suivants :

a. Nivellement

Le nivellement important suppose l'utilisation de moyens mécaniques puissants capables de niveler des dunes et microdunes pouvant atteindre 1 à 2 mètres de haut.

Malgré son importance et son coût, ce type de travail rendrait utilisables pour la mise en valeur des sols actuellement inexploités qui couvrent une superficie appréciable.

Le nivellement d'importance moyenne n'implique pas obligatoirement l'emploi de moyens mécaniques ; il est destiné à aplanir des surfaces ondulées ou comportant des microreliefs espacés.

b. Défrichage :

Ces travaux s'imposent sur l'ensemble de la plaine.

c. Labours Profonds :

Ils sont nécessaires pour homogénéiser la texture sur 60 cm d'épaisseur en mélangeant les horizons à textures différentes.

II.2.3 Spéculations envisagées

Les spéculations envisagées en accord avec l'agronome sont les suivantes:

- Cultures arbustives : Olivier, Abricotier , Figuiers , Grenadier , Pêchier , Pommier et Poirier
- Cultures fourragères : Céréales fourragères, Luzerne, Betteraves fourragères, Cultures maraîchères et légumières.
- Les agrumes et l'amandier n'ont pas été retenus pour des raisons climatiques. En effet, l'abaissement des températures en hiver et en automne est assez sensible dans la Plaine de Kheneg Sidi Brahim située à 1200 mètres d'altitude, au voisinage des Hauts plateaux (moyenne thermique hivernale inférieure à 9 avec gelées fréquentes — minimum absolu (7°). Ce froid hivernal qui s'exerce à une altitude relativement élevée convient mal aux agrumes, à l'amandier (sensible pendant sa période de floraison précoce), ainsi qu'au bersim.
- Pour des raisons économiques, la betterave sucrière n'a pas été retenue dans les spéculations envisagées, les surfaces intéressantes ne permettant pas l'installation d'une sucrerie.

Conclusion

Néanmoins au vu de certains résultats expérimentaux. Il s'est avéré que certaines espèces arbustives notamment l'amandiers l'oliviers et l'abricotiers peuvent cultiver dans cette zone, Nous avons opté dans notre projet d'implanter ces variétés d'arbres bien étendu certains avec des travaux préalables (rooter,...) afin d'augmenter la profondeur de sol. les cultures auront donc de double objectifs :

- 1- l'alimentation en fruits et les légumes de la région.
- 2- lutte contre l'érosion

Introduction

Le présent chapitre a pour but de quantifier le volume total des besoins en eau des cultures proposées dans le périmètre de khneg sidi brahim (zone d'étude) et les comparer avec le volume stocké au niveau de barrage.

III.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. Pour cela, il est nécessaire de définir les paramètres suivants :

III.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

$$ET_{CLTURE} = K_C * ET_0$$

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.

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

$$BEC = ET_{culture} - P_{eff} + RFU$$

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.

1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET_0)

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 la présente étude, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence a été effectuée à l'aide d'une méthode empirique la plus appropriée, c'est celle de *Penman & Monteith* modifiée.

1.1 Présentation de la méthode 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^f *Penman & Monteith* modifiée est adoptée, qui prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte 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^f *Penman & Motheit*, modifiée, se présentant comme suite :

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

Avec:

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 ;

C : chaleur spécifique de l'air (MJ / kg.K).

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes (site FAO, 2011)¹.

1.2 Résultats du calcul

Le tableau III.1, représente l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel *CROPWAT*. 8, selon la formule de *Penman & Monteith*.

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

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET ₀
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	2.5	7.9	67	27	8.3	23.6	2.94
Février	1.7	7.6	67	27	8	21.6	2.53
Mars	5	12.2	59	27	8.4	19.4	2.34
Avril	6.3	14.7	52	32	9.2	16.6	1.79
Mai	11.6	19.6	45	26	9.3	13.4	1.13
Juin	17.4	23.8	36	29	10.6	12.9	0.84
Juillet	20.4	27.9	32	21	11.5	14.4	1.09
Août	18.9	28.3	32	23	10.6	16.7	2.15
Septembre	15.2	23	46	27	9.2	18.9	3.07
Octobre	9.9	18.1	57	20	8.8	21.7	3.44
Novembre	5.2	12.4	64	21	7.7	22.2	3.22
Décembre	2.2	8.7	73	22	7.7	23	2.98
Moyenne	9.7	17	53	25	9.1	18.7	2.29

2. Pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme *CROPWAT 8.0* 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% ($P_{80\%}$) et la pluie efficace (P_{eff}) sont regroupées dans le tableau IV.2 (en appliquons la formule de pourcentage fixé)

$$P_{\text{eff}} = P_{80} * 0.8$$

Tableau III.2: Pluies de projet et pluies efficace de la station du Gueltet Sidi Saad (010205).

Mois	Pluie (mm)	Pluie efficace (mm)
Janvier	14.2	11.4
Février	11.9	9.5
Mars	18.3	14.6
Avril	15.9	12.7
Mai	13.7	11
Juin	8.8	7
Juillet	2.3	1.8
Août	6.2	5
Septembre	12.3	9.8
Octobre	11.7	9.4
Novembre	8.5	6.8
Décembre	11	8.8
Total	134.8	107.8

III.1.2 Choix des cultures

Cultures	Surface en (ha)
blé	114.8
Sorgho	24
orge	56.4
mais	61.6
pomme de terre	45.6
artechou	28.4
tomate	17.2
vegetabl	36.8
Olivier	11.2
melan	4

III.1.3 Estimation des besoins en eau des cultures

La méthode adoptée de calcul des besoins en eau des cultures emploie les informations suivantes :

- La date de plantation.
- La durée des phases de croissance :
 - initial,
 - développement,
 - mi-saison,
 - arrière-saison.
- Les coefficients culturaux (kc),
- La profondeur d'enracinement,

- Le tarissement admissible,
- Le coefficient (k_y) de réponse du rendement.
- Le coefficient culturel (K_c) représente le rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture en question et l'évapotranspiration potentielle (ETP) de référence. Ce coefficient dépend de la culture et du cycle végétatif.

Le volume d'eau du sol qui peut être utilisé par la culture dépend directement de sa profondeur d'enracinement et notamment à la phase initiale pour les jeunes plantes et plein développement, au début de la mi-saison ; le tarissement admissible représente l'humidité du sol au-dessous de laquelle le manque d'eau affecte l'évapotranspiration et par conséquent la production de la culture.

Le calcul des besoins en eau des cultures est effectué par décade ; les valeurs du coefficient culturel K_c sont celles des fiches culturales données par le programme *Cropwat 8.0*

➤ **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.

Les résultats de calcul des besoins en eau décadaire pour chaque type de culture sont reportés dans les tableaux suivants :

- **Blé** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire du blé sont reportés dans le tableau III.3.

Tableau III.3 Besoins en eau d'irrigation blé

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	1	Init	0.3	0.99	9.9	2.4	7.5
Nov	2	Init	0.3	0.97	9.7	2.1	7.6
Nov	3	Init	0.3	0.94	9.4	2.4	7.1
Déc	1	Crois	0.46	1.4	14	2.7	11.3
Déc	2	Crois	0.74	2.2	22	2.9	19.1
Déc	3	Mi-sais	1.03	3.07	33.8	3.2	30.6
Jan	1	Mi-sais	1.15	3.4	34	3.6	30.4
Jan	2	Mi-sais	1.15	3.38	33.8	3.9	29.9
Jan	3	Mi-sais	1.15	3.22	35.5	3.7	31.8
Fév	1	Arr-sais	1.14	3.04	30.4	3.2	27.2
Fév	2	Arr-sais	0.94	2.37	23.7	2.9	20.8
Fév	3	Arr-sais	0.68	1.68	13.5	3.5	9.9
Mar	1	Arr-sais	0.43	1.03	10.3	4.5	5.8
					279.9	41	238.8

- **Sorgho** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire du sorgho sont reportés dans le tableau III.4.

Tableau III.4 Besoins en eau d'irrigation de Sorgho

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.3	0.54	3.2	2.5	1.1
Avr	3	Init	0.3	0.47	4.7	4	0.7
Mai	1	Crois	0.34	0.46	4.6	3.9	0.7
Mai	2	Crois	0.53	0.6	6	3.7	2.3
Mai	3	Crois	0.74	0.76	8.4	3.3	5.1
Jui	1	Mi-sais	0.94	0.88	8.8	2.8	6
Jui	2	Mi-sais	1	0.84	8.4	2.3	6
Jui	3	Mi-sais	1	0.92	9.2	1.8	7.5
Jui	1	Mi-sais	1	1.01	10.1	1	9.1
Jui	2	Arr-sais	1	1.09	10.9	0.3	10.6
Jui	3	Arr-sais	0.88	1.27	14	0.7	13.3
Aoû	1	Arr-sais	0.72	1.3	13	1.3	11.7
Aoû	2	Arr-sais	0.59	1.28	8.9	1.1	7.3
					110.3	28.7	81.5

- **Orge** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire de l'orge sont reportés dans le tableau III.5.

Tableau III.5 Besoins en eau d'irrigation d'orge

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	1	Init	0.3	0.99	9.9	3.2	6.7
Oct	2	Crois	0.34	1.19	11.9	3.2	8.7
Oct	3	Crois	0.63	2.12	23.3	2.9	20.4
Nov	1	Mi-sais	0.94	3.1	31	2.4	28.6
Nov	2	Mi-sais	1.05	3.38	33.8	2.1	31.8
Nov	3	Mi-sais	1.05	3.3	33	2.4	30.6
Déc	1	Mi-sais	1.05	3.21	32.1	2.7	29.4
Déc	2	Mi-sais	1.05	3.13	31.3	2.9	28.3
Déc	3	Arr-sais	1.04	3.09	34	3.2	30.8
Jan	1	Arr-sais	0.85	2.51	25.1	3.6	21.5
Jan	2	Arr-sais	0.58	1.71	17.1	3.9	13.2
Jan	3	Arr-sais	0.34	0.96	7.7	2.7	4
					290.3	35.2	254.1

- **Mais** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire mais sont reportés dans le tableau III.6

Tableau III.6 Besoins en eau d'irrigation du maïs

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jan	1	Init	0.5	1.48	14.8	3.6	11.2
Jan	2	Init	0.5	1.47	14.7	3.9	10.8
Jan	3	Crois	0.54	1.52	16.7	3.7	13
Fév	1	Crois	0.75	2	20	3.2	16.8
Fév	2	Crois	0.97	2.44	24.4	2.9	21.5
Fév	3	Mi-sais	1.13	2.79	22.3	3.5	18.8
Mar	1	Mi-sais	1.15	2.76	27.6	4.5	23.1
Mar	2	Mi-sais	1.15	2.69	26.9	5.2	21.7
Mar	3	Mi-sais	1.15	2.48	27.3	4.9	22.4
Avr	1	Mi-sais	1.15	2.27	22.7	4.5	18.3
Avr	2	Arr-sais	1.08	1.93	19.3	4.2	15.1
Avr	3	Arr-sais	0.94	1.48	14.8	4	10.8
Mai	1	Arr-sais	0.81	1.09	10.9	3.9	7.1
					262.5	52	210.5

- **Pomme de terre** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire de la pomme de terre sont reportés dans le tableau III.7

Tableau III.7 Besoins en eau d'irrigation des pommes de terre

Mois	Décade	Phase	coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jan	1	Init	0.5	1.48	14.8	3.6	11.2
Jan	2	Init	0.5	1.47	14.7	3.9	10.8
Jan	3	Crois	0.54	1.52	16.7	3.7	13
Fév	1	Crois	0.75	2	20	3.2	16.8
Fév	2	Crois	0.97	2.44	24.4	2.9	21.5
Fév	3	Mi-sais	1.13	2.79	22.3	3.5	18.8
Mar	1	Mi-sais	1.15	2.76	27.6	4.5	23.1
Mar	2	Mi-sais	1.15	2.69	26.9	5.2	21.7
Mar	3	Mi-sais	1.15	2.48	27.3	4.9	22.4
Avr	1	Mi-sais	1.15	2.27	22.7	4.5	18.3
Avr	2	Arr-sais	1.08	1.93	19.3	4.2	15.1
Avr	3	Arr-sais	0.94	1.48	14.8	4	10.8
Mai	1	Arr-sais	0.81	1.09	10.9	3.9	7.1
Total					262.5	52	210.5

- *Artichaut* : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire de l'artichaut sont reportés dans le tableau III.8.

Tableau III.8 Besoins en eau d'irrigation d'artichaut

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.5	1.2	12	4.5	7.5
Mar	2	Init	0.5	1.17	11.7	5.2	6.5
Mar	3	Init	0.5	1.08	11.9	4.9	7
Avr	1	Crois	0.5	0.99	9.9	4.5	5.4
Avr	2	Crois	0.57	1.02	10.2	4.2	5.9
Avr	3	Crois	0.67	1.05	10.5	4	6.5
Mai	1	Crois	0.77	1.04	10.4	3.9	6.5
Mai	2	Mi-sais	0.87	0.99	9.9	3.7	6.2
Mai	3	Mi-sais	0.91	0.94	10.3	3.3	7.1
Jui	1	Mi-sais	0.91	0.85	8.5	2.8	5.7
Jui	2	Mi-sais	0.91	0.76	7.6	2.3	5.3
Jui	3	Mi-sais	0.91	0.84	8.4	1.8	6.6
Jui	1	Mi-sais	0.91	0.92	9.2	1	8.2
Jui	2	Mi-sais	0.91	1	10	0.3	9.7
Jui	3	Mi-sais	0.91	1.32	14.5	0.7	13.7
Aoû	1	Mi-sais	0.91	1.63	16.3	1.3	15.1
Aoû	2	Mi-sais	0.91	1.95	19.5	1.6	17.9
Aoû	3	Mi-sais	0.91	2.23	24.6	2.2	22.4
Sep	1	Mi-sais	0.91	2.52	25.2	2.9	22.3
Sep	2	Mi-sais	0.91	2.8	28	3.5	24.5
Sep	3	Mi-sais	0.91	2.91	29.1	3.4	25.7
Oct	1	Mi-sais	0.91	3.02	30.2	3.2	27
Oct	2	Mi-sais	0.91	3.13	31.3	3.2	28.1
Oct	3	Mi-sais	0.91	3.06	33.7	2.9	30.8
Nov	1	Mi-sais	0.91	3	30	2.4	27.6
Nov	2	Mi-sais	0.91	2.94	29.4	2.1	27.3
Nov	3	Mi-sais	0.91	2.86	28.6	2.4	26.3
Déc	1	Mi-sais	0.91	2.79	27.9	2.7	25.2
Déc	2	Mi-sais	0.91	2.72	27.2	2.9	24.2
Déc	3	Mi-sais	0.91	2.7	29.7	3.2	26.5
Jan	1	Mi-sais	0.91	2.69	26.9	3.6	23.3
Jan	2	Mi-sais	0.91	2.68	26.8	3.9	22.8
Jan	3	Arr-sais	0.91	2.54	27.9	3.7	24.2
Fév	1	Arr-sais	0.89	2.36	23.6	3.2	20.4
Fév	2	Arr-sais	0.87	2.18	21.8	2.9	19
Fév	3	Arr-sais	0.85	2.1	6.3	1.3	4.5
					698.9	105.3	593.2

- **Tomates** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire des tomates sont reportés dans le tableau III.9.

Tableau III.9 Besoins en eau d'irrigation des tomates

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.6	1.44	14.4	4.5	9.9
Mar	2	Init	0.6	1.4	14	5.2	8.9
Mar	3	Crois	0.6	1.3	14.3	4.9	9.4
Avr	1	Crois	0.69	1.36	13.6	4.5	9.2
Avr	2	Crois	0.83	1.48	14.8	4.2	10.6
Avr	3	Crois	0.96	1.52	15.2	4	11.1
Mai	1	Mi-sais	1.1	1.49	14.9	3.9	11
Mai	2	Mi-sais	1.15	1.3	13	3.7	9.3
Mai	3	Mi-sais	1.15	1.19	13.1	3.3	9.8
Jui	1	Mi-sais	1.15	1.08	10.8	2.8	8
Jui	2	Mi-sais	1.15	0.96	9.6	2.3	7.3
Jui	3	Arr-sais	1.12	1.03	10.3	1.8	8.5
Jui	1	Arr-sais	1	1.01	10.1	1	9.2
Jui	2	Arr-sais	0.89	0.97	9.7	0.3	9.4
Jui	3	Arr-sais	0.81	1.17	3.5	0.2	3.2
					181.3	46.4	134.7

- **Végétale** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire des végétales sont reportés dans le tableau III.10

Tableau III.10 Besoins en eau d'irrigation des végétales.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.7	1.68	16.8	4.5	12.3
Mar	2	Init	0.7	1.64	16.4	5.2	11.2
Mar	3	Crois	0.77	1.66	18.3	4.9	13.4
Avr	1	Crois	0.89	1.76	17.6	4.5	13.2
Avr	2	Mi-sais	1.01	1.81	18.1	4.2	13.8
Avr	3	Mi-sais	1.05	1.65	16.5	4	12.5
Mai	1	Mi-sais	1.05	1.42	14.2	3.9	10.3
Mai	2	Arr-sais	1.05	1.18	11.8	3.7	8.1
Mai	3	Arr-sais	1	1.04	11.4	3.3	8.1
Jui	1	Arr-sais	0.96	0.89	2.7	0.8	1.3
					143.8	39	104.3

- **Oliver** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire de l'olivier sont reportés dans le tableau III.11.

Tableau III.11 Besoins en eau d'irrigation d'Olivier

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Mar	1	Init	0.4	0.96	9.6	4.5	5.1
Mar	2	Init	0.4	0.94	9.4	5.2	4.2
Mar	3	Init	0.4	0.86	9.5	4.9	4.6
Avr	1	Init	0.4	0.79	7.9	4.5	3.4
Avr	2	Init	0.4	0.72	7.2	4.2	2.9
Avr	3	Init	0.4	0.63	6.3	4	2.2
Mai	1	Init	0.4	0.54	5.4	3.9	1.5
Mai	2	Init	0.4	0.45	4.5	3.7	0.8
Mai	3	Init	0.4	0.41	4.5	3.3	1.3
Jui	1	Init	0.4	0.37	3.7	2.8	1
Jui	2	Init	0.4	0.34	3.4	2.3	1
Jui	3	Init	0.4	0.37	3.7	1.8	1.9
Jui	1	Init	0.4	0.4	4	1	3.1
Jui	2	Init	0.4	0.44	4.4	0.3	4.1
Jui	3	Crois	0.4	0.58	6.4	0.7	5.7
Août	1	Crois	0.45	0.81	8.1	1.3	6.8
Août	2	Crois	0.51	1.1	11	1.6	9.4
Août	3	Crois	0.57	1.41	15.5	2.2	13.3
Sep	1	Crois	0.64	1.76	17.6	2.9	14.7
Sep	2	Mi-sais	0.69	2.12	21.2	3.5	17.7
Sep	3	Mi-sais	0.7	2.24	22.4	3.4	19
Oct	1	Mi-sais	0.7	2.32	23.2	3.2	20
Oct	2	Mi-sais	0.7	2.41	24.1	3.2	20.9
Oct	3	Mi-sais	0.7	2.36	25.9	2.9	23.1
Nov	1	Mi-sais	0.7	2.31	23.1	2.4	20.7
Nov	2	Mi-sais	0.7	2.26	22.6	2.1	20.5
Nov	3	Mi-sais	0.7	2.2	22	2.4	19.7
Déc	1	Mi-sais	0.7	2.14	21.4	2.7	18.7
Déc	2	Mi-sais	0.7	2.09	20.9	2.9	17.9
Déc	3	Mi-sais	0.7	2.08	22.9	3.2	19.6
Jan	1	Mi-sais	0.7	2.07	20.7	3.6	17.1
Jan	2	Arr-sais	0.7	2.06	20.6	3.9	16.6
Jan	3	Arr-sais	0.65	1.81	20	3.7	16.3
Fév	1	Arr-sais	0.57	1.52	15.2	3.2	12
Fév	2	Arr-sais	0.49	1.25	12.5	2.9	9.6
Fév	3	Arr-sais	0.43	1.05	8.4	3.5	4.9
					488.9	107.5	381.4

- **Melan** : les résultats de calcul des besoins en eau décadaire du blé sont reportés dans le tableau III.12.

Tableau III.12 Besoins en eau d'irrigation de melan

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.3	0.72	7.2	4.5	2.7
Mar	2	Init	0.3	0.7	7	5.2	1.8
Mar	3	Crois	0.44	0.95	10.4	4.9	5.6
Avr	1	Crois	0.68	1.35	13.5	4.5	9.1
Avr	2	Mi-sais	0.92	1.64	16.4	4.2	12.2
Avr	3	Mi-sais	1	1.57	15.7	4	11.7
Mai	1	Mi-sais	1	1.35	13.5	3.9	9.6
Mai	2	Mi-sais	1	1.13	11.3	3.7	7.6
Mai	3	Mi-sais	1	1.03	11.4	3.3	8.1
Jui	1	Arr-sais	0.99	0.93	9.3	2.8	6.5
Jui	2	Arr-sais	0.82	0.69	6.9	2.3	4.6
Jui	3	Arr-sais	0.59	0.55	5.5	1.8	3.7
Jui	1	Arr-sais	0.38	0.39	3.1	0.8	2.1
					131.2	45.8	85.3

Le tableau III.13 récapitule les résultats de calcul des besoins en eau mensuelle en de toutes les cultures.

Tableaux III.13 Récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures

cultures	Besoin en eau (mm)											
	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
blé	92.1	57.9	5.8								22.2	61
Sorgho				1.7	9.5	18.1	29	16.1				
orge	38.7									35.8	91	88.5
mais			1.8	8.1	19.5	33	19					
pomme de terre	35	57.1	67.2	44.2	7.1							
artechou	70.3	43.9	21	17.8	19.8	17.6	31.6	55.4	72.5	85.9	81.2	75.9
tomate			28.2	30.9	30.1	23.8	21.8					
vegetabl			36.9	39.5	26.5	1.3						
Olivier	50	26.5	13.9	8.5	3.6	3.9	12.9	29.5	51.4	64	60.9	56.2
melan			10.1	33	25.3	14.8	2.1					
TOTAL	286.1	185.4	184.9	183.7	141.4	112.5	116.4	101	123.9	185.7	255.3	281.6

Le tableau III.14 récapitule le volume des besoins en eau de toutes es cultures

Tableaux III.14 Récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures

assolement	surface en (%)	surface en (ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m ³ / ha)	Efficiencie (%)	Besoins en eau brut (m ³ / ha)	Besoins bruts totaux (m ³)
blé	28.7	114.8	239	2390	0.75	3186.67	365829.33
Sorgho	6	24	74.4	744	0.75	992.00	23808.00
orge	14.1	56.4	254	2540	0.75	3386.67	191008.00
mais	15.4	61.6	81.4	814	0.75	1085.33	66856.53
pomme de terre	11.4	45.6	210.6	2106	0.75	2808.00	128044.80
artechou	7.1	28.4	592.9	5929	0.75	7905.33	224511.47
tomate	4.3	17.2	134.8	1348	0.75	1797.33	30914.13
vegetabl	9.2	36.8	104.2	1042	0.75	1389.33	51127.47
Olivier	2.8	11.2	381.3	3813	0.75	5084.00	56940.80
melan	1	4	85.3	853	0.75	1137.33	4549.33
T O T A L	100	400					1143589.87

Donc le volume total des besoins en eau du périmètre est **1143589.87m³** soit **1.14358987Mm³** pour toute l'année. Le volume nécessaire de mois de pointe janvier est **1144400 m³**.

Conclusion

Dans cette partie d'étude, les besoins des cultures du mois de pointe ont été déterminés pour pouvoir calculer le débit spécifique nécessaire pour le dimensionnement du réseau d'irrigation. Il ressort des résultats de calcul, que le volume des besoins est nettement supérieur au volume stocké dans la retenue du barrage de kheng sidi brahim qui a une capacité de **2.33737 Mm³** donc suffisant pour l'irrigation de ce périmètre.

Introduction

Le réseau d'irrigation est un ensemble d'éléments qui permettent d'assurer le transport, la répartition, la mise en charge et la distribution de l'eau à chaque exploitation agricole.

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité Hydro – agricole alimentée par une seule prise d'irrigation.

La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

L'objectif de ce chapitre est le choix de réseau adéquat, ainsi que la détermination des paramètres hydrauliques de ce réseau.

IV.1. Délimitation des ilots et implantation des bornes

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation ; pour éviter toute tension entre agriculteurs, il est recherché de coïncider les limites des îlots avec celles des parcelles et à défaut avec une limite facilement matérialisable sur le terrain ; donc le projet est conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau autonome et d'une pression suffisante pour la pratique de l'aspersion classique. Dans le cas de nécessité d'une basse pression pour l'irrigation gravitaire améliorée des petites exploitations ($S < 5$ ha) ou pour l'irrigation localisée (goutte à goutte) ; deux solutions sont proposées :

- Installation de réducteur de pression pour protéger les équipements
- Construction de bassin de bris de charge et éventuellement de stockage.

L'implantation des bornes obéit aux critères suivants :

- La liberté des agriculteurs à disposer d'une prise individuelle.
- Le respect des normes techniques en matière d'équipement de surface (longueur et diamètre des rampes).
- Le nombre de prises par borne.
- Le débit à fournir à la borne.

IV.2. Différents types de réseau d'irrigation

IV.2.1. Réseau à ciel ouvert

L'eau est amenée par des canaux à ciel ouvert, soit en terre ou avec revêtements qui ont généralement des sections trapézoïdale ou circulaire.

IV.2.2. Réseau fermé

Il est constitué par des conduites sous pression, généralement enterrées.

IV.2.3. Réseau mixte

Le réseau d'irrigation mixte est la combinaison des deux systèmes, l'amenée de l'eau jusqu'au périmètre se fait par des canaux et la distribution se fera par des conduites sous pression.

IV.3. Choix du type de réseau

Le choix de type de réseau se porte sur le réseau fermé sous pression car celui-ci présente beaucoup par rapport aux autres types parmi les quelles :

- ✓ Augmentation du rendement du réseau.
- ✓ Diminution notable des pertes du réseau.
- ✓ Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- ✓ Possibilité d'automatisation.

IV.4. Choix de la matière des tuyaux

La concentration sous pression comprend le plus souvent des tuyaux droites cylindriques et des éléments de raccords appelés « pièces spéciale » coudes, brides, cônes, ...etc.

Le choix des matériaux est conditionné par les valeurs du diamètre de la conduite et la pression exercé.

Pour les canalisations de très gros diamètre (1 à 3) m, on utilise souvent le béton armé, pour les canalisations de petit diamètre, on utilise la matière plastique.

IV.4.1. Canalisation en acier

Elles sont particulièrement utilisées pour des débits élevés des pressions importantes. Elles sont assemblées bout à bout par soudure est caractérisés par une bonne étanchéité et une bonne résistance, mais elles doivent être protégées contre la corrosion.

IV.4.2. Canalisation en fonte

Elles sont utilisées le plus souvent malgré sont prix de revient qui assez élevé, caractérisées par :

- ✓ Une grande étanchéité ;
- ✓ Une durée de vie assez longue ;
- ✓ Un bon coefficient d'écoulement hydraulique et facilité de baser sur le lit.

IV.4.3. Canalisation en matière plastique

Elles sont utilisées pour les canalisations mobiles de la distribution d'eau sur la parcelle. Elles sont souples et supportent les pressions moyennes.

IV.5. Assemblages des tuyaux

L'assemblage des tuyaux en acier se fait par soudure au chalumeau (oxyacetyline), on soude à l'axe électrique.

Pour l'assemblage des conduites d'irrigation, on utilise le plus souvent les joints de types : Gibaut, Simplexe univité.

IV.6. Raccords

Les raccords servent pour les points singulier comme :

- ✓ Raccordement de deux tronçons.
- ✓ Changement de direction, de diamètres et de joints.

- ✓ Interposition d'un élément de manœuvre ou d'exploitation (robinet , vanne, ventouse , vidangeetc.).

IV.7. Débit spécifique

Le débit spécifique à la parcelle, est en général basé sur la satisfaction des besoins en eau de la culture la plus exigeante.

Le débit fictif continu se calcul par la relation suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3.6 \times K} \quad \text{en (l/s/h)} \dots\dots\dots (V-1)$$

Avec :

B_m : Besoins mensuels maximum net en m^3/ha ;

T : Temps d'irrigation par jour = 20h/j ;

t : Durée d'irrigation en jours = 30 jours ;

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 0.75

$$q = \frac{286.1 \times 1000}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.75} = 1.76 \text{ l/s/ha}$$

Le débit fictif $q=1.73 \text{ l/s/ha}$ est supérieure à 1, 5 l/s/ha

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1 Débit fictif continu (l/s/ha) dans le mois de pointe pour chaque culture

cultures	Besoin en eau (mm)												Besoins utiles au mois de pointe (mm)
	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	318.67
blé	92.1	57.9	5.8								22.2	61	99.20
Sorgho				1.7	9.5	18.1	29	16.1					338.67
orge	38.7									35.8	91	88.5	108.53
mais			1.8	8.1	19.5	33	19						280.80
pomme de terre	35	57.1	67.2	44.2	7.1								790.53
artechou	70.3	43.9	21	17.8	19.8	17.6	31.6	55.4	72.5	85.9	81.2	75.9	179.73
tomate			28.2	30.9	30.1	23.8	21.8						138.93
vegetabl			36.9	39.5	26.5	1.3							318.67
Olivier	50	26.5	13.9	8.5	3.6	3.9	12.9	29.5	51.4	64	60.9	56.2	99.20
melan			10.1	33	25.3	14.8	2.1						338.67
TOTAL	286.1	185.4	184.9	183.7	141.4	112.5	116.4	101	123.9	185.7	255.3	281.6	108.53
Débit fictif continu en pointe (l/s/ha)	1.76	1.14	1.14	1.13	0.87	0.69	0.71	0.62	0.76	1.14	1.57	1.73	

Après calcul, on trouve : $q_{moy} = 1.11 \text{ l/s/ha}$ don la valeur moyenne du débit spécifique est inférieur à la limite admissible à 1, 5 l/s/ha.

Donc en choisi la valeur des besoins la plus proche a la valeur de mois de pointe

Donc : $q_s = q_{moy} = 1.11 \text{ l/s/ha}$

IV.8. Débit caractéristique

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de dessert 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 indique par la formule suivante :

$$Q_{car} = q \cdot S \dots\dots\dots(V.2)$$

q : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)
 S : la superficie de chaque ilot (apte a l'irrigation)

D'après le calcul du débit fictif de pointe est de l'ordre de :

$$q_s = 1.11 \text{ l/s/ha}$$

$$q = q_s \times \text{la superficie}$$

$$q = 1.11 \times 400 = 444 \text{ l/s}$$

IV.9. Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

Dans notre cas l'adduction gravitaire achemine les eaux du barrage de KHNEG SIDI BRAHIM vers un bassin de stockage.

IV.9.1. Calcul de diamètre le plus avantageux de la conduite gravitaire (barrage-bassin de stockage)

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de **Darcy-Weisbakh** :

$$\Delta H_t = \frac{K' \times L_e \times Q^\beta}{D_{av}^m} \dots\dots\dots(V.3)$$

ΔH_t : Charge disponible (m);

K' : Coefficient de perte de charge;

L_e : Longueur équivalente de la conduite gravitaire (m) ;

$$L_e = L_g + L_{e_\epsilon}$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite gravitaire (m) ;($L_g=793.83m$)

$L_{e\ \varepsilon}$: Longueur équivalente des pertes de charge singulière j(m) ;

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées de 10% à 15% des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,15 * \Delta H_p^{lin} \Rightarrow L_e = 1,15 * L_g$$

ΔH_t : Charge disponible (m) ;

ΔH_p^{lin} : Perte de charge linéaire (m).

Q_{car} : Débit véhiculé par la conduite ($Q_{car} = q_s * St = 0.49 m^3/s$);

q_s : le débit spécifique de la culture la plus exigeant ;

St : surface total de périmètre (khneg sidi brahim) ;

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et β sont donnés dans le tableau V.2.

Tableau V.2. Coefficients K' , m , β pour différents types de tuyau.

Tuyau	K'	m	β
fonte et Acier	0,00179-0,001735	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q_{car}^\beta}{\Delta H_t}} \dots \text{.(V.4)}$$

Dans notre cas on doit utiliser une conduite en amiante-ciment, on prend: $K' = 0,00118$;

$\beta = 1,85$; $m = 4,89$

D'après les informations recueillies au niveau du service de barrage de KHNEG SIDI BRAHIM, la côte de niveau minimal d'exploitation (N_{me}) dans cette barrage est de 1188,72m, et la côte de bassin de stockage est de 1182,67m, donc d'après la formule de DARCY WEISBACH (V-2).

$$L_e = 1,15 * L_g = 1,15 * 793,83 = 912,9m \Rightarrow L_e = 912,9m.$$

$$\Delta H_t = C_B - C_{T.R} = 1175,72 - 1166 = 9,72m \Rightarrow \Delta H_t = 9,72m.$$

$$Q = 0.220 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Donc : } D_{av} = \sqrt[4.89]{\frac{0,00118 \times 912,9 \times (0.49)^{1,85}}{9.72}} = 0,487 \text{ m} .$$

$$D_{av} = \mathbf{500 \text{ mm}}$$

On détermine la vitesse d'écoulement dans la conduite gravitaire moyennant l'équation de continuité :

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \dots\dots\dots (V . 5)$$

Avec :

Q : débit véhiculé par l'adduction (m³/s) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre nominal de la conduite (m).

$$V = (4 * 0.444) / (3.14 * 0.5^2) = 2.26 \text{ m/S}$$

$$\mathbf{V = 2.26 \text{ m /s}}$$

Donc: la conduite gravitaire est composé d'une conduite de diamètre 500mm et de longueur 912,9m.

IV.10. Choix du type de borne :

Le choix de la Borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces $S \leq 10 \text{ ha}$ on prend la Borne à deux prises
- Pour les surfaces $S \geq 15 \text{ ha}$ on prend la Borne à quatre prises

IV.10.1) Pression demandée aux bornes d'irrigation

L'expression ci-dessous, définit la pression affectée aux bornes d'irrigation pour un bon fonctionnement des appareils d'irrigation.

$$P_B = P_a + r .$$

Dans la quelle :

P_B : Pression à la borne ;

P_a : Pression pour le fonctionnement de l'asperseur simple ;

r : Marge de sécurité $\approx 1 \text{ bar}$.

La pression disponible à l'amont des bornes du réseau collectif est généralement de l'ordre de **3,5 à 4,5 bars**, correspondant à une irrigation par aspersion à moyenne pression.

IV.10.2. Choix de diamètre de la borne

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont présentés dans le tableau V.3.

Tableau IV.3 Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D= 65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D= 150mm
$Q > 25$ l/s	D= 200mm

IV.10.3. Débit aux bornes

$$Q_b = q \times S$$

Avec : q = débit spécifique (l/s/ha)

Les résultats du calcul du débit caractéristique de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau V.4

Tableau IV.4. Débit caractéristique à chaque borne

N°	N°	Surface(ha)	qc(l/s)	N°	N°	Surface(ha)	qc(l/s)
1	B01	17.4	19.3	14.0	B14	8.7	9.6
2	B02	16.7	18.5	15.0	B15	17.2	19.1
3	B03	12.3	13.7	16.0	B16	21.4	23.7
4	B04	8.8	9.8	17.0	B17	21.7	24.1
5	B05	14.4	16.0	18.0	B18	22.7	25.2
6	B06	13.1	14.5	19.0	B19	21.9	24.4
7	B07	8.8	9.8	20.0	B20	18.3	20.3
8	B08	18.5	20.5	21.0	B21	18.3	20.3
9	B09	15.1	16.7	22.0	B22	19.7	21.9
10	B10	17.5	19.4	23.0	B23	18.7	20.8
11	B11	18.2	20.2	24.0	B24	17.2	19.1
12	B12	7.3	8.1	25.0	B25	15.3	16.9
13	B13	11.0	12.2	-			

IV.11. Diamètres

Le choix de diamètre a été effectué au moyen d'un calcul qui permet une optimisation économique selon la méthode de Labye en assurant au mieux une charge imposée; dans notre cas l'objectif visé étant d'assurer une charge au droit de la borne égale à la cote la plus élevée de l'îlot majorée de 10 m.

Le calcul hydraulique a pour but de dimensionner les conduites en déterminant leur diamètre tout en respectant les vitesses minimales admissibles et en minimisant les pertes de charge.

Le calcul des débits des prises et des bornes sont présentées dans le tableau IV.5.

Tableau IV.5 Débit au niveau des bornes et des prises

N° de la borne	Q de la borne (l/s)	D des prises (mm)	D de la borne(mm)
1	19.31	65	100
2	18.52	65	100
3	13.70	65	100
4	9.79	65	100
5	16.00	65	100
6	14.52	65	100
7	9.75	65	100
8	20.54	65	150
9	16.71	65	100
10	19.39	65	100
11	20.17	65	150
12	8.11	65	100
13	12.17	65	100
14	9.63	65	100
15	19.08	65	100
16	23.71	65	150
17	24.08	65	150
18	25.23	65	200
19	24.36	65	150
20	20.33	65	150
21	20.29	65	150
22	21.88	65	150
23	20.78	65	150
24	19.06	65	150

Le diamètre d'une prise est normalisé à 65mm

IV.12. Calcul hydraulique primaire

IV.12.1. 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'économie sur le coût d'investissement.

Les risques entraînés par les coups de béliers éventuels et le coût de la protection anti-bélier qui en résulterait. Voir tableau IV.4;

Tableau IV.6. Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres

Diamètre (mm)	Seuils des vitesses admissibles (m/s)	
	Vitesse minimum	Vitesse maximum
100	0,20	1,80
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	2,00
250	0,40	
300	0,40	
350	0,40	
400	0,50	
500	0,50	
600	0,50	
700	0,50	
800	0,50	
900	0,50	
1000	0,50	
1100	0,50	
1250	0,50	
1500	0,50	
2000	0,50	

Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel WATRCAD pour déterminer la vitesse et la perte de charge au niveau de la conduite principale et le réseau de distribution; les résultats des calculs sont présentés dans les tableau IV.7 et IV.8.

Tableau IV.7. Les résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression).

Nœud	Altitude(m)	Demande borne (l/s)	Charge(m)	Pression (bar)
1	1 166,00	19.3	1 174,68	1.529
2	1 165,00	18.5	1 174,51	1.545
3	1 164,00	13.7	1 174,34	1.837
4	1 165,38	9.8	1 173,96	1.636
5	1 162,60	16.0	1 173,89	1.593
6	1 162,41	14.5	1 173,67	1.798
7	1 161,68	9.8	1 173,86	1.56
8	1 160,60	20.5	1 173,66	1.649
9	1 160,40	16.7	1 173,34	1.78
10	1 159,00	19.4	1 173,23	1.816
11	1 159,60	20.2	1 172,70	1.792
12	1 159,30	8.1	1 172,59	1.781
13	1 158,60	12.2	1 171,87	1.814
14	1 158,30	9.6	1 171,25	1.817
15	1 161,00	19.1	1 170,32	1.792
16	1 158,81	23.7	1 168,34	1.869
17	1 157,22	24.1	1 172,88	2.042
18	1 156,00	25.2	1 172,83	2.036
19	1 156,40	24.4	1 172,69	1.908
20	1 157,00	20.3	1 172,56	1.773
21	1 153,00	20.3	1 172,44	1.583
22	1 154,43	21.9	1 172,38	1.754
23	1 154,18	20.8	1 172,33	1.867
24	1 154,56	19.1	1 172,26	1.858

Tableau IV.8 Débits vitesses et pertes de charge

Tronçon	N.Ini	N.Fin	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
			m	mm	L/S	m/s	m/km
P-1	Barrage	Bassin	794	500	423.6	1.98	8
P-2	Bassin	n1	15.47	315	77.3	0.8	2
P-3	n1	n2	9.39	100	58	0.82	2
P-4	n2	n3	35.33	100	44.3	0.63	1
P-5	n3	n4	10.34	100	25.8	0.82	4
P-6	n4	n5	48.87	100	16	0.91	6
P-7	n1	n6	278.37	315	346.3	1.8	9
P-8	n6	n7	23.91	150	130.9	1.04	3
P-9	n7	n8	45.29	150	116.4	0.93	2
P-10	n8	n9	7.37	100	106.6	1.11	3
P-11	n9	n10	46.5	100	89.6	1.27	5
P-12	n10	n11	3.96	150	68.6	0.97	3
P-13	n11	n12	45.01	100	49.6	1.58	13
P-14	n12	n13	54.04	100	29.6	0.94	5
P-15	n13	n14	60.64	100	21.6	0.69	3
P-16	n6	n15	86.88	315	9.6	0.54	2
P-17	n15	n16	128.95	250	215.4	1.35	4
P-18	n16	n17	16.78	150	215.4	1.35	4
P-19	n17	n18	354.05	200	215.4	1.35	4
P-20	n18	n19	22.66	150	215.4	1.35	4
P-21	n19	n20	44.8	150	196.4	1.52	5
P-22	n20	n21	54.55	150	173.4	1.8	8
P-23	n21	n22	69.3	150	149.4	1.55	6
P-24	n22	n23	50.9	150	124.4	1.76	10

IV.13. Choix du matériau

Pour l'irrigation, on utilise généralement les conduites en PVC pour les petits et moyens diamètres (<500mm), et les conduites en béton pour les grands diamètres (supérieur à 500mm) quant aux conduites en acier, elles sont peu utilisées du fait qu'elles sont difficiles à entretenir (protection contre la corrosion).

IV.14. Équipements du réseau de distribution

IV.14.1. Equipements de contrôle des conduites :

A. 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.

B. Ventouses :

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts systématiquement entre deux vannes.

Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite selon les correspondances ci-après :

Tableau IV.9. Diamètre des ventouses adapté à la canalisation

Diamètre conduite (en mm)	Type de ventouse (en mm)
$D < 500$	D 80
$600 < D < 900$	D 100
$900 < D < 1200$	D 150
$D > 1200$	D 200

C. 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.

D. vidange :

Elles ne sont envisagées que pour les diamètres supérieurs à 200 mm. Pour les branches extrêmes de petit diamètre les vidanges seront faites par pompage ou par des bornes placées à des points bas.

E. Soupapes de décharge anti-bélier

Elles 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.

IV.14.2. Schémas des différents équipements :



Figure IV.2 : Les vannes de sectionnement.



Figure IV.3 : Ventouse.



Figure IV.4 : borne d'irrigation.

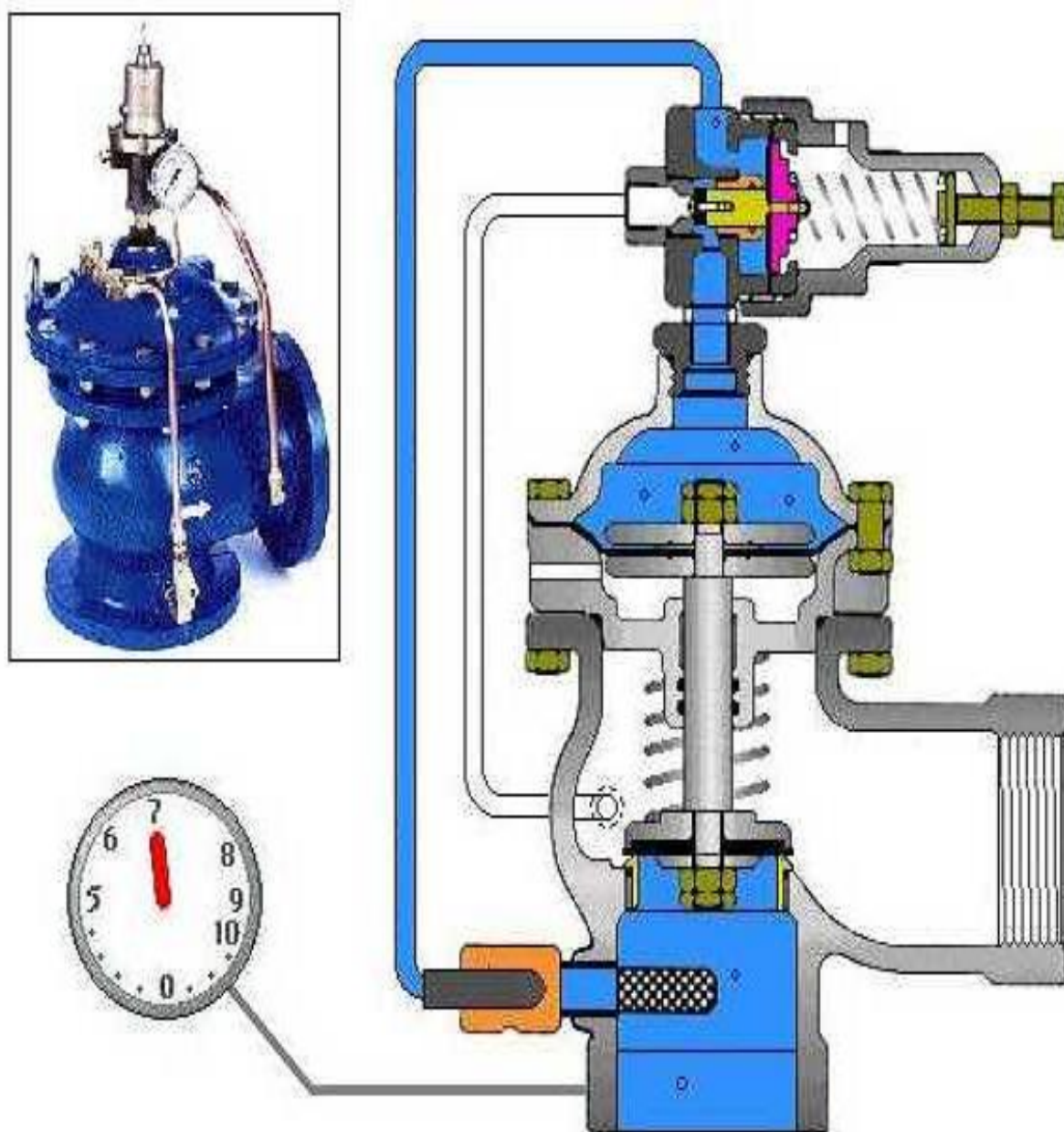


Figure IV.5 : Soupape de décharge anti-bélier

Conclusion

Afin de garantir une fourniture en eau fiable et de limiter les conflits d'usages, le découpage proposé donne une prise autonome à une parcelle ou à un groupement d'une même exploitation.

La distribution s'effectue à la demande, avec une régulation des débits par des appareils installés aux bornes d'irrigation et des ventouses installées sur la conduite d'adduction.

Le réseau est gravitaire, sous pression et la desserte se fait à la demande, ce qui rend l'évaluation des débits à transiter par les différents tronçons du réseau très complexe.

Le modèle que nous avons proposé pour schématiser le phénomène d'appel des débits dans une telle desserte est basé sur la loi des débits, dans laquelle, les débits affectés à chaque prise sont proportionnels aux caractéristiques des îlots desservis.

Le principe de cette loi est simple, mais la difficulté réside dans la définition des caractéristiques des îlots desservis et la configuration des modèles d'assolements prévus, dont elle est fonction.

D'après les résultats de calcul, la pression de chaque borne est faible quelque soit la hauteur de bassin de stockage, donc on conclut que la technique d'irrigation la plus adéquate c'est l'irrigation gravitaire.

Introduction

Quel que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour la répartition de cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit

V.1 Différentes techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée

V.1.1 Irrigation de surface

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

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

a. Irrigation par ruissellement

➤ Planches de ruissellement

- La surface à irriguer est subdivisée en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente (Figure I.1).
- En général, la largeur des planches varie de 5 à 30 m et leur longueur de 50 à 800 m.
- L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %, cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %.
- Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.
- L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.
- La préparation des planches est minutieuse et coûteuse et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants.
- Les pertes par percolation profonde et en colature est importante, et font remonter dangereusement le niveau des nappes phréatiques.
- Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

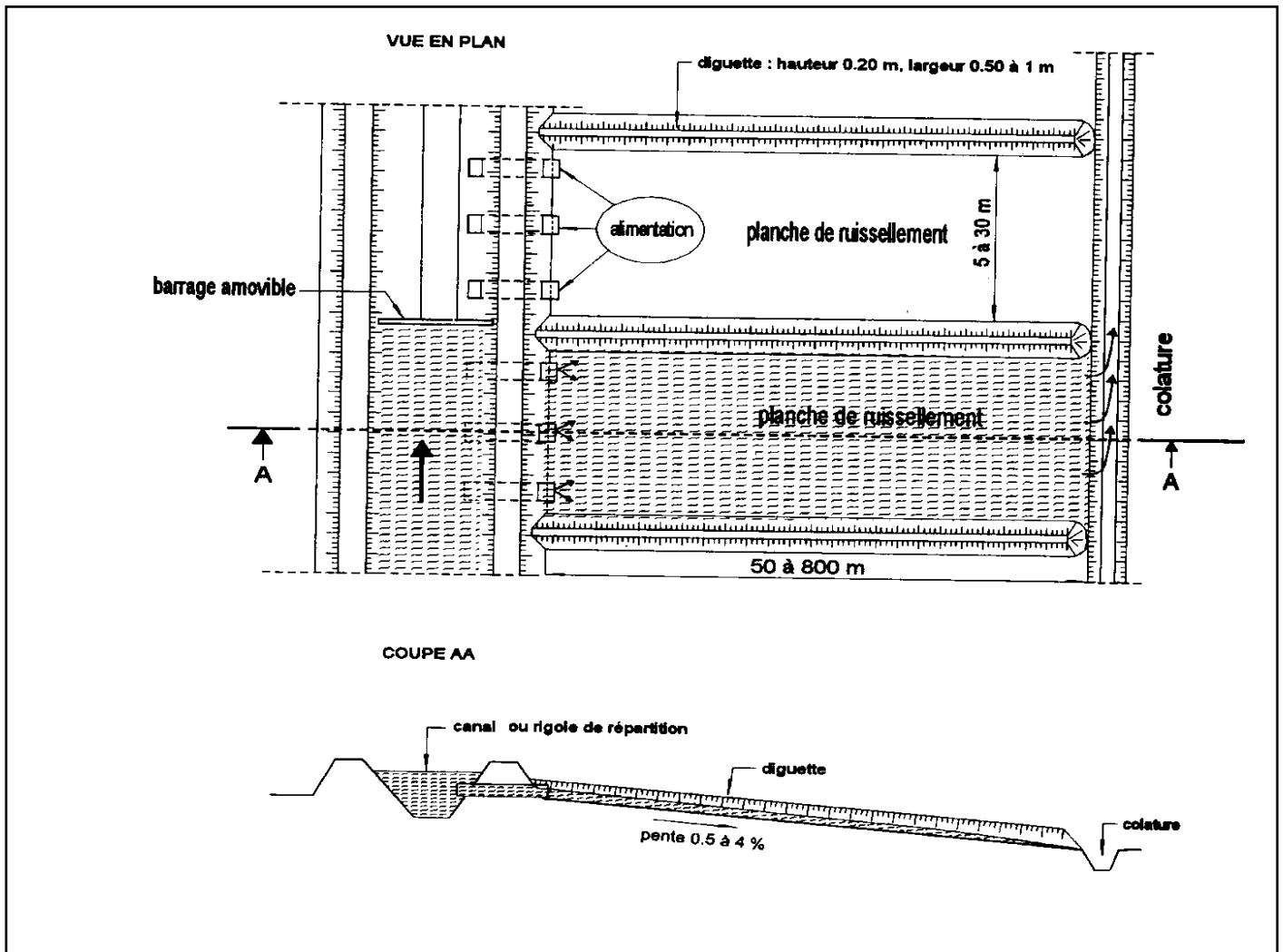


Figure V.1 : Irrigation par planche de ruissellement

➤ Arrosage à la raie

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière (Figure I.2).

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes inférieure à 2%. Pour des pentes supérieures à 2% les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente.

La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre..., etc.). L'arrosage à la raie pose de sérieux problèmes d'application de l'eau lorsque la longueur des raies devient importante (supérieure à 250 m.), Il exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages.

L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40-70%.

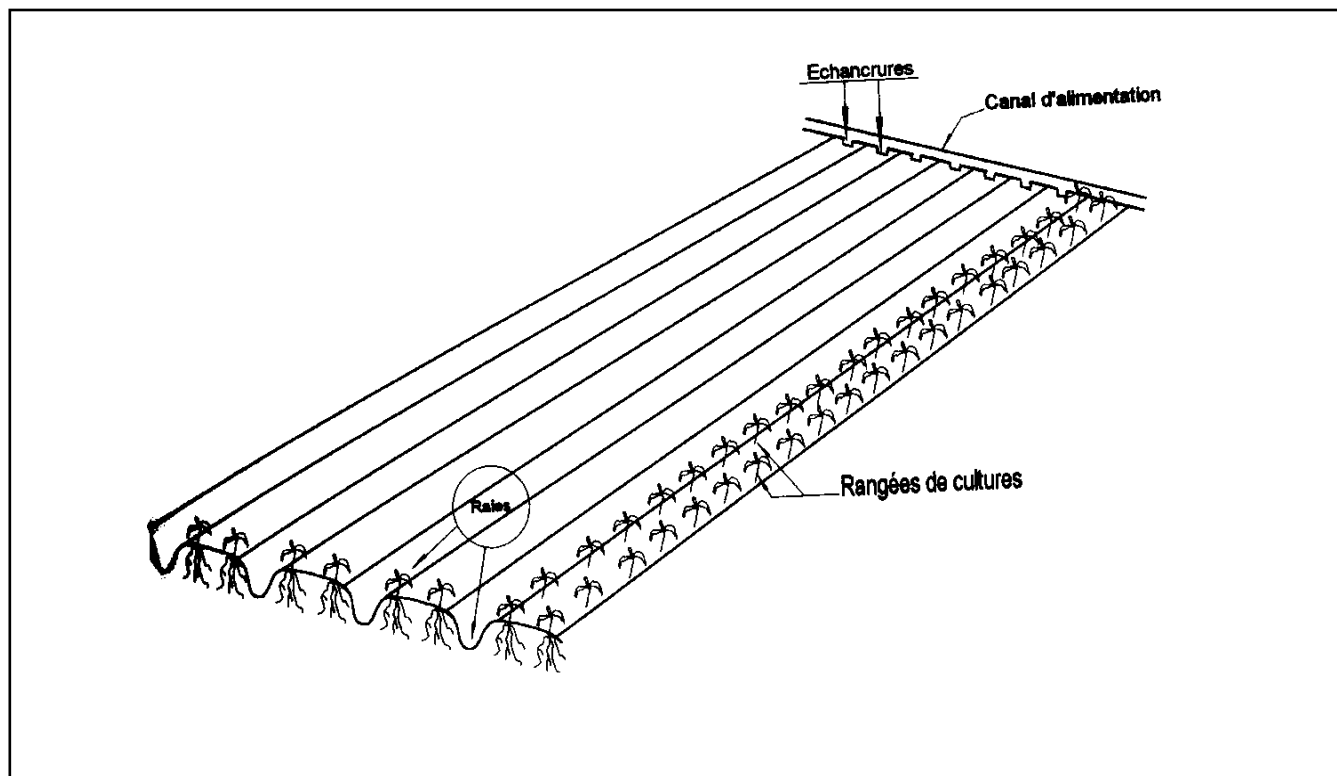


Figure V.2 Irrigation à la raie

b. Irrigation par submersion :

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion (Figure I.3), avec des petites digues de 30 à 40 cm de hauteur et une revanche minimum de 10 cm .

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1) Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2) Qualité du nivellement.
- 3) Fort débit d'apport.

La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux.

Ce système d'irrigation s'emploie dans les rizicultures, les pâturages, les vergers, les prairies, les céréales en ligne, mais en raison du coût du nivellement des parcelles, il est généralement réservé à des terrains plats.

L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 70%.

L'application d'une couche d'eau sur la surface de sol à irriguer provoque leur tassement et le rend moins perméable et par conséquent gêne l'aération du sol.

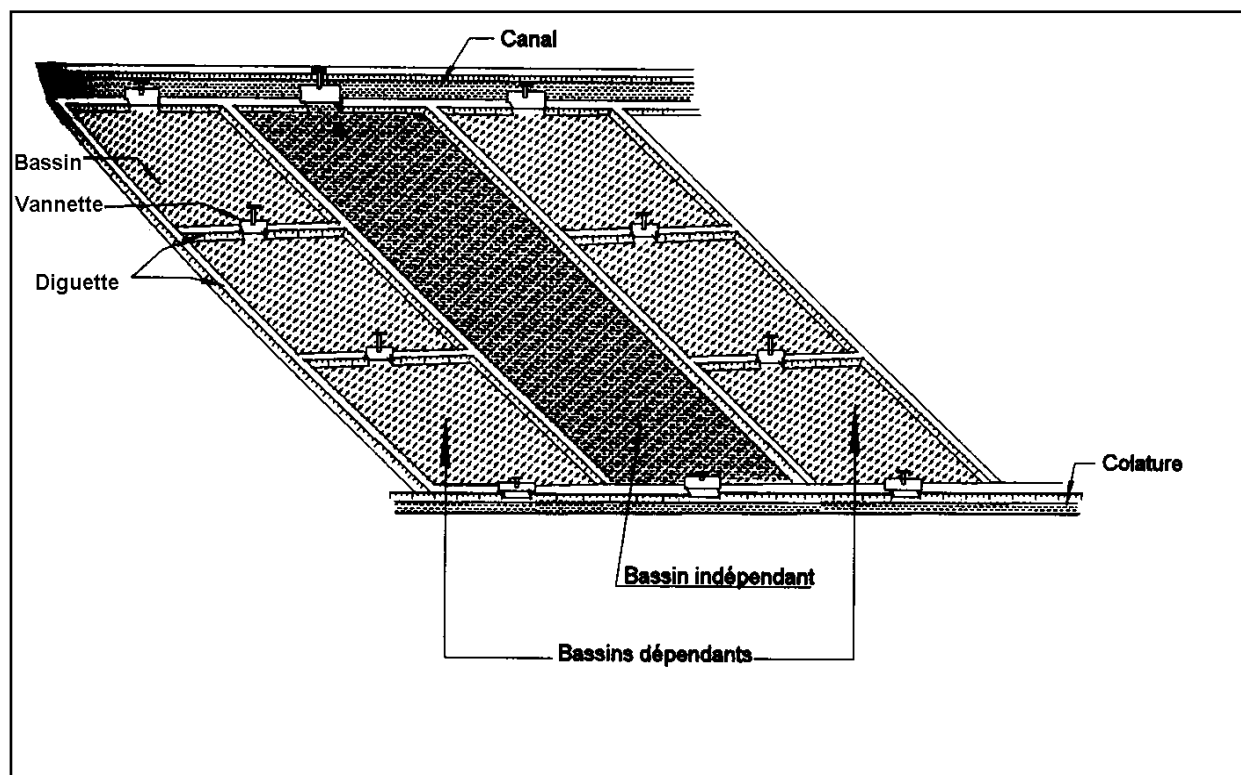


Figure V.3 Irrigation par submersion

c. Irrigation mixte

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion.

Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

A cet effet, les compartiments sont munis d'un déversoir arasé au niveau fixé pour le plan maximal. L'eau en excès est évacuée dans les colatures ou dans un bassin contigu.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures .

V.1.2. Irrigation par aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie (Figure I.4), grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation, aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (**I**) offertes par les différents matériels

($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables) .

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité située entre 55 et 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses: fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc....

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

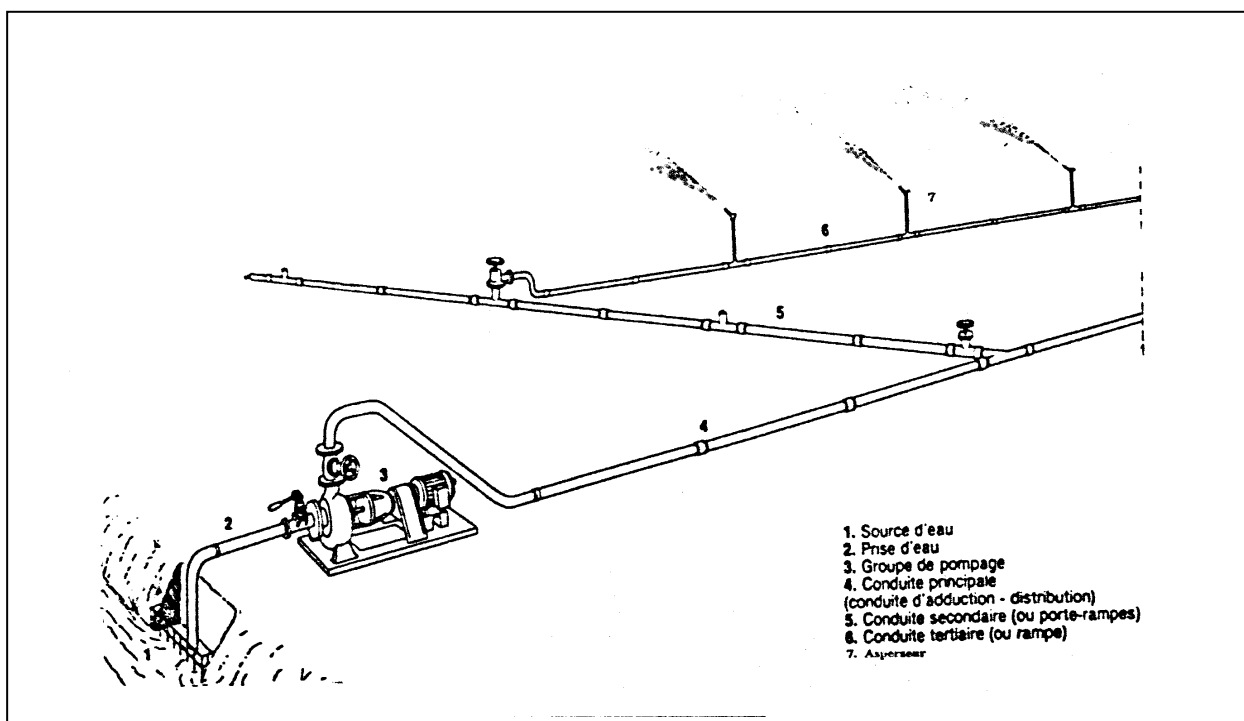


Figure V.4 Irrigation par aspersion

V.1.3 Irrigation localisée

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus ou moins grandes (muni diffuseurs, micro asperseurs) .

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.

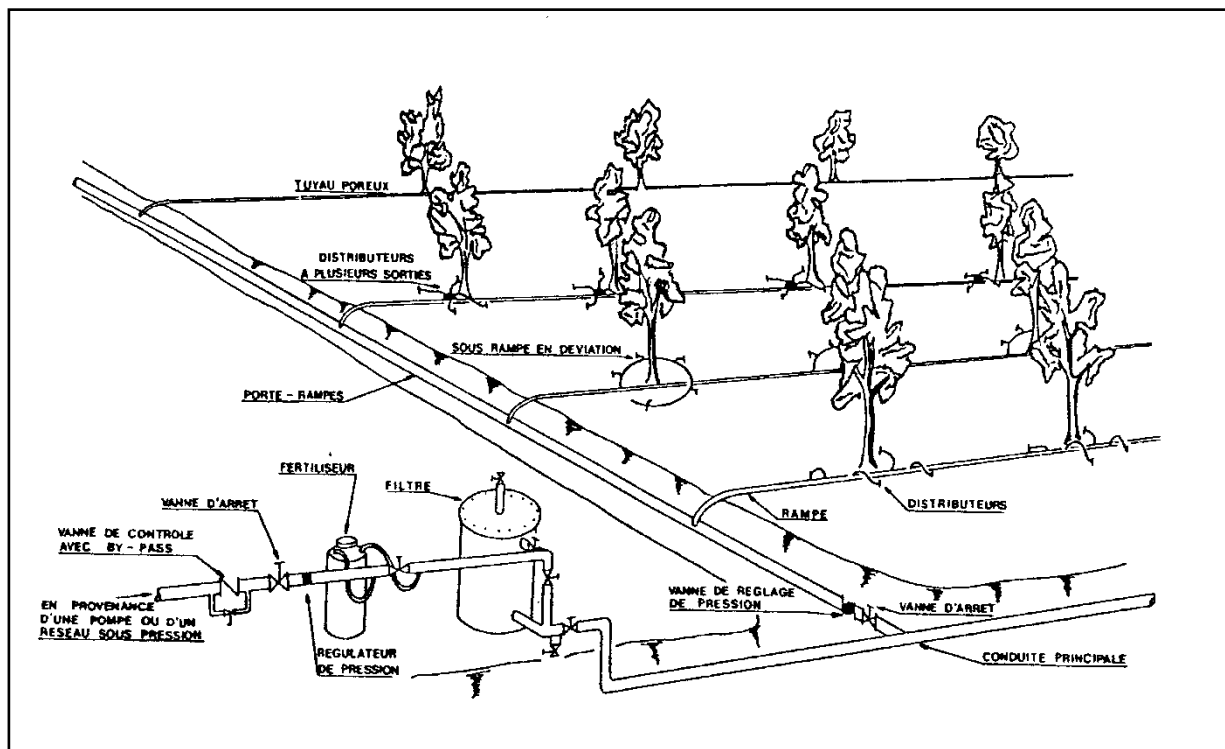


Figure V.5 : Irrigation localisée

V.1.4. Irrigation de sub-surface ou sous-terrain :

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

- un contrôle de la nappe ou moyen d'un réseau de drainage qui peut fonctionner à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation; ce réseau peut être constitué par des fossés profonds ou des drains enterrés, cette technique est convient aux terrains humides et relativement plats.
- la mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine d'un volume de sol proche des racines des plantes, cette technique est surtout employée en cultures maraîchères sur de petites surfaces .

V.2 Avantages et inconvénients des techniques d'arrosage

V.2.1 Techniques d'irrigation de surface

❖ Avantages :

- ✓ Coût d'investissement relativement faible ;
- ✓ Besoins en énergie faibles ou nuls ;
- ✓ Insensibilité au vent ;
- ✓ Bonne adaptation aux eaux usées ;
- ✓ Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire ;
- ✓ Possibilité d'utilisation d'eau salée (en pratiquant le lessivage du sol).

❖ Inconvénients :

- ✓ Besoins importants en main d'œuvre ;

- ✓ Inadaptation aux sols très filtrants ;
- ✓ Planage nécessaire des parcelles qui donne une surface consommée par les canaux et rigoles ;
- ✓ Pertes d'eau importantes c'est-à-dire efficacité d'arrosage faible.

V.2.2 Techniques d'irrigation sous pression

❖ Avantages :

- ✓ Absence de nivellement préalable ;
- ✓ Bonne adaptation à tous les types de sol ;
- ✓ Possibilité de mélanger facilement des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation ;
- ✓ Possibilité de contrôle précis des doses appliquées et Possibilité d'automatisation.

❖ Inconvénients :

- ✓ Coût d'investissement élevé ;
- ✓ Dépense énergétique élevée ;
- ✓ Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées ;
- ✓ Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales ;
- ✓ Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

V.2.3 Irrigation localisée

❖ Avantages :

- ✓ Excellent rendement des cultures ;
- ✓ Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- ✓ Très faible besoin de main d'œuvre ;
- ✓ Insensibilité au vent ;
- ✓ Ne mouille pas le feuillage ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire.

❖ Inconvénients :

- ✓ Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à d'éventuelle interruption des arrosages ;
- ✓ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- ✓ Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée ;
- ✓ Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

V.2.4 Irrigation souterraine

❖ Avantages :

- ✓ Absence de matériel en surface, d'où aucune gêne pour l'exploitation ;
- ✓ Très faible coût d'investissement et de fonctionnement sur des parcelles préalablement équipées en drainage souterrain ;
- ✓ Ne mouille pas le feuillage, ni le sol ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire et aux façons culturales.

❖ **Inconvénients :**

- ✓ Technique utilisable seulement dans certaines conditions pédologiques sur des parcelles justifiables d'un drainage souterrain ;
- ✓ Maîtrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutée.

V.3 Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- Topographie (pente du terrain à irriguer, relief, géométrie de la parcelle)
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose)
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération
- Facteurs sociologiques et culturels

On ne doit pas considérer chacun de ces critères de manière isolée. Au contraire, il faut en avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou d'une région donnée. Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé au préalable, un examen des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de techniques d'irrigation.

Par ailleurs, quelques constats remarquables à prendre en considération permettent de définir de façon plus avertie des solutions adaptées aux différentes situations que l'on rencontre dans le monde :

- Dès que l'on peut économiser l'eau, les deux techniques à promouvoir sont l'aspersion par les grandes machines à irriguer ou l'irrigation localisée, mieux adaptée aux cultures fruitières et maraîchères ainsi qu'aux petites ou moyennes exploitations.
- Quand les quantités d'eau à apporter à la plante sont faibles et que l'énergie n'est pas très chère, les machines à enrouleur sont adaptées, les coûts d'investissement étant faibles.
- Au contraire, les techniques d'irrigation de surface peuvent alors être recommandées dans le cas où la main d'œuvre est bon marché. Elles le sont encore plus lorsque le réseau lui-même est gravitaire, par exemple, à l'aval d'un barrage ou d'une prise en rivière.
- Les grandes machines à irriguer, rampe pivotante ou rampe frontale, ne sont pas adaptées aux petites exploitations, obligées de cultiver les mêmes spéculations aux mêmes périodes.

Conclusion

Des progrès technologiques consistant à mécaniser et automatiser les réseaux d'irrigation permettent d'améliorer sensiblement les performances de l'irrigation tout en diminuant les interventions manuelles pénibles. Ces progrès concernent tous les modes d'irrigation, mais sont relativement plus avancés en aspersion et en micro irrigation. Ils peuvent aller jusqu'à l'automatisation complète de l'irrigation, pilotée par micro-ordinateur en fonction d'informations micro météorologiques, agronomiques ou sur l'état hydrique du sol, transmises en temps réels par des capteurs.

CONCLUSION GENERALE

Les obstacles majeurs rencontrés lors de l'élaboration de cette étude, sont :
Le manque de documentation et de données, climatologiques et hydrogéologiques, relative à notre zone d'étude.

Malgré cet handicap majeur, on espère que ce mémoire a pu apporter une modeste contribution à l'étude de cette région.

Après la réalisation de ce travail, il a été conclu de :

1. L'étude des caractéristiques climatiques de la région que :
 - Notre zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride et une amplitude thermique élevée (13.6c°).
 - La température moyenne annuelle est de(13.1°c).
 - L'automne et le printemps sont les saisons les plus pluvieuses.

2. L'étude des sols que :
 - Le sol de khneg sidi brahim est apte pour l'irrigation généralement avec la restriction des certaines cultures a cause de la salinité. Il a été donné les recommandations suivantes :
 - labour profond pour améliorer la texture; structure et diminue la salinité.
 - la rotation culturale pour augmenter le rendement de production agricole.
 - lessivage des terres salines (ajoute des doses d'irrigation pour lessiver).

3. l'étude du schéma d'aménagement :
 - Le calcule des besoins a fait ressortir un debit de point de :348.4(l/s)
 - Le calcule hydraulique a fait ressortir des pressions faible .
 - La technique d'irrigation la plu applicable ci l'irrigation gravitaire c'est l'arrosage de surface, il est recommandé de projeté un canal a ciel ouvert pour éviter les pertes d'eau pendant l'irrigation de surface et pour augmenter le rendement.

BIBLIOGRAPHIE

- Irrigation basic (2006)

- Etude de seuil de dérivation de khneg sisi Ibrahim –POYRY-
Bureau d'étude allemand.

- Etude hydrogéologique du synclinal d'Aflou – Dr : STAMBOULI
Madani.-mémoire de doctorat (1996) pag(7-21)

- Etude hydrogéologique du synclinal du djebel tghisset (aflou)-
BELKACEM R –mémoire de fin d'étude(ingénieur)
1992-1993 pag (44-65) .

- Traite d'irrigation deuxième édition –TIERCELIN J –(2005)
pag(489-520)

- .