



Département Irrigation et Drainage

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

OPTION : Conception des systèmes d'irrigation et drainage

THEME :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de
Hassi Ghanem Secteur 03 (W. Ghardaïa) d'une superficie
de 200 ha.**

Présenté par :

Mr: AHMANI BRAHIM

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr: MADDI Mohamed	Professeur	Président
Mme: SAADOUNE Samra	M.C.B	Examineur
Mme: MADJDOUB Sonia	M.A.A	Examineur
Mr: KOLAIA Djaffar	Assistant	Examineur
Mr: RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Promoteur

Juin 2018

المخلص

يدخل الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة ضمن إطار تحديد الأبعاد لشبكة توزيع المياه على مستوى المساحة الزراعية، والتي تسمح بالحصول على مردود مرتفع من الإنتاجية، وذلك باستخدام أفضل تقنيات السقي، مع الحفاظ على الموارد المائية، ومراعاة الظروف المناخية، نوعية التربة ونوعية المياه.

ان استخدام أساليب نوعية لتحديد الاحتياجات من المحاصيل تؤدي إلى زيادة كفاءة استخدام المياه، حيث تتناول هذه المذكرة التهيئة المائية الزراعية في المنطقة الجافة الواقعة بإقليم بلدية حاسي غانم بولاية غرداية، وذلك بالاعتماد على نظام السقي بالرش المحوري، الذي يعتبر نظاما ذو كفاءة عالية.

Résumé

Le présent mémoire a pour objectif, la projection d'un réseau de distribution de l'eau à travers le périmètre, qui permet d'obtenir un rendement élevé de la productivité. Cette technique d'irrigation, préserve les ressources hydriques, et en tient compte des conditions climatiques ainsi que de la qualité du sol et celle des eaux utilisées.

En utilisant des méthodes qualitatives on détermine les exigences de cultures et on assure une efficacité maximale de l'eau. Le mémoire traite l'aménagement hydro-agricole en zone aride dans la commune Hassi Ghanem wilaya de Ghardaïa en se basant sur le système d'irrigation par pivot qui est très efficient.

Abstract

This thesis construct a part of the projection of a water distribution network at the level of agricultural area , which allow obtaining a high yield of productivity, using the best techniques of irrigation, while preserving water resources and taking into account climatic conditions, soil quality and water quality. Using qualitative methods to determine the requisite of crops and presented a way that water efficiency is the best. This study management hydro-agricultural development in arid zone in the town Hassi Ghanem a region Ghardaia focussing on irrigation system PIVOT which is efficient.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction Générale.....1

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

I-1- Situation géographique Error! Bookmark not defined.

I-2- Climatologie Error! Bookmark not defined.

I-2-1-Temperature : Error! Bookmark not defined.

I-2-2-Pluviométrie Error! Bookmark not defined.

I-2-3-Humidité Error! Bookmark not defined.

I-2-4-Humidité relative : Error! Bookmark not defined.

I-2-5-Les vents Error! Bookmark not defined.

I-2-6- Insolation Error! Bookmark not defined.

I.2.7 - L'évaporation Error! Bookmark not defined.

I.2.8 - L'évapotranspiration de référence Error! Bookmark not defined.

I-2-9- Indices climatiques Error! Bookmark not defined.

I-2-9-1- Indice d'aridité De Martonne..... 8

I- 2-9-2- Quotient pluviométrique d'EMBERGER Error! Bookmark not defined.

I-2-9-3- Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN..... 11

I-3- L'agriculture Error! Bookmark not defined.

Conclusion..... 12

Chapitre II: Ressources en Eau et en Sol

II-1-Intoduction Error! Bookmark not defined.

II-2-Bassin du Sahara..... Error! Bookmark not defined.

II-3-Les grands ensembles géologiques du bassin..... Error! Bookmark not defined.

II-3-1-Le Continental intercalaire Error! Bookmark not defined.

II-3-2-Le Barrémien Error! Bookmark not defined.

II-3-3-L'Aptien Error! Bookmark not defined.

II-3-4-L'Albien Error! Bookmark not defined.

II-3-5-Le Cénomaniem Error! Bookmark not defined.

II-3-7-Le Turonien Error! Bookmark not defined.

II-3-8-Le Sénonien inférieurm Error! Bookmark not defined.

SOMMAIRE

II-3-9-Le Sénonien carbonaté	Error! Bookmark not defined.
II-3-10-Le Mio-Pliocène	Error! Bookmark not defined.
II-4-Géologie locale d’El Meniaa	Error! Bookmark not defined.
II-5- Aspect hydrogéologique	Error! Bookmark not defined.
II-6- Mesure de protection du captage	Error! Bookmark not defined.
II-7- Ressources en eau souterraines	Error! Bookmark not defined.
II-7-1-Nappes phréatiques	Error! Bookmark not defined.
II-7-2-Nappe du Continental Intercalaire	Error! Bookmark not defined.
II-7-2-1-Généralités :.....	Error! Bookmark not defined.
II-7-2-2-Exploitation de la nappe	Error! Bookmark not defined.
II-8-Qualité des eaux	Error! Bookmark not defined.
Conclusion	Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE III : Evaluation des Besoin en Eau des Cultures

III-1-Introduction	Error! Bookmark not defined.
III-2-Les besoins en eau du cultures	Error! Bookmark not defined.
III-2-1-l’évapotranspiration de référence ET0	Error! Bookmark not defined.
III-2-2- Evapotranspiration maximale ou de culture (ETc)	Error! Bookmark not defined.
III-2-3- Méthode de Penman et Monteith modifiée	Error! Bookmark not defined.
III-2-4-Etude fréquentielle des pluies et détermination de l’année de calcul	Error! Bookmark not defined.
defined.	
III-2-4-1- Homogénéité de la série pluviométrique	Error! Bookmark not defined.
III-2-4-1- Homogénéité de la série pluviométrique	Error! Bookmark not defined.
III-2-4-2- Etude de l’échantillon et choix du type de loi.....	Error! Bookmark not defined.
III-2-5- Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton):	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
III-2-5-1- Test de Khi carré pour la loi de Galton:.....	Error! Bookmark not defined.
III-2-5-2 Détermination de l’année de calcul.....	Error! Bookmark not defined.
III-2-5-3- Calcul des pluies efficaces (Peff).....	Error! Bookmark not defined.
III-2-6- Occupation des sols et choix des cultures	Error! Bookmark not defined.
III-2-6-1- La céréaliculture.....	Error! Bookmark not defined.
III-2-6-2- Cultures maraîchères.....	Error! Bookmark not defined.

SOMMAIRE

III-2-7- Assolement et rotation des cultures.....**Error! Bookmark not defined.**

III -3- Détermination des Besoins en eau des cultures :**Error! Bookmark not defined.**

III-3-1-Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement**Error! Bookmark not defined.**

III -3-2 - Les profondeurs d'enracinement.....**Error! Bookmark not defined.**

III-3-3- L'efficacité de l'irrigation**Error! Bookmark not defined.**

III-4- Estimation des besoins en eau totaux du périmètre : ...**Error! Bookmark not defined.**
defined.

III-5- Evaluation du débit caractéristique :**Error! Bookmark not defined.**

Conclusion :**Error! Bookmark not defined.**

CHAPITRE IV : Technique d'Irrigation des Cultures

IV-1- Introduction**Error! Bookmark not defined.**

IV-2- Description des différents modes d'irrigation .**Error! Bookmark not defined.**

IV-2-1- Irrigation de surface**Error! Bookmark not defined.**

IV-2-2- Irrigation localisée (gout à gout).....**Error! Bookmark not defined.**

Avantages**Error! Bookmark not defined.**

Inconvénients**Error! Bookmark not defined.**

IV-2-3- Irrigation par aspersion (Pivot).....**Error! Bookmark not defined.**

IV-3-Principe de l'irrigation par pivot**Error! Bookmark not defined.**

IV-3-1-Descriptif technique.....**Error! Bookmark not defined.**

a-L'élément central.....**Error! Bookmark not defined.**

b-L'alimentation en eau**Error! Bookmark not defined.**

c-Les tours et travées.....**Error! Bookmark not defined.**

c-1-Les tours.....**Error! Bookmark not defined.**

c-2-Les travées**Error! Bookmark not defined.**

c-3-La canalisation**Error! Bookmark not defined.**

d-L'alignement.....**Error! Bookmark not defined.**

e-L'armoire de commande.....**Error! Bookmark not defined.**

f-Les organes d'arrosage.....**Error! Bookmark not defined.**

g-Dispositifs particuliers**Error! Bookmark not defined.**

IV-4-Remarques importantes**Error! Bookmark not defined.**

SOMMAIRE

Conclusion : Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE V : Etude Technique de l'Irrigation par Pivot

V-1- Introduction..... Error! Bookmark not defined.

V-2- Choix du système d'irrigation Error! Bookmark not defined.

V-2-1-surface des parcelles Error! Bookmark not defined.

V-2-2-forme de la parcelle Error! Bookmark not defined.

V-2-3-pente du terrain Error! Bookmark not defined.

V-2-4-types de sol Error! Bookmark not defined.

V-2-5-permis d'urbanisme Error! Bookmark not defined.

V-2-6-approvisionnement en eau Error! Bookmark not defined.

V-2-7-qualité de l'eau Error! Bookmark not defined.

V-3-Calcul technique des parametres d'arrosage..... Error! Bookmark not defined.

V-3-1- zone arrosée par le pivot..... Error! Bookmark not defined.

V-3-2- Heures par rotation avec le minuteur au maximum: Error! Bookmark not defined.

V-3-3-Calcul de la dose journalière de pointe..... Error! Bookmark not defined.

V-3-4-Calcul du débit d'équipement de l'installation. Error! Bookmark not defined.

V-3-5-Règle du tour d'eau Error! Bookmark not defined.

V-3-6- hauteur d'application:..... Error! Bookmark not defined.

V-3-7- débit requis pour un arroseur de pivot donné. Error! Bookmark not defined.

V-3-8- taux d'application moyen..... Error! Bookmark not defined.

V-4-Les régulations de Pression..... Error! Bookmark not defined.

V-5-Calcul de la hauteur manométrique totale nécessaire Error! Bookmark not defined.

V-5-1-Calcul de la hauteur géométrique..... Error! Bookmark not defined.

V-5-2-Calcul des pertes de charges..... Error! Bookmark not defined.

Tableau V-10: calcul du valeur de λ Error! Bookmark not defined.

V-6-Calcul du diametre de la conduite de refoulement Error! Bookmark not defined.

V-7-Choix de la pompe Error! Bookmark not defined.

V-7-1-Calcul de la puissance de la pompe Error! Bookmark not defined.

SOMMAIRE

V-7-2-Calcul de la puissance totale de la pompeError! Bookmark not defined.

Conclusion.....Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE VI :Evaluation Economique et Financière du Projet

VI-1-Introduction	73
VI-2-les principaux composants des Pivots	73
VI-3-Les objectifs en investissant dans un pivot	73
VI-4-Eléments à prendre en compte lors de la conception d'un projet	74
VI-5-les compromis entre coûts d'investissement et coûts de fonctionnement :	74
VI-6-Choix des asperseurs :	74
VI-7-Le canon d'extrémité pour le Pivot :	75
VI-8-Comment gérer un pivot :	75
VI-8-1-Gestion de l'irrigation :	75
VI-8-2-Gestion des prairies :	75
VI-8-3-Ornières créés par les roues :	75
VI-9-Evaluation du cout du projet	76
VI-11-Valeur actualisée nette VAN	77
VI-12- Taux de rentabilité interne TRI	78
VI-13- Délai de récupération des capitaux DRC	78
VI-14-Rendements à l'hectare.....	79
VI-15-Valeur ajouté à l'hectare	79
Conclusion.....	79
CONCLUSION GENERALE.....	80

LISTE DU TABLAUX

LISTE DU TABLAUX

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I-1. Moyenne des températures station de Hassi Ghanem 1985/2010....	2
Tableau I-2. Moyenne des précipitations de la station de Hassi Ghanem.....	3
Tableau I-3. Moyenne des humidités de Hassi Ghanem.....	4
Tableau I-4 : Humidité relative de l'air (%) en année 2010 (ONM)	4
Tableau I-5. Vitesse moyenne mensuelle des vents 1999 à 2010 (ONM, 2011)	4
Tableau I-6. Moyenne des insolation station de Hassi Ghanem /2010	5
Tableau I.7 : Évaporation à la station d'EL Golea période1985-2010	5
Tableau I-8 : Evapotranspiration de référence(ET₀).....	7
Tableau I.9 : Classification du climat selon MARTON :	8

Chapitre II: Ressources en Eau et en Sol

Tableau II-1 : Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune ..	19
---	-----------

CHAPITRE III : Evaluation des Besoin en Eau des Cultures

Tableau III-1 :L'effet des facteurs climatiques sur les besoins en eau des cultures	23
Tableau III-2 : l'évapotranspiration de référence ET₀.....	25
Tableau III-3: Caractéristiques de la station pluviométrique.....	25
Tableau III-4: Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone	26
Tableau III-5: Test d'homogénéité de la série pluviométrique	28
Tableau III-6: Ajustement à la loi de Gauss (logiciel HYFRAN) :	29
Tableau III-7 : χ^2 théorique sur la table de Pearson (ENSH)	31
Tableau III-8: Ajustement à la loi de Galton (logiciel HYFRAN)	32
Tableau III-9: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.....	34

LISTE DU TABLAUX

Tableau III-10: Surfaces occupées par les différentes cultures.....	36
Tableau III-11: : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage.....	37
Tableau III-12 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures :..	37
Tableau III-13 :Les besoins en eaux du Blé	39
Tableau III-14 :Les besoins en eaux du Orge	40
Tableau III-15 :Les besoins en eaux du Pomme de Terre	41
Tableau III-16 :Les besoins en eaux du Oignon.....	42
Tableau III-17-18-19-20 :Les débits spécifiques des differents cultures.....	43
Tableau III.21 : Besoin en eau d'irrigation des cultures	44

CHAPITRE V : ETUDE TECHNIQUE DE L'IRRIGATION PAR PIVOT

TableauV-1 :la dose journalière du pointe du cultures.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-2 :débit d'installation du cultures	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-3 :temps nécessaire pour le tour du pivot	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-4 : règle de la tour d'eau pour les pivots	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-5: Nombre des forages et volumes d'exploitation par commun	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-6: débit requis pour un arroseur a l'entrée du travé de pivot (60.8ha)..	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-7 : débit requis pour un arroseur a l'entrée du travé de pivot(50.24ha)	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-8 : débit requis pour un arroseur de pivot(38.5ha) donné	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-9 :caractéristiques hydrodynamiques des forage (ANRH-Ghardaia).....	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-10: calcul du valeur de λ.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau V-11 :calcul du perte de charge du pivots	Error! Bookmark not defined.

LISTE DU TABLAUX

Tableau V-12 :Calcul de la hauteur manométrique

totale.....Error! Bookmark not defined.

Chapitre VI :Evaluation Economique et Financière du Projet

TableauVI-1 : évaluation du cout du projet(BNEDER-ALGER) 76

Tableau VI-2: Evolution des flux financiers(BNEDER ALGER)77

LISTE DU FIGURES

LISTE DU FIGURES

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Fig.I-1: Situation générale de ville EL MENE(AHASSI GHANEM)	1
Fig. I-2 :Moyennes mensuelles des températures (C°) période (1985/2010)	3
Fig.I-3-Précipitations moyennes mensuelles de Hassi Ghanem (1985-2010)	3
Fig. I-4- Vitesse moyenne mensuelle des vents (1985 à 2010)	5
Fig.I-5: L’histogramme de l’Évaporation à la station d’ EL Golea	6
Fig.I-6 :L’histogramme d’évapotranspiration de référence (ET0)	7
Fig.I-7: diagramme bioclimatique d’EMBERGER	10
Fig.I-8: diagramme de BAGNOULS ET GAUSSEN	11

Chapitre II: Ressources en Eau et en Sol

Fig.II -1- Extrait de la carte géologique	16
Fig II-2 :Coupe lithologique & technique du forage	17
Fig. II-3- Ressources en eau souterraines (CI) région de Hassi Ghanem	Error!
Bookmark not defined.	
Fig.II-4- évolution rapide du nombre des forages région de Ghardaia	19
Fig. II-5- évolution rapide du nombre des débits de forages	20
Fig.II-6 :Variation du résidu	20

CHAPITRE III : Evaluation des Besoin en Eau des Cultures

FigIII-1:Schema explicatif d’évapotranspiration de reference ET0	22
Fig III-2: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss	30

CHAPITRE IV : Technique d’Irrigation des Cultures

LISTE DU FIGURES

- Fig IV-1 :L'irrigation des palmiers par rigoles Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-2 :Schéma représentatif d'in réseau localise (goute a goute)Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-3 : Disposition possible d'une couverture par pivot ..Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-4: Schéma de principe d'un pivot Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-5: L'élément central (appelé aussi axe ou pivot)Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-6 : Bâche de reprise et station de pompage... Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-7: Tours, travées et porte-à-faux Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-8 : Schéma du dispositif d'alignement..... Error! Bookmark not defined.**
- Fig IV-9 : Schéma d'armoire de commande du pivotError! Bookmark not defined.**
- Fig IV-9: Canon d'extrémité Error! Bookmark not defined.**

LISTE DU PLANCHES

Planche N° 1 :

Plan de situation de périmètre de Hassi Ghanem-commune de Meniaa W. Ghardaia.

Planche N° 2 :

Plan de réseau d'irrigation de périmètre de Hassi Ghanem-commune de meniaa W. Ghardaia.

Planche N° 3 :

Plan de l'asselement du cultures de périmètre de Hassi Ghanem-commune de meniaa W. Ghardaia.

Planche N° 4 :

Profil en long de la conduite principal à partir de forage 01 du périmètre de Hassi Ghanem -secteur03- commune de Meniaa-W.Ghardaia.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans les pays semi-arides, l'eau disponible pour l'agriculteur est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

L'Algérie est confrontée à une agriculture toujours extensive, et une irrigation traditionnelle, qui s'est répercutée sur l'économie nationale avec comme conséquences une importation des produits alimentaires toujours important particulièrement les céréales malgré les grandes potentialités dans le domaine qui permet même d'exporté les denrées agricoles à l'étranger.

L'extension des superficies irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.

Un tel objectif permet d'espérer un accroissement du revenu national, une économie de devises, une augmentation des revenus des exploitants, une création d'emplois ainsi qu'une consolidation de la sécurité alimentaire.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet le périmètre situé à Hassi Ghanem-DAIRA de Meniaa dans la wilaya de GHARDAIA est une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture relativement résistant et extensive adéquat a la région.

La mobilisation de l'eau à partir des forages existant dans le périmètre peut permettre actuellement la mise en place d'un système distribution d'eau adéquat à travers l'ensemble du périmètre et une irrigation moderne économique pouvant subvenir les besoins en eau de tout le périmètre et augmenter les rendements des spéculations agricoles ainsi que la préservation des ressources hydrique couteuse dans la région.

Ainsi notre travail consiste à étudier le dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Hassi Ghanem moyennant techniques et lois hydrauliques applicables à nos conditions naturelles et techniques.

CHAPITRE I

Analyse des Conditions Naturelle

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

I-1- Situation géographique

El Meniaa, s'étend sur une superficie de 27 000 km², c'est une oasis rattachée la wilaya de Ghardaïa et se trouvant à mi-chemin sur l'axe routier "Alger-Tamanrasset".

Elle occupe un couloir entre la falaise et les dunes de l'erg occidental ; couloir qui correspond au prolongement de l'Oued – Seggeur provenant de l'Atlas saharien. El Meniaa est à une altitude de 397m au-dessus de la mer, avec une longitude de : 2° 52' 47'' Est et une latitude de : 30° 35' 20'' Nord. Concernant les limites géographiques, elle se trouve presque dans le centre de sahara septentrional; limitée au Nord par la daïra de Hassi Lefhal, au Sud par la daïra de Hassi El Gara, à l'Est par le Hamada de Ouargla et à l'Ouest par l'Erg- occidental. Elle compte plus de 40 195 habitants soit une densité de population de 1.5 habitants/km². L'ensemble d'EL-MENEA est une oasis splendide née sur le lit d'Oued SEGGEUR, deux éléments marquent l'existence d'un noyau à forte concentration dans une région aride : la nappe phréatique et la flore oasis sienne.

Il est destinant du littoral ALGER de 900Km du pied de l'Atlas Saharien. Le site est un lieu de transit important vers le grand sud saharien et le NIEGER.

Les Oasis voisines sont :

- AIN SALAH à 400Km au Sud.
- GHARDAIA à 270Km au Nord Est.
- OUARGLA à 110Km a l'Est.

Il constitue actuellement un lieu rencontre des voies venant du coté Ouest du Saoura (ADRAR, TIMIMOUN) et du plein sud (TAMANRASSET, AIN SALAH et NIGER) et la route nationale projetée de l'Est (HASSI MESSAOUD, OUARGLA), sa position géographique et géostratégique attire les populations voisines, comme elle permet d'établir un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la Wilaya, et lui offre un statut d'une zone militaire importante.

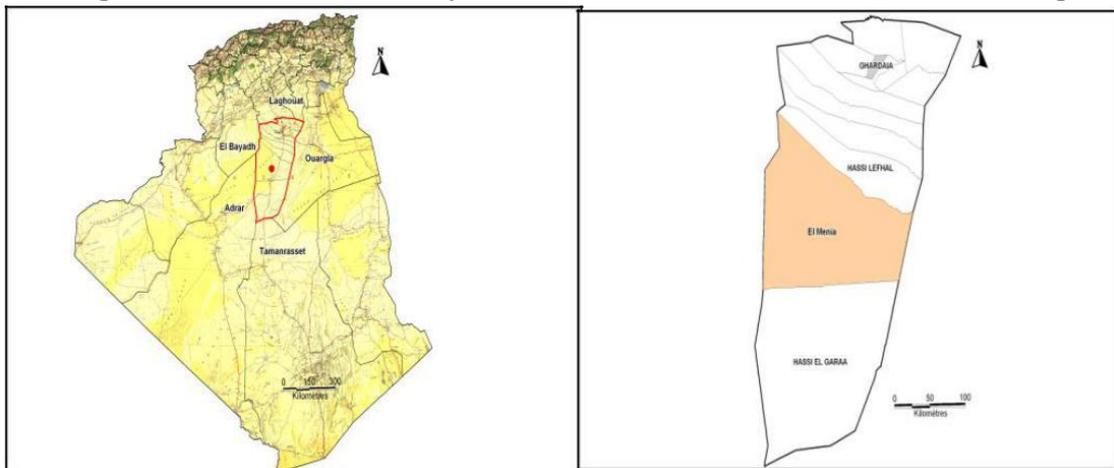


Fig.I-1: Situation générale de la ville EL MENEA (HASSI GHANEM)

I-2- Climatologie

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques a savoir : température, vent, précipitation, l'humidité relative, nébulosité et l'évaporation influent sur les cultures envisagées dans leurs cycle végétatifs et sur leurs besoins en eau et c'est pour ce la que le climat est l'un des factures qui entre dans le choix des cultures.

La région est caractérisée par un climat saharien à hiver doux, une saison sèche avec des chaleurs fortes surtout durant le jour, des écarts de températures journalières importants, une intensité et une fréquence des vents élevées et une pluviométrie annuelle très faible et insuffisante.

Pour mener l'étude climatologique, nous avons utilisé les données de la station OMN d'El Meniaa sur une période allant de 1985 à 2010.

I-2-1-Temperature :

Les températures dans de la région de Hassi Ghanem sont très élevées, elles peuvent dépasser les 45°C avec une grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été, juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 47,70°C. Par contre, le mois le plus froid est janvier avec une moyenne de de 2,86°C

Moyenne mensuelle des températures (en °C) :

	Jan.	Fév.	Mars	Avril.	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Min.	2,86	5,06	9,58	13,87	19,02	23,56	26,99	26,25	22,44	16,97	8,8	4,14
Moy.	9,89	12,53	17,63	21,61	26,85	31,63	35	34,08	28,88	24,38	16,5	11,28
Max.	18,8	22,17	28,46	32,55	38,47	44,02	47,7	46,48	41,37	35,26	26,07	20,42

Tableau I-1. Moyenne des températures station de Hassi Ghanem 1985/2010 (ONM, 2011)

$$\text{Avec : } T_{moy} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \quad (\text{I-1})$$

m : Moyennes mensuelles des minimal.

M : Moyennes mensuelles des maximal.

$\frac{m+M}{2}$: Valeurs moyennes mensuelles des maximal et des minimal.

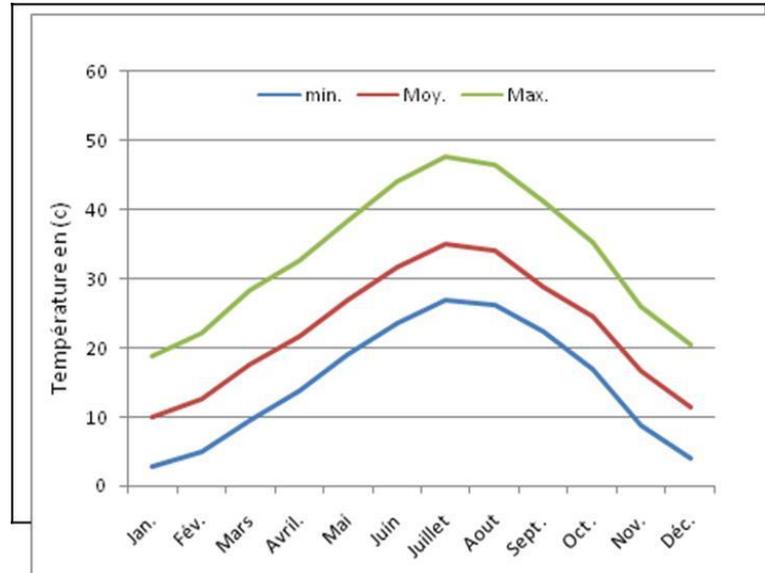


Fig. I-2 :Moyennes mensuelles des températures (C°) période (1985/2010)

I-2-2-Pluviométrie

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Elles varient entre 0.81mm et 16,57mm avec une moyenne annuelle de 6,43mm le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze jours entre les mois de Janvier et Mars. Les pluies sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnel.

Moyenne mensuelle des précipitations (en mm) :

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept .	Oct .	Nov.	Déc.	Cumul (mm)
P(mm)	10.32	0.81	8.48	11	3.53	6.30	2.82	1.50	2.52	16.57	6.39	6.94	77.72

Tableau I-2. Moyenne des précipitations de la station de Hassi Ghanem 1985/2010 (ONM, 2011)

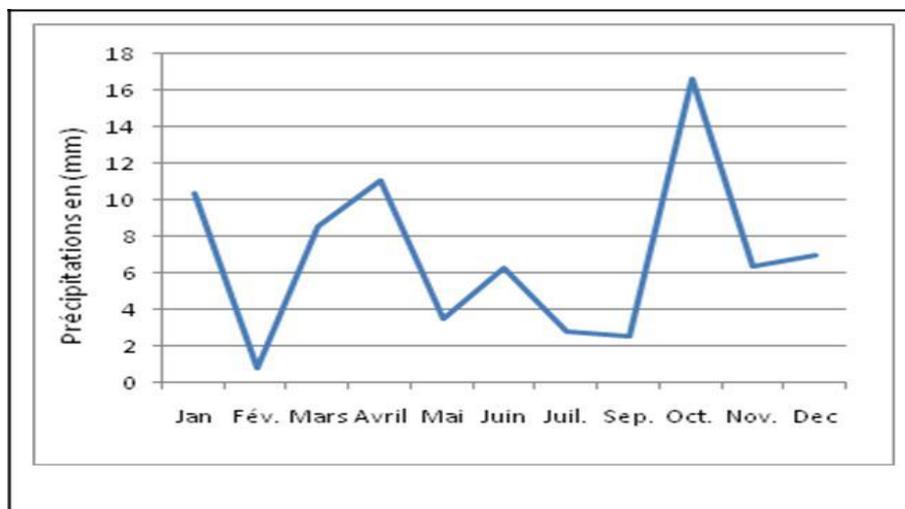


Fig.I-3-Précipitations moyennes mensuelles de Hassi Ghanem (1985-2010)

I-2-3-Humidité

Dans le Sahara, la moyenne des humidités est rarement supérieure à 65% et peut descendre au dessous de 30%. La moyenne des humidités la plus élevée est enregistrée au mois de janvier avec un taux de 61,18% et la plus faible au mois de Juillet avec une valeur 22,13%.

Moyenne mensuelle des humidités :

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
H(%)	61.18	47.27	38.28	30.55	28.48	24.68	22.13	24.60	32.97	42.08	53.72	61.61

Tableau I-3. Moyenne des humidités de Hassi Ghanem 1985 à 2010 (ONM, 2011)

I-2-4-Humidité relative :

L’humidité relative de l’air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l’évaporation du sol et la couverture végétale.

Les résultats d’observation sont représentés dans le tableau suivant :

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H%	54	42	36	31	26	22	20	22	29	39	48	55

Tableau I-4 : Humidité relative de l’air (%) en année 2010 (ONM)

L’humidité relative de l’air varie entre un maximum de 55% en Décembre et un minimum de 20 % en juillet, caractérisant un climat sec durant toute l’année où l’agriculture sans irrigation n’est pas possible.

I-2-5-Les vents

Les vents dominants d’été sont forts et chauds tandis que ceux d’hiver sont froids et humides. Les vents de sable sont très fréquents dans la région d’El Menia surtout pendant le printemps, les mois d’Avril, Mai et Juin.

L’analyse du tableau 4, montre que la vitesse moyenne des vents enregistrée à El Menia est de 16,57 km/h annuellement avec un maximum de 34,78 km/h pour le mois de juin.

Moyenne mensuelle de vitesse des vents :

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
V(Km/h)	12.80	15.04	15.46	18.03	19.78	34.78	15.41	14.41	15.90	13.51	11.52	12.53

Tableau I-5. Vitesse moyenne mensuelle des vents 1999 à 2010 (ONM, 2011)

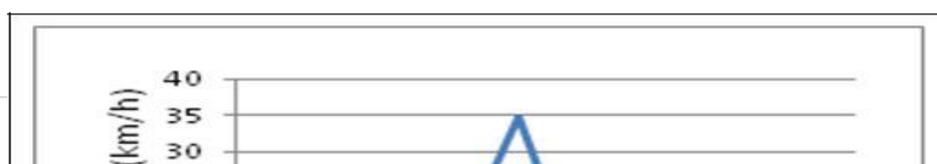


Fig. I-4- Vitesse moyenne mensuelle des vents (1985 à 2010)

I-2-6- Insolation

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau ci-après :

Insolations moyennes journalières :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	4.43	6.00	7.09	7.65	9.66	10.12	11.29	10.58	9.29	7.07	5.32	4.09

Tableau I-6. Moyenne des insolations station de Hassi Ghanem /2010 (ONM, 2011)

I.2.7 - L'évaporation

L'évaporation est l'ensemble des phénomènes naturels qui, par un processus spécifiquement physique, transformation l'en vapeur et la renvoie dans l'atmosphère.

Les données de l'évaporation mensuelle à la station El Golea sont indiquées dans le tableau suivant :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Evaporation (mm)	126.9	152.4	233.1	289.1	364.1	411.2	432.6	421.6	320.5	263.8	185.5	122.6	288.8

Tableau I.7 : Évaporation à la station d'EL Golea période1985-2010 (ANRH GHARDAIA)

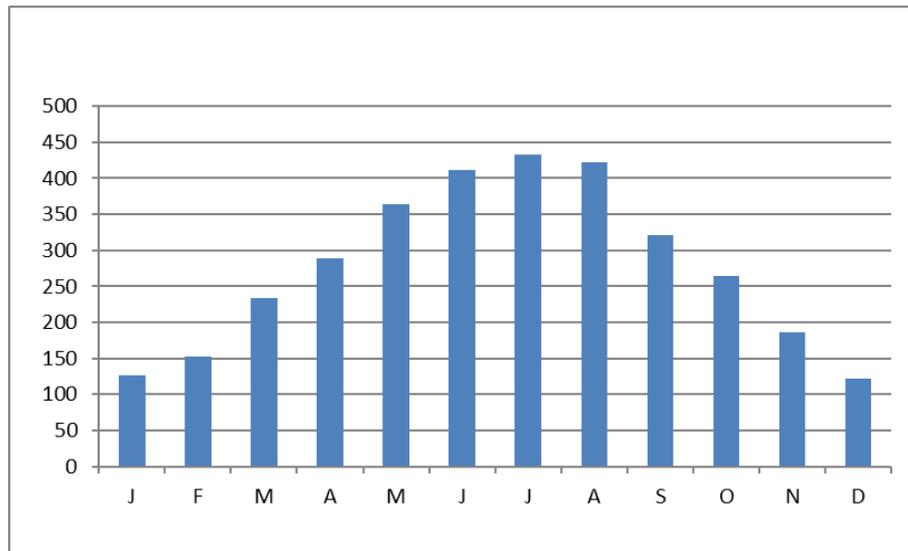


Fig.I-5: L'histogramme de l'Évaporation à la station d' EL Golea période1985-2010

Compte tenu de la température et de l'insolation qui sont très élevées, de la pluviométrie et de l'humidité relative de l'air qui est très basses, il est normal que l'évaporation soit forte.

I.2.8 - L'évapotranspiration de référence

Les principaux facteurs qui conditionnent l'évapotranspiration sont : les températures, les précipitations, l'état du sol et la végétation.

L'évapotranspiration de référence est calculée par le biais du logiciel CROPWAT en utilisant la méthode de penman-monteith.

Le tableau suivant donne les valeurs moyennes mensuelles en mm/mois calculée dans une période de 25ans (1985-2010)

Mois	T Moy (°C)	Humidité (%)	Vent(m/s)	Insolation(h)	Ray. (MJ/m ² /jour)	ETo (mm/mois)
Janvier	11.4	57	3	7.6	22.7	118.15
Février	14	45	3.33	8.1	22.2	128.34
Mars	18.3	39	3.9	7.9	19.6	168.05
Avril	23	30	4.8	9.4	18	206.78
Mai	28.1	25	5.1	9.1	14.5	246.58
Juin	36.1	22	4.6	10.6	14.3	239.47
Juillet	35.1	19	4.3	10.9	15.2	267.29
Août	34.1	21	4	10.2	17.4	267.52
Septembre	30.7	28	4.1	8.6	19.1	252.07
Octobre	24.1	38	3.6	8.4	21.7	207.52
Novembre	15.8	47	3.2	7.9	22.7	146.42
Décembre	11.2	54	3.3	6.9	21.8	120.53
Moyenne	23.1	35	3.9	8.8	19.1	197.39

Tableau I-8 : Evapotranspiration de référence(ET0)

On applique les donnés de l'évapotranspiration dans l'histogramme suivant :

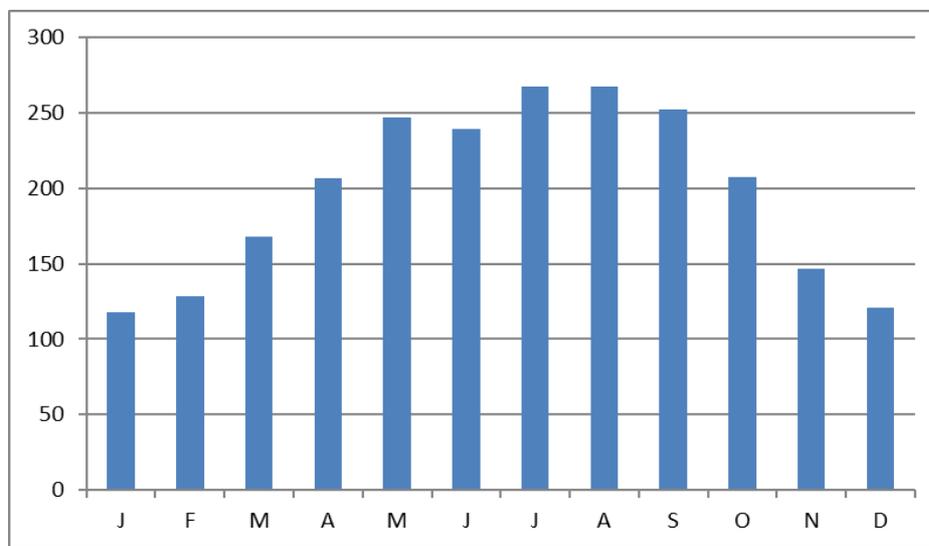


Fig.I-6 :L'histogramme d'évapotranspiration de référence (ET0)

L'histogramme de l'évapotranspiration de référence ET0 donne une décroissance de la valeur 267.52mm au mois Août jusqu'à 118.15mm au mois de Janvier. Deux périodes sont distinguées.

Période à fort évapotranspiration entre les mois de Mai et Septembres.

Période à faible évapotranspiration Décembre à Février.

I-2-9- Indices climatiques

I-2-9-1- Indice d'aridité De Martonne

L'indice d'aridité De Martonne définit comme le degré de sécheresse du climat et par conséquent il nous oriente dans le choix des cultures.

Il est calculé par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{(I-2)}$$

Avec : I : Indice De Martonne

P : Précipitation annuelle en (mm)

T : Température moyenne annuelle

$P=77.72 \text{ mm}$ $T=11.28$ $IA = ((77.72/(11.28+10))$ d'où $IA=3.65$

Tableau I.9 : Classification du climat selon MARTON :

Valeur de IA	Type de climat	Irrigation
IA < 5	Désertique	Indispensable
5 < IA < 10	Très sec	Indispensable
10 < IA < 20	Sec	Souvent Indispensable
20 < IA < 30	Relativement humide	Parfois utile
IA > 30	Humide	Inutile

$I_A = 3.65$ donc $I_A < 5$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime du climat est Désertique et l'irrigation est indispensable.

I- 2-9-2- Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport (P/E) qui est inférieur 0,20 dans notre cas :

$$Q = \frac{1000}{(M + m) M - m} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2} \quad \text{(I-3)}$$

2

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER.

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

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

m : moyenne des minimas du mois le plus froid (en °K).

Pour :

P=77.72 mm ; M=293.42°K; m=277.14 °K. D'où : Q = 0.60

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir Figure (I-5), on peut dire que le climat de notre région est un climat Saharien, un hiver sec et froid en hiver et très chaud en été.

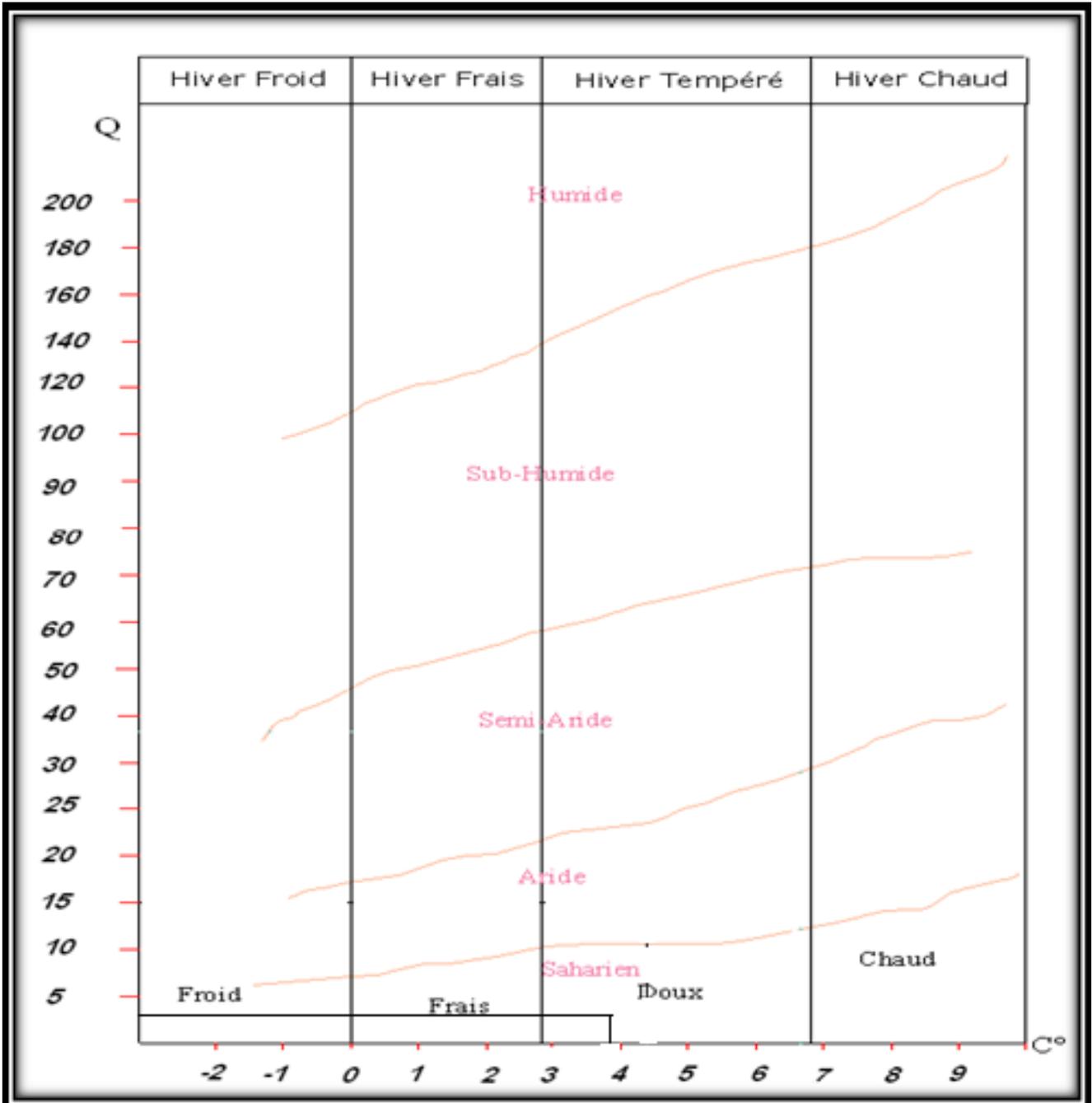


Fig.I-7: diagramme bioclimatique d'EMBERGER

I-2-9-3- Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN

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

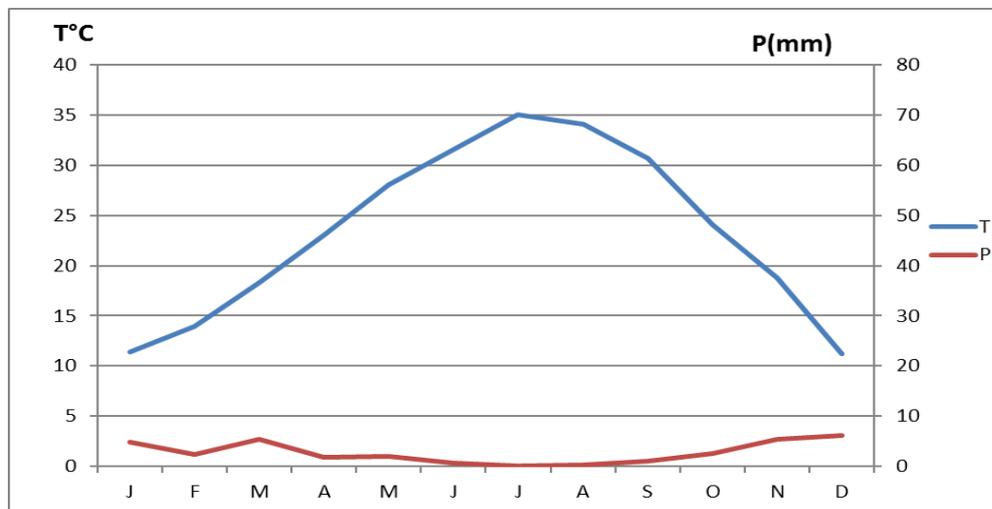


Fig.I-8: diagramme de BAGNOULS ET GAUSSEN

Description du graphe :

La différence des abscisses nous donne la durée de la saison.

Les deux courbes ne croisent pas ; donc il y a 1 seule saison durant l'année c'est la saison sèche (janvier jusqu' à décembre).

La saison humide n'existe pas dans la région EL GOLEA(HASSI Ghanem).

I-3- L'agriculture

Une superficie totale de 1.652 hectares, irriguée sous pivots et répartie sur une vingtaine d'exploitations céréalière de la wilaya de Ghardaïa, a été consacrée à la culture du maïs en grain, dont l'opération d'ensemencement a débuté fin juillet dernier, apprend-on auprès des services agricole (DSA) de la wilaya. Cette superficie a été réservée à la culture du maïs en grain, à la faveur d'une convention signée dernièrement entre 21 exploitants privés de Ghardaïa et l'office national d'aliment de bétails (ONAB), dans le cadre d'une stratégie mise en place par le ministère de l'agriculture en vue d'encourager et d'intensifier la culture du maïs, en grain et fourrager, pour réduire la facture d'importation d'aliments de

bétail et permettre l'essor en Algérie des filières lait et viandes (rouge et blanche), précisent les services de la DSA .

Cette convention a été élaborée suite à des campagnes de sensibilisation par l'ONAB pour inciter les agriculteurs de Ghardaïa à s'insérer dans la stratégie de développement et d'intensification de la culture du maïs en grain et fourrager, a signalé un responsable de la DSA.

Les responsables locaux de l'agriculture prévoient pour cette campagne 2013 une récolte de plus de 11.800 tonnes de maïs en grain et une importante production fourragère, un aliment essentiel pour le cheptel bovin laitier de Ghardaïa estimé actuellement à plus de 3000 têtes. Une production globale de 60.000 quintaux de maïs avait été engrangée dans la wilaya de Ghardaïa, la saison écoulée (2012), sur une superficie emblavée de 566 hectares, a-t-on rappelé. La première expérience pilote de culture de maïs en grain et fourrager dans la wilaya de Ghardaïa a été effectuée sur une surface agricole de 100 hectares en 2011, avant d'être étendue dans le cadre de la nouvelle politique agricole destinée à réduire les importations et élargir la gamme de production de céréales. Considéré comme principal intrant dans la fabrication d'aliments de bétail et de volaille, les besoins de l'Algérie en ce produit (maïs) sont dépendants exclusivement du marché international dont les cours ne cessent d'augmenter et se répercutent sur les prix des productions animales (viandes, lait, œufs), indique-t-on.

Conclusion

On déduit de l'analyse climatique que la zone d'étude est caractérisée par un climat à deux saisons bien distinctes.

Une saison chaude longue et sèche, allant d'Avril jusqu'Octobre coïncidant avec la saison estivale.

Une saison froide à précipitations très faible et coïncidant avec la saison hivernale.

Il ressort de cette synthèse climatique que la région est régie par climat saharien très aride, où le recours aux eaux souterraines est une nécessité obligatoire pour subvenir aux demandes croissantes des différents secteurs AEP , en particulier le secteur de l'agriculture et l'industrie des eaux minérales.

L'irrigation est indispensable et nécessaire de toute activité agricole dans ce type de climat , On pratique une agriculture convenable aux conditions climatiques et agro-sociales de la région.

CHAPITRE II

Ressources

en Eau et en Sol

Chapitre II: Ressources en Eau et en Sol

II-1-Intoduction

Le rapport constitue une synthèse des résultats de l'inventaire des forages et enquête sur les débits extraits, réalisé en 2011 à travers la wilaya de Ghardaïa. L'objectif de cet inventaire est d'évaluer les volumes d'eau prélevés à partir de l'aquifère profond du Continental Intercalaire ; principale ressource en eau de la région.

L'inventaire fait état de 565 forages exploités (CI), dont 426 sont en service fournissant un débit qui vaut 387,86 Hm³/an et 92 forages exploitables pouvant produire un volume annuel de 85,65 millions de m³. Cette évaluation quantitative des prélèvements sur la nappe du CI constitue un élément important de la gestion des ressources et également un paramètre indispensable au calage des modèles mathématiques.

Les informations recueillies sur le terrain (caractéristiques des forages, positionnement à l'aide du GPS, débit exploité, fréquence de pompage...etc.) permettent d'actualiser la base de données et constituent donc un document de base pour toutes les études hydrogéologiques ultérieures.

Le développement agricole et l'accroissement de la population dans la wilaya de Ghardaïa ont engendré une demande importante en eau. A cet effet, une mobilisation de la ressource en eau par des forages s'est avérée nécessaire.

Pour une meilleure quantification de la ressource en eau, l'ANRH a réalisé l'inventaire systématique de l'ensemble des points d'eau sur le territoire de la wilaya de Ghardaïa avec la détermination de certains paramètres nécessaires pour la gestion de la ressource en eau souterraine. Ainsi que des prélèvements d'échantillons d'eau pour analyses physico-chimiques au laboratoire.

En outre, il a été réalisé également un inventair des forages illicites pour leur éventuel bouchage dans la région d'El Menia.

II-2-Bassin du Sahara

La géologie du Sahara est marquée par la présence de deux grands ensembles géologiques séparés par d'épaisse séries évaporitiques et argileuses de la base de Crétacé supérieur. L'ensemble inférieur (anti-Cénomaniens) contient de puissantes séries continentales argilo-gréseuses.

L'ensemble supérieur (post -Sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une série plus ou moins épaisse du Mio-pliocène. Cette distinction à servi de base à la définition des deux séries sédimentaires à savoir :

- La série du continental intercalaire (CI).
- La série du complexe terminal (CT).

II-3-Les grands ensembles géologiques du bassin

L'étude lithologique des grands sondages réalisés dans les divers contrées du bassin, ont permis la description stratigraphique des principales formations. De bas en haut on distingue :

II-3-1-Le Continental intercalaire

Il occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien. Dans la zone d'étude, on distingue de bas en haut :

II-3-2-Le Barrémien

Ces formations se présentent sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles provenant apparemment du Sud (Hoggar). Les bancs carbonatés sont peu nombreux et cantonnés au Nord-Est du Sahara algérien, dans la région des daïas et le Nord du Mzab.

L'épaisseur des sédiments varie notablement d'un point à l'autre. Elle est forte dans les zones subsidentes du Bas-Sahara (Laghoua: 800-1100m), faible sur les môles (El Abiod, Gassi Touil, Rh. El Baguel : 100-300m) et les zones de bordure orientale et sud-Ouest.

II-3-3-L'Aptien

Représente un bon repère lithologique dans les sondages. Il est formé par 20 à 30 m en moyenne de dolomies alternant avec des lits d'anhydrite, d'argiles et de lignite (sédimentation lagunaire).

Cette barre dolomitique aptienne est caractérisée, dans le Sahara algérien, par une très grande homogénéité de faciès et d'épaisseur.

II-3-4-L'Albien

L'Albien est caractérisé par un retour massif de la sédimentation terrigène. Cet étage regroupe la masse des sables et argiles comprise entre la barre aptienne et l'horizon argileux sous-jacent attribué au Cénomaniens. L'Albien gréseux est formé de grès fins avec quelques intercalations carbonatées. Vers les bords du bassin (Tinrhert et Tademaït) les sédiments deviennent plus grossiers.

II-3-5-Le Cénomaniens

Il est argileux dans le Tinrhert et le Bas-Sahara tandis que le Cénomaniens supérieur est calcaireux.

II-3-6-Le complexe terminal

Le complexe terminal (CT) désigne le nom le groupe de formations géologiques relativement récentes en dehors du Quaternaire, et qui se sont déposées dans le bassin du Sahara septentrional.

Les formations géologiques concernées sont d'âge :

II-3-7-Le Turonien

Généralement carbonaté, il est constitué par des calcaires dolomitiques, son épaisseur reste variable d'un endroit un autre.

II-3-8-Le Sénonien inférieur

A sédimentation lagunaire caractérisé par des formations argileuses et salifères à anhydrite et sel gemme.

II-3-9-Le Sénonien carbonaté

Il est constitué de calcaires et dolomies avec quelques alternances argileuses. Cette formation se termine avec la sédimentation calcaire du Maestrichtien qui se poursuit jusque dans l'Eocène qui constitue le dernier épisode marin du Sahara algérien.

II-3-10-Le Mio-Pliocène

Peut être relativement épais (150m). Il se présente sous forme d'un faciès sableux et argileux avec du gypse. Dans le Bas-Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses L'épaisseur du Mio-pliocène varie généralement entre 100 et 200 m.

II-4-Géologie locale d'El Meniaa

La zone d'étude est située au centre de Sahara septentrional, sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire, les formations géologiques affleurant sont couramment liées au Crétacé supérieur.

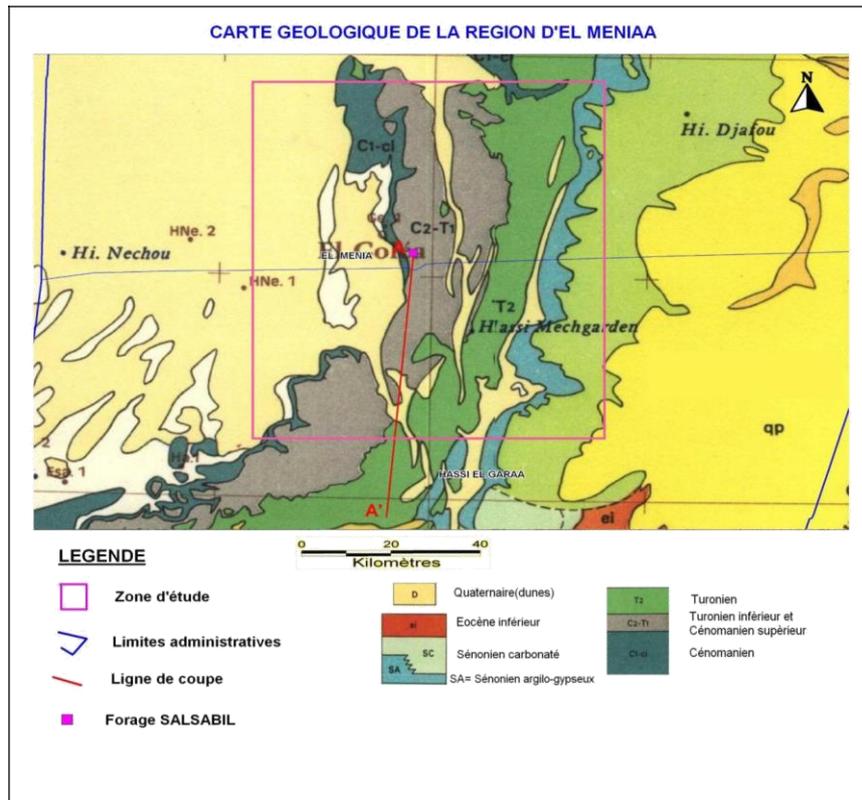


Fig.II -1- Extrait de la carte géologique 1/2.000.000 (G. Busson 1967)(ANRH Ghardaia)

II-5- Aspect hydrogéologique

Du point de vue géologique, la région de Meniaa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 45 mètres.

Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 165 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens.

L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 210 mètres.

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond de la vallée d'El Meniaa d'une épaisseur variant de l'amont à l'aval de 10 à 20 mètres.

Ces alluvions abritent une nappe superficielle d'Infero-flux (nappes phréatiques) exploitée que rarement actuellement.

Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia).

II-6- Mesure de protection du captage

Etant donné que la nappe exploitée par l’ouvrage est captive, l’épaisse couche d’argile cénomaniennne lui confère une parfaite protection contre toute source de pollution percolant de la surface.

Néanmoins la tête de l’ouvrage doit être assurée contre toute éventuelle pollution. Une meilleure protection du captage d’eau sera un périmètre de type PPI : Périmètre de protection immédiat, il comprend le captage lui-même et les terrains directement environnants qui devront appartenir au détenteur du captage. Une limite éloignée de quelques mètres de l’ouvrage de captage est largement suffisante pour assurer une bonne protection. A l’intérieur de ce périmètre doit être empêché entre autres ; toute pénétration directe de polluants dans le captage ; ou toute dégradation ou la destruction des installations.

l’arrivée au captage de germes et de virus pathogènes, ainsi que de liquides pouvant polluer les eaux, comme l’essence ou le mazout.

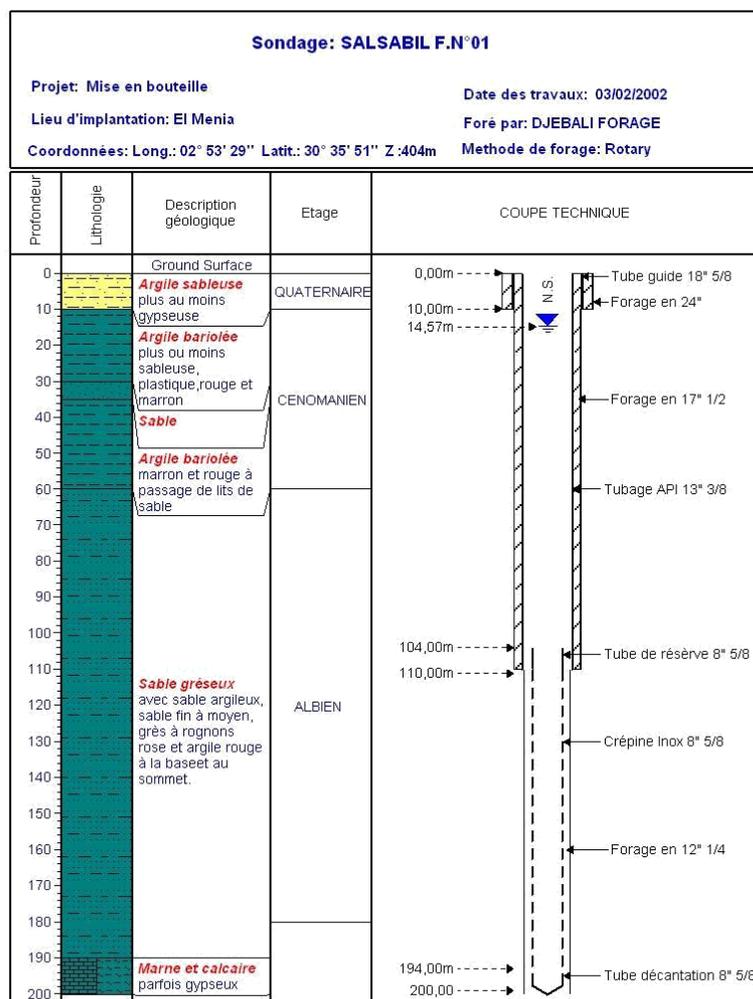


Fig II-2 : Coupe lithologique & technique du forage (rapport de la fin de sondage)

II-7- Ressources en eau souterraines

II-7-1-Nappes phréatiques

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers

L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie.

La qualité chimique des eaux est comme suit :

à l'amont, elle est bonne à la consommation.

à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines.

II-7-2-Nappe du Continental Intercalaire

II-7-2-1-Généralités :

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grès-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est.

L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique.

La nappe du CI, l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est :

Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).

Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia).

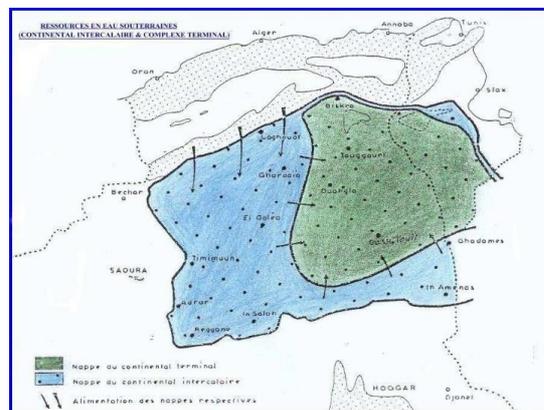


Fig. II-3- Ressources en eau souterraines (CI) région de HassiGhanem (ANRH-Ghardaia)

II-7-2-2-Exploitation de la nappe

II-7-2-2-1-Nombre de forages

La wilaya de Ghardaïa a connu une évolution rapide du nombre des forages captant la nappe de l’Albien. Le nombre qui était de 288 forages en 1999, est passé à 292 en 2002, 345 en 2005, pour atteindre les 565 forages en 2011.

Cette augmentation est due essentiellement, au lancement des programmes de mise en valeur des terres agricoles à travers le territoire de la wilaya, ainsi que pour satisfaire les besoins en eau de la population grandissante.

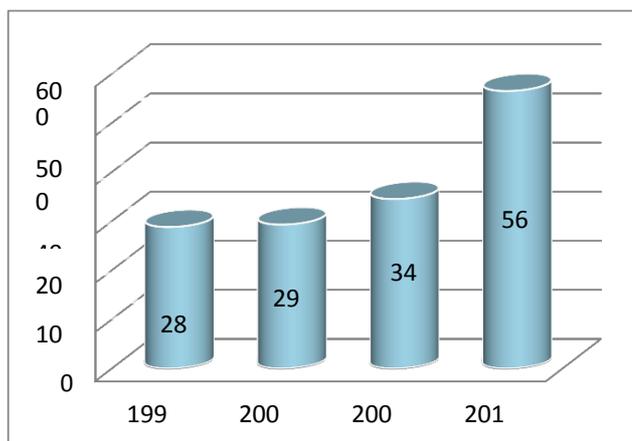


Fig.II-4- évolution rapide du nombre des forages région de Ghardaia (ANRH-Ghardaia)

Le Tableau ci-dessous récapitule l’exploitation de la nappe du C.I dans les localités principales de la région :

Tableau II-1 : Nombre des forages et volumes d’exploitation par commune

Communes	Nombre de forages			Débit moyen (l/s)	Volume soutiré hm³/an	Prof moyen (m)	Destination
	Total	Exploités	N Exploités				
Bounoura	18	13	3	30	7.73	500	AEP+IRR+ AEI
El Atteuf	21	16	3	25	6.70	500	AEP + IRR
Ghardaia	41	27	7	30	14.90	500	AEP+IRR+ AEI
Daya bendahoua	20	9	8	20	2.48	500	AEP + IRR
Berriane	22	12	6	30	7.59	500	AEP+IRR+ AEI
Metlili	39	25	12	80	13.42	500	AEP + IRR
Sebseb	14	10	4	60	4.00	450	AEP + IRR
Mansourah	21	16	5	45	13.23	450	AEP + IRR
Hassi F'hel	40	33	6	20-70	59.47	450	AEP+IRR+ AEI
El Meniaa-Hassi Ghanem	262	209	34	30	178.07	250	AEP+IRR+ AEI

II-7-2-2-2- Evolution des débits mobilisés de 1999 à 2011

Les données d’inventaires de 1999 et 2005 ont montré une élévation rapide du volume d’eau soutiré de la nappe au cours de cette période, passant de 179,3 millions de m³/an en 1999, 213,96 millions de m³ par an en 2005, à 387,86 millions de m³/an en 2011.

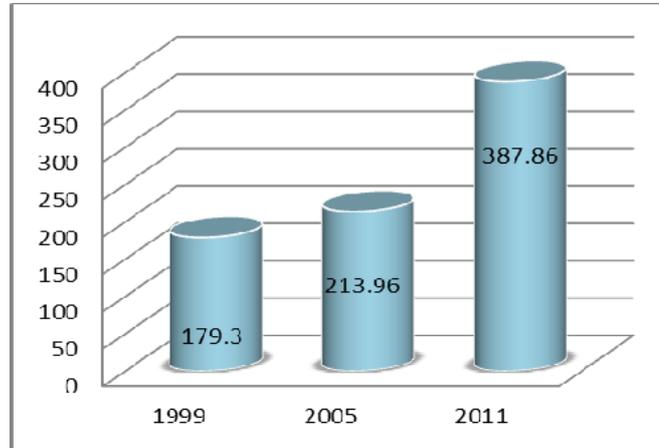


Fig. II-5- évolution rapide du nombre des débits de forages région de Ghardaia (ANRH-Ghardaia)

Cette augmentation du volume d’eau mobilisé s’explique par l’accroissement de programmes du développement agricole (renforcement, GCA et APFA) d’une part, et les besoins à satisfaire de l’alimentation en eau potable de la population d’autre part.

II-8-Qualité des eaux

La comparaison des quantités de minéraux contenus dans les eaux de la région et les normes nationales et celles de l’OMS montre que ces eaux sont bonnes pour la consommation.

les eaux, à l’exception de celles d’El Meniaa qui sont extrêmement douces, ne sont pas trop chargés (R.S variant entre 1 et 1,8g/l) et présentent un faciès chimique de type sulfaté magnésien et parfois sulfaté chloruré magnésien.

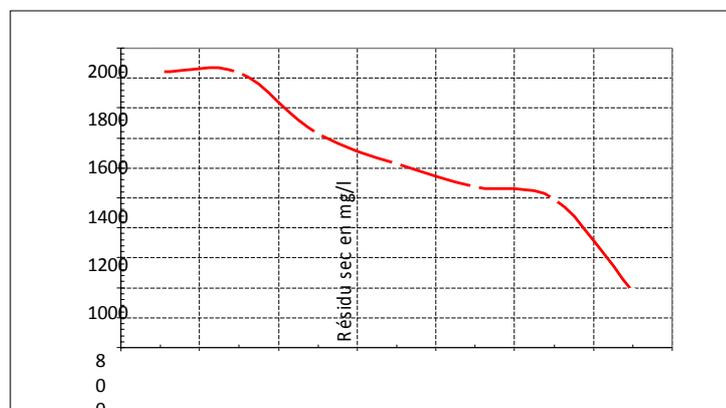


Fig.II-6 :Variation du résidu sec à travers les localités de Hassi Ghanem

Conclusion

L'inventaire des forages d'eau réalisé en 2011 nous a permis d'inventorier l'ensemble des forages à travers la wilaya de Ghardaïa et d'évaluer les volumes extraits de la nappe du Continental Intercalaire (CI), ces volumes extraits sont utilisés dans les trois secteurs (AEP, Agriculture et Industrie) et par zone d'exploitation.

Les résultats obtenus de cette opération d'inventaire à travers l'ensemble de la wilaya de Ghardaïa ont montré la surexploitation de la ressource dans certaines zones qui a engendré un rabattement considérable du niveau hydrostatique de la nappe albienne (chute de pression dans les zones artésienne et rabattement remarquable dans les zones de pompages). Cette situation inquiétante a provoqué l'accroissement rapide des niveaux d'eau des nappes phréatiques vers la surface du sol notamment dans la zone d'El Meniaa.

En définitif, afin de préserver cette précieuse ressource que nous savons communément qu'elle est fossile jadis non renouvelable, il est recommandé de diminuer le plus possible la réalisation de nouveau forages, de valoriser l'utilisation des volumes d'eau soutirés dans l'agriculture par l'emploi des techniques modernes dans l'irrigation et enfin, de remédier à la situation alarmante et dangereuse des forages illicites notamment ceux de la région d'El Menéa.

CHAPITRE III

Evaluation des Besoin en Eau des Cultures

CHAPITRE III : Evaluation des Besoin en Eau des Cultures

III-1-Introduction

Les pluies, en particulier leur part efficace, fournissent une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Le sol, agissant comme un tampon, stocke une partie de l'eau de pluie et la restitue aux cultures en période de déficit. Sous des climats humides, ce mécanisme suffit pour assurer une croissance satisfaisante dans des systèmes de culture sans irrigation. Dans des conditions arides ou en cas de saison sèche prolongée, il est nécessaire d'irriguer pour compenser le déficit d'évapotranspiration (transpiration des cultures et évaporation à partir du sol) dû à l'insuffisance ou à l'irrégularité des précipitations.

La détermination des besoins en eau pour les cultures est régie par le phénomène d'évapotranspiration.

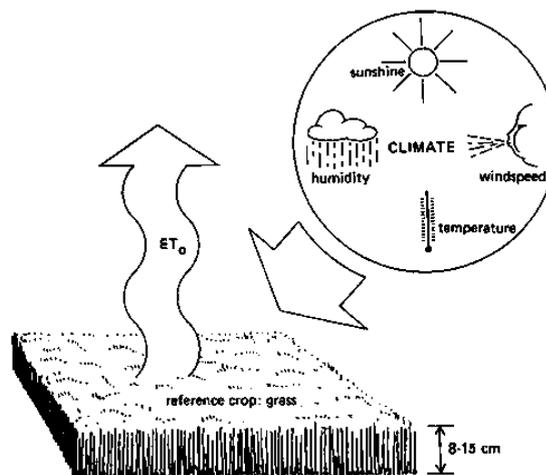
III-2-Les besoins en eau du cultures

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme étant la dose apportée aux cultures dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.(source :FAO)

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 on définit :

III-2-1-l'évapotranspiration de référence ET_0

ET_0 est le taux d'évapotranspiration d'une grande surface, recouvert d'herbe verte, de 8 à 15 cm de hauteur, qui se développe activement complète complètement le sol et ne manque pas d'eau.



FigIII-1: Schema explicatif d'évapotranspiration de référence ET_0

Pour éviter la nécessité de définir des paramètres d'évaporation uniques pour chaque culture et chaque stade de croissance, le concept d'une surface de référence a été introduit. Les taux d'évapotranspiration des diverses cultures sont liés au taux d'évapotranspiration de la surface de référence (ET₀) au moyen de coefficients de récolte.

Facteur Climatique	Besoin d'eau de récolte	
	Haut	Bas
Température	chaude	Fraiche
Humidité	Faible(sec)	Haute (humide)
Vitesse du vent	vent	Légerement vent
Soleil	Ensoleillé(sans nuages)	Nuageux(pas de soleil)

Tableau III-1 :L'effet des différents facteurs climatiques sur les besoins en eau des cultures

III-2-2- Evapotranspiration maximale ou de culture (ET_c)

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ET_c = k_c * ET_0$$

Avec :

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

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence dans lesquelles :

- La méthode des lysimètres.
- La méthode des stations expérimentales.
- La méthode directe de l'évaporation.
- Les méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

Formule de Penman (1948)

Formule Blaney – Criddle.

Formule de Thornthwaite.

Formule de Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures a été effectué à l'aide du logiciel CROPWAT, qui permet l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode Penman et Monteith modifiée.

III-2-3- Méthode de Penman et Monteith modifiée

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride.

La formule de *Penman&Montheit*, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F(u) \times (e_a - e_d)] \quad (\text{III-1})$$

Où:

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

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude.

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

$F(u)$: Fonction liée au vent.

e_a : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars. e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

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

Dans le tableau **III-2**, nous présentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée

à l'aide du logiciel **CROPWAT**, selon la formule de **Penman et Monteith modifiée**.

Country	algeria		Station	Golea			
Altitude	397	m.	Latitude	30.57	°N	Longitude	2.87 °E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	2.9	18.8	61	12	4.4	9.8	1.10
February	5.1	22.2	47	15	6.0	13.4	1.58
March	9.6	28.5	38	15	7.1	17.2	2.47
April	13.9	32.5	30	18	7.7	20.2	3.31
May	19.0	38.5	28	19	9.7	24.3	4.34
June	23.6	44.0	24	34	10.1	25.2	5.17
July	27.0	47.7	22	15	11.2	26.6	5.18
August	26.3	46.5	24	14	10.5	24.6	4.86
September	22.4	41.4	32	15	9.3	20.9	4.06
October	17.0	35.3	42	13	7.1	15.3	2.83
November	8.8	26.1	53	11	5.3	11.0	1.71
December	4.1	20.4	61	12	4.1	8.9	1.15
Average	15.0	33.5	39	16	7.7	18.1	3.15

Tableau III-2 : l'évapotranspiration de référence ET₀ (CROPWAT) (Methode de Penman et Monteith)

III-2-4-Etude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station d'EL GOLEA qui dispose d'une série longue et représentative pour la zone d'étude :

Tableau III-3: Caractéristiques de la station pluviométrique(ANRH-Ghardaia)

Station	Code de la station	X	Y	Période d'observation.	Durée d'observation
Pluviométrique					
Ghardaïa	130427	502.895	201.917	1989-2012	23 ans

La série des précipitations moyennes mensuelles (1989-2012) de la station pluviométrique de Ghardaïa est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III-4: Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Total
1989-1990	0	0	16,2	2,5	2,6	3,7	5,8	1,4	11,7	0,7	0	0	44,6
1990-1991	4,1	0,5	3,8	5,5	8	0	22,5	3,5	9,9	0	0	0	57,8
1991-1992	0	0	17,6	0	0	21,4	0,5	0	0,8	0	0	0	40,3
1992-1993	0,7	11,2	3,4	0	5,3	0	62,2	1,1	0	8,9	0	0	92,8
1993-1994	75,8	23,7	5,8	1,3	0	0	6,3	0	0	0	0	0	112,9
1994-1995	33,9	8,4	5,4	6,7	13,6	24,9	21,1	0,2	0	0	1,3	0	115,5
1995-1996	0	0,8	0	2,3	0,2	2,4	0	60,6	1,1	0	0	0	67,4
1996-1997	44,1	0	10,4	32,4	0	0	2,5	0,6	0	0	0	0	90
1997-1998	9,9	0	0	0,3	53,8	0,8	4,4	0	1,2	0	7,6	0	78
1998-1999	0,9	0	24,7	27,7	0	0	3,6	0	6,1	1,8	0	0	64,8
1999-2000	5,2	13,1	0	0	0	1,3	0,3	1,7	0	0	0	0	21,6
2000-2001	12,8	0,5	5,7	23,6	0,7	0	2,7	0,8	1,6	0,1	0	3,7	52,2
2001-2002	10,1	26,6	16,9	0	18,4	2,6	23,5	0,2	0	0,1	0	6,9	105,3
2002-2003	7,1	22,3	0	3,7	49	0,4	7,2	44,8	1	34,5	0	12,2	182,2
2003-2004	0	0	21,2	3,5	6,4	1,1	0	0	0	3,9	1,7	7,7	45,5
2004-2005	62,8	10,2	2,2	0	57,5	0	0,2	6,3	4,1	0	4,3	2,6	150,2
2005-2006	7,7	5,8	4,4	13,6	0,1	0	4,1	12,3	3,4	0	0	16,5	67,9
2006-2007	2,6	0	0	3,5	5,4	10,3	0	0	0,6	1,2	1,1	0	24,7
2007-2008	79,5	30,8	8,8	7,3	59,3	1	10,5	0,4	0	17,4	0	0	215
2008-2009	45,8	0	0	0	5,6	0	0	0	3,5	1,5	2	0	58,4
2009-2010	0,5	3,5	0	0	1,5	0	16,9	15	1,5	27	0	0	65,9
2010-2011	18	18	0	0	6,5	1	7,5	8,5	0	0	0	0	59,5
2011-2012	0	6	7	2	1,2	0	3,7	0,7	0	0	0,1	1,7	22,4
Moyen	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2.0	4.2	0.8	2.2	

Source : (ANRH Ghardaia)

III-2-4-1- Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2 .

- Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$.

- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie

d'origine par ordre décroissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-2-4-1- Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$

On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie

d'origine par ordre décroissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III-5: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Rang	Série d'origine	Série Y (mm)	Série X (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	44.6	44.6	105.3	215	X
2	57.8	57.8	182.2	182.2	X
3	40.3	40.3	45.5	150.2	X
4	40.3	40.3	150.2	115.5	Y
5	112.9	112.9	67.9	112.9	Y
6	115.5	115.5	24.7	105.3	X
7	67.4	67.4	215.0	90	Y
8	90.0	90.0	58.4	78	Y
9	78.0	78.0	65.9	67.9	X
10	64.8	64.8	41.5	67.4	Y
11	21.6	21.6	22.4	65.9	X
12	52.2	52.2		64.8	Y
13	105.3			58.4	X
14	182.2			57.8	Y
15	45.5			52.2	Y
16	150.2			45.5	X
17	67.9			44.6	Y
18	24.7			41.5	X
19	215.0			40.3	Y
20	58.4			40.3	Y
21	65.9			24.7	X
22	41.5			22.4	X
23	22.4			21.6	Y

Après les calculs on a : $W_x = 122$, $W_{\min} = 99.66$, $W_{\max} = 164.34$

Donc : $99.66 < W_x < 164.34$

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène.

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-2-4-2- Etude de l'échantillon et choix du type de loi

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

Loi de log normale ou loi normale

III-2-4-2-1- Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale:

Le procédé de calcul consiste à:

Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant. Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

Variable réduite de gauss :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \quad (\text{III-3})$$

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta \cdot U_{P\%} \quad (\text{III-4})$$

Avec : $X_{P\%}$: précipitation de probabilité $P\%$.

$U_{P\%}$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-6 et au Figure III-2.

Tableau III-6: Ajustement à la loi de Gauss (logiciel HYFRAN)

T=1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
	Q	XT	ECART-TYPE	Intervalle de confiance 95%
20.0	0.9500	161	16.0	129 - 192
10.0	0.9000	143	14.1	115 - 170
5.0	0.8000	121	12.1	97.3 - 145
3.0	0.6667	101	10.8	79.4 - 122
2.0	0.5000	79.3	10.3	59.1 - 99.5
1.4286	0.3000	53.4	11.0	31.8 - 75.0
1.2500	0.2000	37.7	12.1	14.0 - 61.4
1.1111	0.1000	15.9	14.1	-11.6 - 43.5
1.0526	0.0500	2.05	16.0	-33.5 - 29.4
1.0204	0.0200	22.3	18.5	-58.5 - 13.9

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

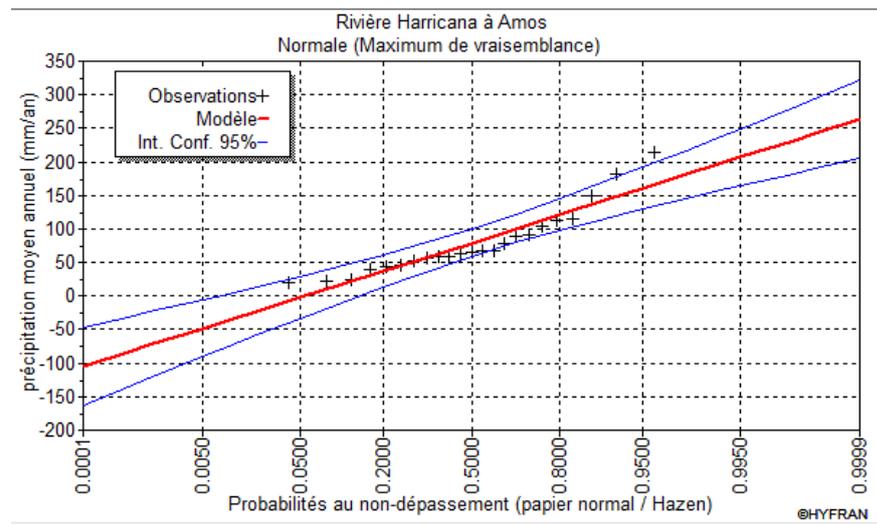


Fig III-2: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss (logiciel HYFRAN)

III-2-4-2-2- Test de validité de l'ajustement à la loi choisie

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune n_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$f(x)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{\lambda} \quad \text{(III-5)}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ .

III-2-4-2-3- Test de Khi carré pour la loi Normale

On calcule χ^2 .

On calcule le nombre de degré de liberté γ :

On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson (voir tableau suivant) :

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

Tableau III-7 : $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson (ENSH)

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}}=8.96 \quad \gamma=4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$$

$$\chi^2_{\text{calculé}}=8.96 < \chi^2_{\text{théorique}}= 13.277$$

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-2-5- Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton):

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit :

Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

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

$$\ln(X_p\%) = \overline{\ln(X)} + \delta_{\ln} \cdot U_p \quad (\text{III-6})$$

Avec:

$X_p\%$: précipitation probable à P%.

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

δ_{\ln} : la variance

U_p : variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-8 et au Figure III-3

Tableau III-8: Ajustement à la loi de Galton (logiciel HYFRAN)

T=1 /q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
	Q	XT	ECART-TYPE	Intervalle de confiance 95%
20.0	0.9500	183	36.6	112 - 255
10.0	0.9000	147	25.7	96.2 - 197
5.0	0.8000	112	16.8	78.8 - 145
3.0	0.6667	86.7	11.7	63.9 - 110
2.0	0.5000	66.5	8.55	49.8 - 83.3
1.4286	0.3000	48.2	6.62	35.2 - 61.2
1.2500	0.2000	39.6	5.96	27.9 - 51.3
1.1111	0.1000	30.2	5.29	19.8 - 40.6
1.0526	0.0500	24.2	4.82	14.7 - 33.6

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

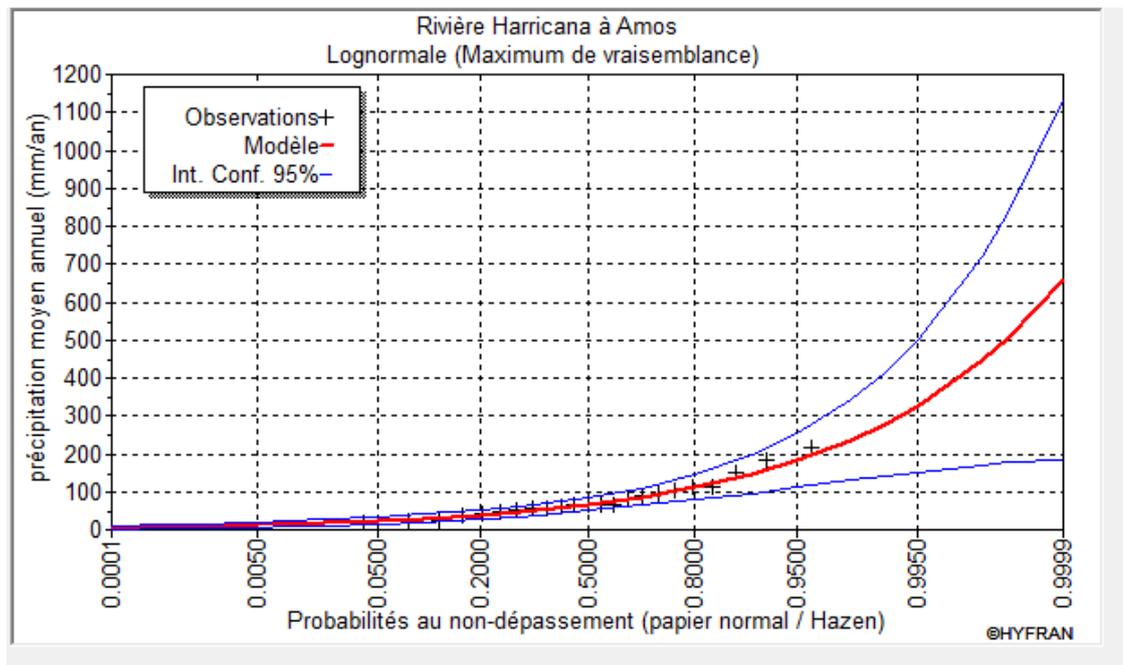


Fig III-3: Ajustement des pluies annuelles à la loi log normale (logiciel HYFRAN)

III-2-5-1- Test de Khi carré pour la loi de Galton:

- On calcule χ^2 calculé .
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson III.

Avec : χ^2 théorique =g(γ, α)

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha =0.05$ si et seulement si : χ^2

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$$\chi^2_{\text{calculé}}= 0.43 \quad \gamma=4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488 \quad \chi^2_{\text{calculé}}=0.43 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

III-2-5-2 Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus

adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région .L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}}=P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique de 80\%}}}{P_{\text{théorique de 50\%}}} \quad (\text{III-7})$$

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

$P_{\text{théorique de 50\%}} = 66.5\text{mm}$

$P_{\text{théorique de 80\%}} = 39.6\text{ mm}$

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit:

Tableau III-9 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)

mois	sept	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout
Pmoy (mm/moi)	18,3	7,9	6,7	5,9	12,8	3,1	8,9	6,9	2	4,2	0,8	2,2
Psec80% (mm/moi)	14,64	6,32	5,36	4,72	10,24	2,48	7,12	5,52	1,6	3,36	0,64	1,76

III-2-5-3- Calcul des pluies efficaces (Peff)

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur.

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée. Pour l'appréciation de la pluie efficace on distingue deux (2) cas:

Pluie efficace (Peff) = 0 pour les mois où la pluie ne dépasse pas les 5 mm

Pluie efficace (Peff) = 80 % de la pluie moyenne mensuelle dans les autres cas. Pour notre cas on a des mois que la pluie ne dépasse pas 5 mm donc : (Peff) = 0.

Tableau III-9: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm

mois	sept	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout
Psec80% (mm/moi)	14,64	6,32	5,36	4,72	10,24	2,48	7,12	5,52	1,6	3,36	0,64	1,76
P eff (mm/moi)	11,71	5,05	4,28	3,77	8,19	1,98	5,69	4,41	0	0	0	0

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-2-6- Occupation des sols et choix des cultures

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant :

Les conditions climatiques de la région étudiée.

La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.

L'aptitude culturelle des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre de Hassi Ghanem, nous avons tenu compte :

-De la vocation agro-alimentaire de la région.

-Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.

-D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.

-Des disponibilités des moyens de production.

Pour notre périmètre le choix des cultures s'est basé comme suit :

III-2-6-1- La céréaliculture

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 60% de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé dur, soit environ 30% de la surface emblavée. Le reste de la superficie est cultivé en orge 30% .

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées au mois d'octobre et de novembre.

III-2-6-2- Cultures maraîchères

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 40% sont occupées par le maraichage, soit une superficie totale de 80 Ha. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champ. Les cultures maraîchères de plein champ pratiquées c'est la pomme de terre 25% et oignon.15%.

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-2-7- Assolement et rotation des cultures

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne

culturelle donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole.

Tableau III-10: Surfaces occupées par les différentes cultures.

	cultures	sept	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout
céréaliculture	Blé		←							→			
	Orge		←							→			
maricheres	Pomme de terre	→			→								←
	Oignon					←					→		

III -3- Détermination des Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau mensuels sont déterminés par le bilan hydrique suivant :

$$B = ETP - (Pe_{ff} + RFU) \quad (III-8)$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm) E.T.P : évapotranspiration (mm / jour) Pe_{ff} : est la pluie efficace (mm/mois).

RFU : Réserve facilement utilisable qui représente l'humidité du sol du mois i-1, on a :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) Y.Da.Z$$

Avec :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (On prend H_{cc}=14%).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (On prend H_{pf}=6%). ; Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement mm.

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-3-1-Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs important dans la détermination de la Réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoin d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau III-11: Humidité à la capacité au champ et de flétrissement

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

Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage

***Interpritation :**

D'après le tableau on remarque que notre sol est Sableu-limoneuse donc on n'a pas une grande capacite de reserve en eau.

L'irrigation est indispensable car nous sommes dans une zone aride et le RFU est faible.

III -3-2 - Les profondeurs d'enracinement

Les valeurs de profondeur d'enracinement des différentes cultures sont données par le tableau ci-dessous :

Tableau III-12 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures :

	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
Blé dur			0.3	0.4	0.6	0.7	0.71	0.73	0.75			
Orge			0.3	0.4	0.6	0.7	0.71	0.73	0.75			
Oignon					0.1	0.2	0.3	.0.4	0.5	0.5		
Pomme de terre	0.3	0.35	0.35									0.2

Source : bulletin FAO d'irrigation et de drainage

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-3-3- L'efficience de l'irrigation

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

Aux pertes du système d'irrigation à la parcelle.

Aux pertes dans le système de mobilisation de l'eau et le réseau de transport de l'eau à la parcelle.

Donc nous définissons l'efficience de l'irrigation comme étant le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante :

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot E_u \quad (\text{III-9})$$

Avec :

Efficienc e d'irrigation en (%)

Efficienc e de transport en (%)

Efficacit é de type de distribution en (%)

Efficacit é de l'uniformité de la distribution.

Dans notre cas on prend 75 %

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

Les besoins en en eaux des cultures : sont représentés dans les tableaux suivantes :

BLE	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	4.06	2.83	1.71	1.15	1.1	1.58	2.47	3.31	4.34	5.17	5.18	4.86
P.T/kc	0	0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.71	0.73	0.75	0	0	0
ETM	0		0.513	0.46	2.604	3.619	3.67	3.54	3.045	0	0	0
Pmoy(mm)	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2	4.2	0.8	2.2
Peff	11.71	5.06	4.29	3.78	8.19	1.98	5.7	4.42	1.28	2.69	0.51	1.41
RFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)			-3.777	-3.32	-5.586	1.639	-2.02	-0.87	1.765			
beoisn_brute(m3)			-50.36	-44.27	-74.48	21.85	-26.96	-11.63	23.53			
Q sp (l/s/ha)			-0.26	-0.23	-0.38	0.00	-0.14	-0.06	0.00			

Tableau III-13 :Les besoins en eaux du Blé

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

ORGE	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	4.06	2.83	1.71	1.15	1.1	1.58	2.47	3.31	4.34	5.17	5.18	4.86
P.T/kc			0.3	0.4	0.6	0.7	0.71	0.73	0.75			
ETM	0		0.513	0.46	2.604	3.619	3.6778	3.5478	3.045	0	0	0
Pmoy(mm)	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2	4.2	0.8	2.2
Peff	11.71	5.06	4.29	3.78	8.19	1.98	5.7	4.42	1.28	2.69	0.51	1.41
RFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)			-3.77	-3.32	-5.586	1.639	-2.02	-0.87	1.765			
beoisn_brute(m3)			-50.36	-44.27	-74.48	21.85	-26.96	-11.63	23.53			
Q sp (l/s/ha)			-0.26	-0.23	-0.38	0.11	-0.14	-0.06	0.12			

Tableau III-14 :Les besoins en eaux du Orge

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

P.T	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	4.06	2.83	1.71	1.15	1.1	1.58	2.47	3.31	4.34	5.17	5.18	4.86
P.T/kc	0.3	0.35	0.35									0.2
ETM	1.218		0.5985									0.972
Pmoy(mm)	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2	4.2	0.8	2.2
Peff	11.71	5.06	4.29	3.78	8.19	1.98	5.7	4.42	1.28	2.69	0.51	1.41
RFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)	-10.492	-5.06	-3.69									-0.44
beoisn_brute(m3)	-139.89	-67.47	-49.22									-5.84
Q sp (l/s/ha)	-0.72	-0.35	-0.25									-0.03

Tableau III-15 :Les besoins en eaux du Pomme de Terre

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

OIGNON	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	4.06	2.83	1.71	1.15	1.1	1.58	2.47	3.31	4.34	5.17	5.18	4.86
P.T/kc					0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5		
ETM					0.434	1.034	1.554	1.94	2.03	2.585		
Pmoy(mm)	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2	4.2	0.8	2.2
Peff	11.71	5.06	4.29	3.78	8.19	1.98	5.7	4.42	1.28	2.69	0.51	1.41
RFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)					-7.75	-0.95	-4.15	-2.47	0.75	-0.105		
beoisn_brute(m3)					-103.41	-12.61	-55.28	-33.01	10.00	-1.40		
Q sp (l/s/ha)					-0.53	-0.06	-0.28	-0.17	0	-0.01		

Tableau III-16 :Les besoins en eaux du Oignon

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

Tableau III-17-18-19-20 :Les débits spécifiques des différents cultures

OIGNON	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q sp (l/s/ha)					-0.53	-0.06	-0.28	-0.17	0.05	-0.01		
Q sp*S (l/s)					-20.48	-2.50	-10.95	-6.54	1.98	-0.28		
Q(m3/h)					-73.73	-8.99	-39.41	-23.54	7.13	-1.00		

PT	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q sp (l/s/ha)	-0.72	-0.35	-0.25									-0.03
q sp (l/s)	-36.15	-17.44	-12.72									-1.51
Q(m3/h)	-130.15	-62.77	-45.79									-5.43

BLE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q sp (l/s/ha)			-0.26	-0.23	-0.38	0.11	-0.14	-0.06	0.12			
q sp (l/s)			-15.75	-13.84	-23.29	6.83	-8.43	-3.64	7.36			
Q(m3/h)			-56.70	-49.84	-83.86	24.61	-30.36	-13.09	26.50			

ORGE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q sp (l/s/ha)			-0.26	-0.23	-0.38	0.11	-0.14	-0.06	0.12			
q sp (l/s)			-15.75	-13.84	-23.29	6.83	-8.43	-3.64	7.36			
Q(m3/h)			-56.70	-49.84	-83.86	24.61	-30.36	-13.09	26.50			

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-4- Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Étant donné, que nous avons pris en considération un assolement, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture (hors assolement).

Tableau III.21 : Besoin en eau d'irrigation des cultures

CULTURE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
BLE	0.00	0.00	0.00	-49.84	-83.86	0.00	-30.36	-13.09	26.50	-40.38		0.00
ORGE	0.00	0.00	0.00	-49.84	-83.86	0.00	-30.36	-13.09	26.50	-40.38		0.00
PT	-130.15	-62.77	-45.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		-5.43
OIGNON	0.00	0.00	0.00	0.00	-73.73	-8.99	-39.41	-23.54	7.13	-1.00		0.00
TOTAL	-130.15	-62.77	-45.79	-99.68	-241.45	-8.99	-100.13	-49.72	60.12	-81.76		-5.43

Les besoins de pointe correspondent au mois de Janvier, soient donc **241.45 m3/moi**.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de **1.68 l/s/ha**, ce débit est n'est pas sur les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

Alors on prend Qsp des cultures est de 1.5 l /s/ha

Chapitre III :Evaluation des Besoin en Eau de Cultures

III-5- Evaluation du débit caractéristique :

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

$$Q_{car} = q_s * S. \quad (III-10)$$

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

S : la superficie totales à irriguer = 210.34 ha

$$Q_{car} = q_s. S = 1.5 * 210.34 = 315.51 \text{ l/s}$$

Conclusion :

Le périmètre de Hassi Ghanem présente des potentialités hydriques et édaphiques importantes, l'exploitation rationnelle de ses ressources permettra un développement agricole important. En effet, vu la superficie du périmètre, le choix des cultures proposé a mis en évidence des besoins importants qui s'élèvent à plus de **765.77 m³** avec un moyen de **3.64 m³/ha**. Les deux forages à partir de la nappe albienne pourra subvenir les besoins en eau de ces cultures.

Le projet d'irrigation est donc faisable, ce qui présente une opportunité pour le développement économique de la région.

CHAPITRE IV

Technique d'Irrigation des Cultures

CHAPITRE IV : Technique d'Irrigation des Cultures

IV-1- Introduction

Le choix de la méthode d'irrigation dépend d'un grand nombre de facteurs techniques, économiques, et sociologiques.

Les facteurs techniques incluent :

Le type de culture, le type de sol, la topographie et la qualité de l'eau.

Les facteurs socio-économiques incluent :

La structure des exploitations, les coûts d'investissement, les frais de fonctionnement et d'entretien et les disponibilités en main d'œuvre.

Cependant, en règle générale, le choix définitif de la méthode d'irrigation au niveau de l'exploitation sera fait par chaque exploitant en tenant compte des facteurs technico-économiques.

IV-2- Description des différents modes d'irrigation

Les principaux modes d'irrigation existant sont :

- Irrigation de surface.
- Irrigation localisée (goutte à goutte).
- Irrigation par aspersion (PIVOT).

IV-2-1- Irrigation de surface

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, ne nécessitant aucun aménagement adéquat du sol.

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.



Fig IV-1 :L'irrigation des palmiers par rigoles

Avantage

- Matériel d'irrigation simple.
- Cout faible.
- Pas d'équipement pour la mise sous pression de l'eau.
- Protège contre le gel.

Inconvénients

- Tassement du sol ;
- Pertes en d'eau importantes ;
- Nécessite une évacuation de l'eau ;
- Erosion du sol ;
- Diminution de la perméabilité du sol.

IV-2-2- Irrigation localisée (gout à gout)

L'irrigation goutte à goutte est un système à très faible débit (1 à 4 l/h) permettant un pilotage précis des approvisionnements d'eau grâce à un arrosage juste au niveau des racines, réduisant ainsi les pertes par infiltration ou évaporation.

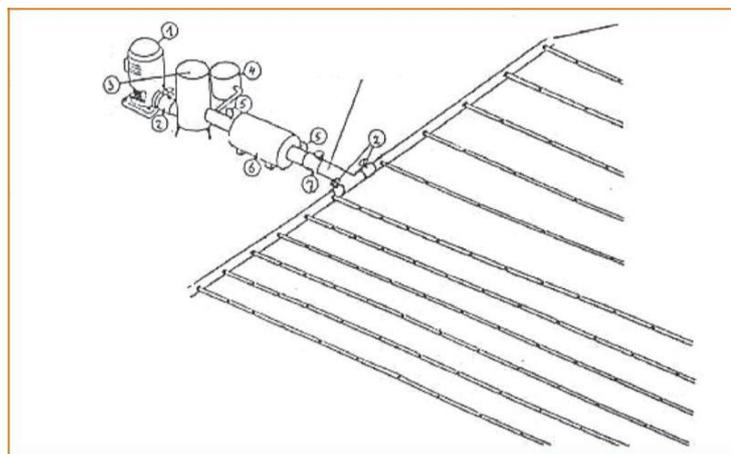


Fig IV-2 :Schéma représentatif d'in réseau localise (goute a goutte)

Avantages

- Le système goutte à goutte est peu coûteux.
- Economie de 40 à 50 % d'eau par rapport à l'irrigation en planche, grâce une irrigation localisée qui assure, surtout en début de culture, une efficacité approchant les 100%.
- Fonctionne à basse pression peut même arroser par gravité, ce qui peut réduire les dépenses d'énergie.
- Réduit la main d'oeuvre d'arrosage et de désherbage.

- Facile et rapide à mettre en place et à réparer, facile à enrouler et à stocker
- Respectant la structure du sol et s'adaptant aux limites existantes, le système s'applique à toutes les cultures agricoles.
- Peut utiliser des eaux légèrement salées ou calcaires.

Inconvénients

- Adapté aux terrains plats ou à légère pente (max 2 %) à condition d'orienter les T-Tapes dans le sens de la pente.
- Les paysans doivent acquérir une certaine compétence pour assurer le pilotage précis des arrosages ainsi que l'entretien du système et les soins culturaux sans endommager les tubes.
- Ne convient pas aux vergers pour lesquels il faut utiliser des tubes plus résistants et longévifs, donc plus coûteux, que les T-Tape.

IV-2-3- Irrigation par aspersion (Pivot)

L'investissement dans une installation d'irrigation par pivot ou rampe frontale est généralement programmé pour une durée minimum de 20 ans ; il est donc impératif de soigner la conception de l'ensemble au risque de grever pour longtemps les potentialités d'une parcelle, et par extension d'une exploitation.

Le pivot également appelé rampe pivotante est un appareil d'irrigation mobile, arrosant en rotation une surface circulaire ou semi-circulaire. Il est en général à poste fixe, mais il peut être conçu pour être déplacé d'un poste à l'autre.

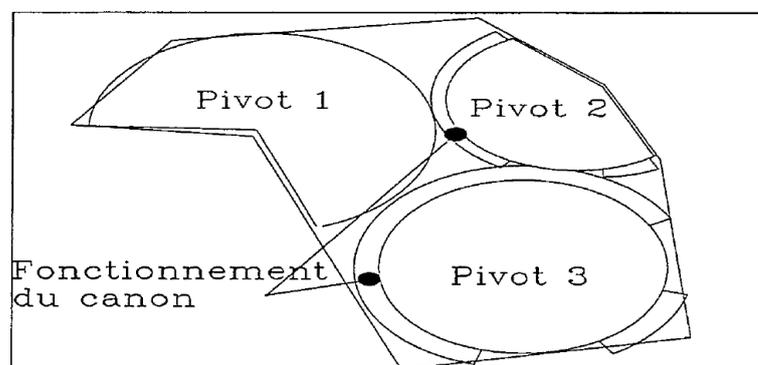


Fig IV-3 : Disposition possible d'une couverture par pivot sur une parcelle de forme quelconque
Avantages

- sa simplicité de mise en œuvre, ses possibilités de fonctionnement automatique et ses performances en terme d'uniformité d'apport d'eau.

- Le fonctionnement électrique du pivot offre une grande souplesse d'utilisation, et permet d'arroser des parcelles de forme non circulaire.

Inconvénients**a-Le coût**

Ces machines représentent un investissement élevé comparé aux systèmes d'irrigation de surface, même si parfois un terrassement important est nécessaire pour en optimiser les performances. Les coûts de fonctionnement peuvent également être importants et doivent être évalués lors de la conception de l'installation.

b-Besoins en énergie

Pour fonctionner, ces installations nécessitent la présence d'énergie (électrique ou diesel).

c-Qualité de l'eau

Avant d'utiliser l'eau, il est parfois nécessaire de la filtrer pour éviter un colmatage de l'installation par des sédiments. Les eaux de mauvaise qualité peuvent avoir une incidence sur la longévité de l'installation.

d-Compétences requises

Le fonctionnement et la maintenance de ces systèmes demandent des compétences différentes de celles qui sont requises pour les irrigations de surface.

IV-3-Principe de l'irrigation par pivot

Le pivot est constitué par une canalisation de grande longueur, tournant autour d'un axe ou pivot par lequel se fait l'arrivée d'eau et d'électricité.

La canalisation est portée, de proche en proche, par des tours équipées de roues, animées par des moteurs électriques. Les tours séparent l'appareil en travées rigidifiées par un système de triangulation et de tirants, la canalisation tenant lieu de poutre.

L'eau est distribuée par des asperseurs ou des buses disposés le long de la canalisation. Un canon d'extrémité, placé au bout du porte-à-faux complète souvent l'équipement.

Le mouvement de la rampe est discontinu, l'alignement de l'ensemble est commandé au niveau de chaque tour par des contacteurs, sensibles à l'angle formé par deux travées contiguës.

Le réglage de la vitesse d'avancement se fait par modification du temps de fonctionnement du moteur de la dernière tour, au cours d'un cycle d'une minute.

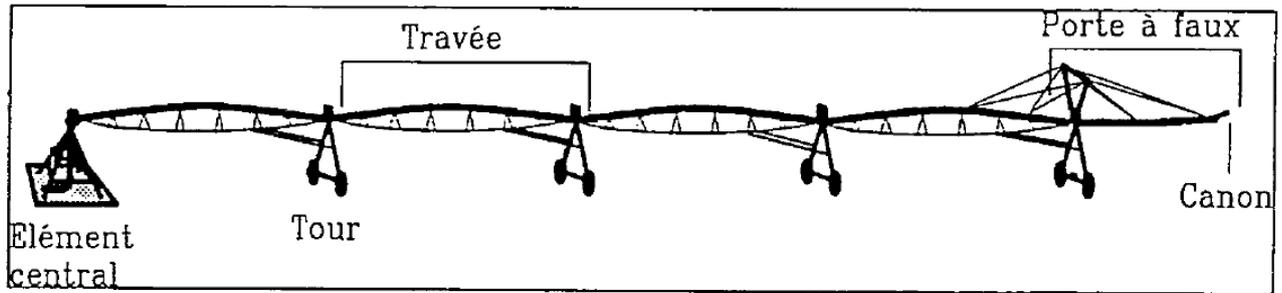


Fig IV-4: Schéma de principe d'un pivot

IV-3-1-Descriptif technique

IV-3-1-1-Caractéristiques générales

a-L'élément central

C'est le point où se fait l'arrivée d'eau et d'électricité. L'élément central est généralement fixé sur une dalle en béton équipée d'ancrages scellés dans des plots dont le volume dépend du type de structure de la machine.

L'utilisation d'un groupe hydraulique ou d'un groupe électrogène peut se révéler fort intéressante dans les situations où l'alimentation électrique est déficiente (fluctuations de tension) ou simplement difficile (éloignement des lignes).

On peut trouver sur la colonne divers piquages ou vannes, pour assurer la vidange, poser un manomètre, un débitmètre, injecter des produits divers.

Lorsque l'appareil est équipé d'un canon d'extrémité à fonctionnement inter-mittent, la commande de l'électrovanne d'alimentation peut se faire à partir de l'élément central.

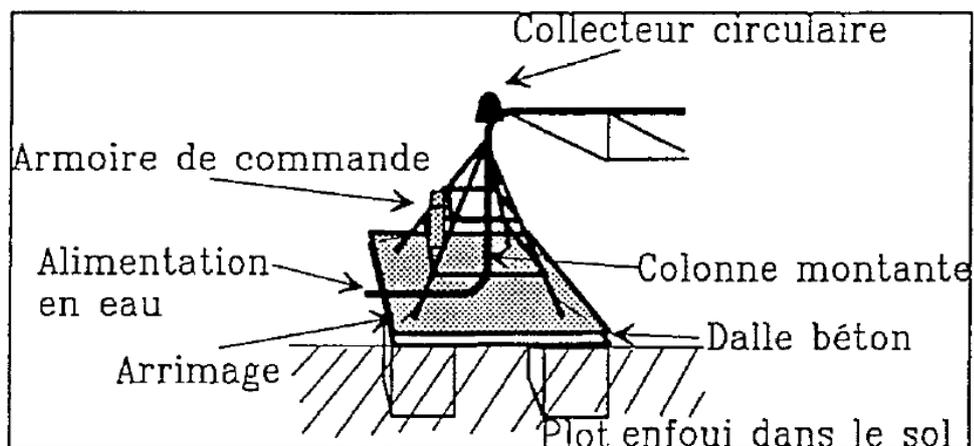


Fig IV-5: L'élément central (appelé aussi axe ou pivot)

b-L'alimentation en eau

Plusieurs solutions sont possibles :

gavage direct ou alimentation directe : à partir d'un ou plusieurs forages, l'alimentation est directe et ne nécessite pas de pompe de reprise ;

bâche de reprise : l'eau pompée à partir des forages se déverse dans un bassin. Une pompe de reprise alimente le pivot. Cette méthode permet une bonne observation de l'état de fonctionnement des forages.

pompage en rivière ou en retenue ; cela revient à un gavage direct ;

borne d'un réseau collectif : l'eau arrive sous pression, au pied du pivot.

Quand la canalisation d'amenée d'eau est enterrée, il est conseillé de prévoir dès la conception une entrée pour assurer le nettoyage au moyen d'un obus racleur.

Lorsque la qualité de l'eau (charge en particules solides) et les diamètres de buses l'imposent (risque de colmatage), on peut aussi adjoindre un filtre en tête d'installation. Le type de filtre, la taille des mailles sont à choisir en fonction des impuretés aspirées et du diamètre minimal des buses.

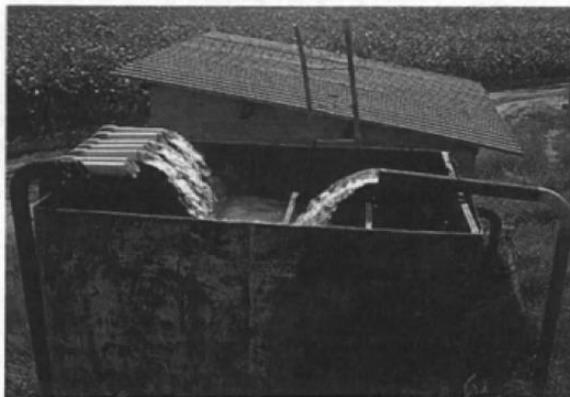


Fig IV-6 : Bâche de reprise et station de pompage

c-Les tours et travées**c-1-Les tours**

Les tours supportent la canalisation. Elles sont équipées de roues animées par des moteurs électriques, ou hydrauliques (huile) commandés séquentiellement par des micro-rupteurs assurant l'alignement des travées entre elles.

c-2-Les travées

Les travées sont comprises entre deux tours. Elles sont constituées par une canalisation servant de poutre, rigidifiées par une structure. D'une longueur de 30 à 65 m, elles laissent un

dégagement sous structure de 2.5 à 3.5 m, pour une hauteur totale de 3.5 à 5 m. Les pivots utilisés en arboriculture, peuvent laisser un dégagement sous structure de 5.5 m au moins.

Les grands pivots fixes peuvent avoir plus de quinze travées. Pour les solutions déplaçables, on se limitera à 5 travées.

c-3-La canalisation

La canalisation est généralement en acier galvanisé. Elle est constituée d'éléments de 6 ou 12 m, assemblés entre eux par des brides boulonnées.

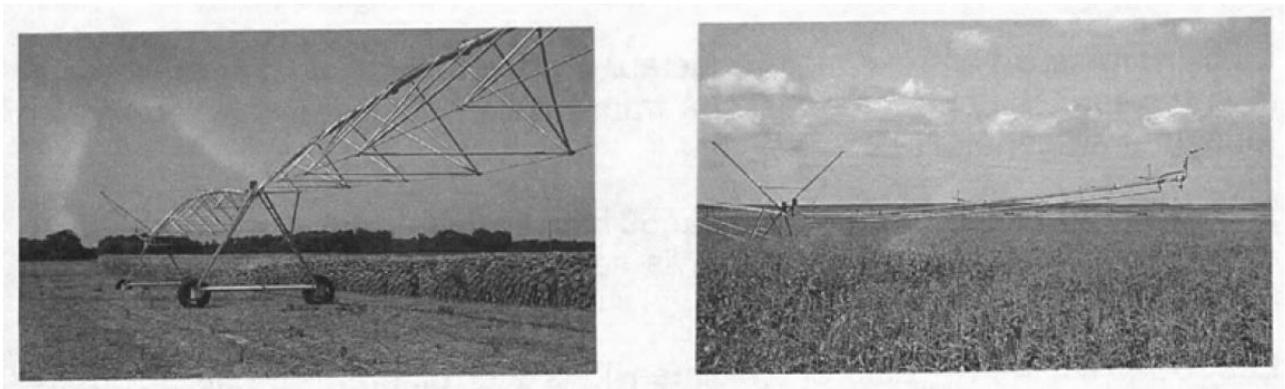


Fig IV-7: Tours, travées et porte-à-faux

Son diamètre varie de 114 mm (4,5 pouces) à 219 mm (8,5 pouces) voire 254 mm (10 pouces) pour les plus grands appareils. Son épaisseur varie de 2.5 à 4.0 mm, suivant la situation (abrasion, corrosion, transport de produits divers). Elle peut être revêtue intérieurement (peinture, polyéthylène).

La conduite est équipée de **piquages** à intervalles réguliers (1 à 3 m) destinés à recevoir les organes d'arrosage.

La **liaison hydraulique** entre travées est assurée par une gaine souple ou un manchon métallique avec joints.

L'appareil se termine par une canalisation haubanée, placée en porte-à-faux. D'une longueur pouvant atteindre 24 m, elle est souvent équipée d'un canon d'extrémité. Il est alimenté par un surpresseur si la pression résiduelle l'impose, et fonctionne de manière continue ou intermittente pour s'adapter aux formes de la parcelle.

La vitesse d'avancement peut varier de 1.5 à 8 m/mn (règle générale : 2.5 m/mn). Plus la vitesse exigée est élevée, plus la puissance nécessaire est importante.

d-L'alignement

Au niveau de chaque tour un boîtier étanche renferme un système de micro-rupteur à came et à biellettes ou à tiroir dans le cas d'une propulsion hydraulique, permettant de maintenir l'angle entre deux travées dans un intervalle donné (en général $1/3$ de degré).

Ce boîtier de tour doit être conforme aux normes électriques en vigueur.

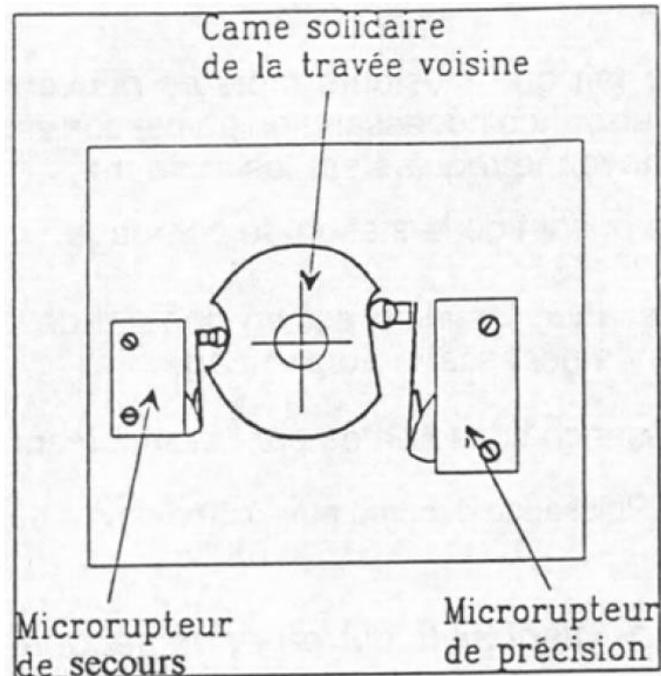


Fig IV-8 : Schéma du dispositif d'alignement

Chaque boîtier est équipé d'un micro-rupteur de commande et d'un, voire deux, micro-rupteurs de sécurité. Ils interviennent lorsque l'angle entre deux travées contiguës dépasse 1° . Ils arrêtent la rampe et la station de pompage (mise en sécurité).

e-L'armoire de commande

Une armoire de commande située au niveau de l'élément central permet de régler la vitesse moyenne d'avancement. Par l'intermédiaire d'un doseur cyclique, on fixe le **temps de fonctionnement** du moteur de la dernière tour au cours d'un cycle d'une minute. Le réglage peut se faire au moyen d'une molette, ou d'un affichage digital.

On trouve également dans l'armoire un coupe-circuit général, le système autorisant le déplacement de l'appareil avec ou sans eau, en avant et en arrière, l'interrupteur de mise en route d'une installation d'injection de produits chimiques (engrais, pesticides).

L'armoire de commande doit satisfaire aux normes électriques en vigueur et être équipée d'un sectionneur extérieur.



Fig IV-9 : Schéma d'armoire de commande du pivot

f-Les organes d'arrosage

Il s'agit d'asperseurs, dont le débit varie le long de la rampe pour tenir compte de l'augmentation de la surface arrosée avec l'augmentation du rayon et des pertes de charges.

Ils font l'objet d'un calcul, dont les caractéristiques dépendent des paramètres hydrauliques de l'installation (pression et débit disponibles, rugosité des conduites).

Le plan de busage est fourni et garanti par le constructeur pour les hypothèses de calcul retenues.

g-Dispositifs particuliers

Le canon d'extrémité permet d'augmenter la surface arrosée à moindre coût. Il est possible de le faire fonctionner par intermittence, pour s'adapter au parcellaire. Le canon reste très difficile à régler et ne doit pas être préféré à l'extension de la longueur de la rampe.

L'asperseur d'extrémité : pour les faibles débits un gros asperseur peut remplacer le canon.

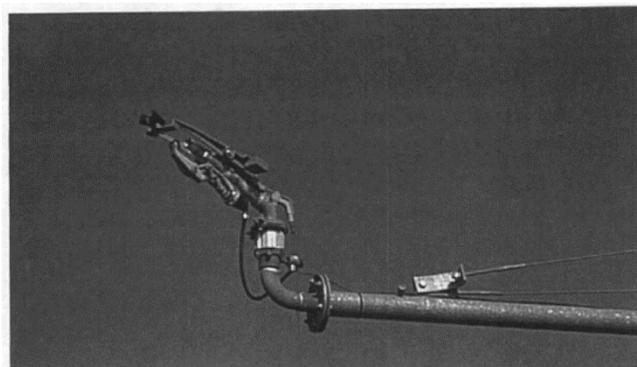


Fig IV-9: Canon d'extrémité

IV-4-Remarques importantes

Les asperseurs utilisables sur les pivots sont d'un type particulier (angle bas, robustesse), il ne saurait être question d'utiliser sur ces appareils des asperseurs de couverture intégrale.

Quel que soit le système, le choix du diamètre de la buse prend en compte la pression disponible, la position sur la rampe, et l'écartement entre asperseurs. L'ensemble de ces données est regroupé dans un document engageant la responsabilité du constructeur : le plan de busage.

Il est possible d'utiliser plusieurs types d'asperseurs sur un même appareil, pour mieux ajuster débit nécessaire et pression disponible.

De même qu'il existe des gammes de pression pour les asperseurs, il en existe pour les buses, leur respect est essentiel.

Conclusion :

Avant de prendre la décision d'investir dans un pivot ou dans une rampe frontale, il faut déterminer quels sont les objectifs. Pour prendre une bonne décision, il faut les définir clairement. Ceux-ci peuvent être économiques, environnementaux ou d'ordre social ou une combinaison de ces facteurs. Ils peuvent dépendre de plusieurs choses comme des conditions familiales, de l'âge, de la situation financière et de la durée pendant laquelle nous envisageons de poursuivre notre activité agricole. Nous pouvons vous informer auprès des conseillers agricoles ou participer à des séminaires, à des ateliers ou à des stages de formation traitant de ces questions pour nous aider à mieux définir nos objectifs à long terme et nous permettre ainsi de réaliser nos souhaits.

Les régulateurs de pression permettent de faire fonctionner des asperseurs pression constante. Ils compensent les variations topographiques, et limitent les excès de pression en tête. Leur plage de fonctionnement (écart entre pression mini et maxi) est de l'ordre de 4 bar.

Les buses régulatrices jouent le rôle de régulateurs de débits. Leur diamètre varie en fonction de la pression. Leur plage de régulation est de l'ordre de 0.5 bar. Elles limitent les risques de colmatage, grâce à leur diamètre variable. Le surcoût par rapport à des buses classiques reste réduit.

Les cannes de descente permettent de positionner des asperseurs spéciaux au niveau de la végétation, cela permet de fonctionner à pression plus faible donc à moindre coût énergétique.

Les systèmes très basse pression fonctionnent à très faible pression, (0.3 à 1.5 bar). C'est un système qui allie le faible coût énergétique.

CHAPITRE V

Etude Technique de L'Irrigation par Pivot

CHAPITRE V : Etude Technique de l'Irrigation par Pivot**V-1- Introduction**

Avant de prendre la décision d'investir dans un pivot, nous devons déterminer quels sont nos objectifs. Pour prendre une bonne décision, nous devons les définir clairement. Ceux-ci peuvent être économiques, environnementaux ou d'ordre social ou une combinaison de ces facteurs. Ils peuvent dépendre de plusieurs choses comme des conditions familiales, de l'âge, de la situation financière et de la durée pendant laquelle nous envisageons de poursuivre notre activité agricole.

V-2- Choix du système d'irrigation

On doit prendre en compte les éléments suivants lors de l'étape de conception du projet :

- Caractéristiques physiques (surface, forme, topographie, type de sol).
- Approvisionnement en eau (débit, localisation, qualité et quantité).
- Surface irrigable (zone à développer, capacité de l'installation).

V-2-1-surface des parcelles

Un pivot caractéristique a une longueur de 300 à 400 m et irrigue 28 à 50 ha. Cependant, les pivots peuvent aussi être constitués par une seule travée de 35 m ou avoir une longueur de 800 m, comporter 18 à 20 tours et arroser 200 ha. Cependant, à la périphérie du cercle, la pluviométrie moyenne des machines de grande taille est élevée et dépassant la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol peut créer un ruissellement.

V-2-2-forme de la parcelle

Les pivots arrosent selon un cercle qui couvre 78% du carré. Ceci peut être un problème pour les exploitations agricoles dont la surface disponible est limitée. Les canons d'extrémité, utilisables sur les pivots pour arroser les surfaces carrées, ne sont pas recommandés.

V-2-3-pente du terrain

Les pivots peuvent arroser des parcelles assez vallonnées. Quelques petits terrassements peuvent être nécessaires pour relier entre elles les parties basses et mettre en place un système de drainage pour évacuer les excès d'eau consécutifs à des événements pluvieux. Dans certain cas, lorsque la mise en

place d'un système d'irrigation gravitaire nécessite des terrassements importants, le coût par hectare pour installer un pivot peut être plus faible.

V-2-4-types de sol

Les pivots peuvent irriguer n'importe quels types de sol. Cependant, les asperseurs doivent être choisis selon les caractéristiques d'infiltration du sol car une pluviométrie excessive peut entraîner un ruissellement. Il est souhaitable qu'un pivot arrose un seul type de sol ou des sols ayant des caractéristiques d'infiltration similaires.

V-2-5-permis d'urbanisme

Pour installer une machine, un permis d'urbanisme n'est pas nécessaire. Cependant, une autorisation est nécessaire en cas de terrassement ou de défrichage.

V-2-6-approvisionnement en eau

Le débit, la fréquence et la durée pour alimenter en eau un pivot peuvent être très différents par rapport à une irrigation gravitaire.

Ces systèmes nécessitent souvent plus fréquemment des débits plus faibles sur une plus longue période. Par exemple lorsque des parcelles enherbées pourraient être irriguées une fois par semaine en 48 heures avec un système gravitaire, avec un pivot elles pourraient l'être deux fois par semaine en 96 heures.

V-2-7-qualité de l'eau

Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau peuvent affecter les performances des machines. Une filtration peut être nécessaire pour éviter le colmatage des buses. la qualité d'eau de la région de Meniaa « el Golea » est excellent et potable.

V-3-Calcul technique des paramètres d'arrosage**V-3-1- zone arrosée par le pivot**

$$A = \frac{3.14 \cdot (L_p + R_g)^2}{10\ 000} \quad (V-1)$$

Tels que :

A:superficie (hectares).

L_p:longueur du pivot (m).

R_g portée du canon d'extrémité (m).

AN :

1-On a un pivot de 400m de longueur et il a 15 m pour le canon d'extrémité :

Alors :

$$A = A = \frac{3.14*(400+15)^2}{10\ 000} = 60.8 \text{ ha}$$

2-On a un pivot de 360m de longueur et il a 10 m pour le canon d'extrémité :

$$A = A = \frac{3.14*(360+10)^2}{10\ 000} = 50.24 \text{ ha}$$

3-On a un pivot de 310m de longueur et il a 15 m pour le canon d'extrémité :

$$A = A = \frac{3.14*(310+15)^2}{10\ 000} = 38.5 \text{ ha}$$

V-3-2- Heures par rotation avec le minuteur au maximum:

$$T_r = \frac{0.105*L_t}{V_t}$$

Avec :

T_r :heurs par rotation (m).

L_t :distance jusqu'à la dernière tour (m).

V_t :vitesse de dernière tour (m/min).

AN :

1-pour le pivot de (50 ha) :

$$T_r = \frac{0.105*400}{4} = 10.5 \text{ h/rotation}$$

2-pour le pivot de (40 ha) :

$$T_r = \frac{0.105*360}{4} = 9.45 \text{ h/rotation}$$

3-pour le pivot de (30 ha) :

$$T_r = \frac{0.105*310}{4} = 8.14 \text{ h/rotation}$$

V-3-3-Calcul de la dose journalière de pointe

Les caractéristiques hydraulique d'un appareil doivent être calculées pour apporter une dose moyenne journalière définie par les contraintes culturales et pédoclimatiques locales, pour satisfaire les besoins de pointe.

La nécessaire surestimation du besoin journalier (calcul à partir des besoins en période de pointe), peut servir de coefficient de sécurité.

Précisions ici que le meilleur coefficient de sécurité est encore une bonne maintenance des installations, plutôt qu'une gestion de l'urgence face aux pannes.

Les besoins de pointe du mois de notre culture sont dans le tableau suivant :

tels que : $1\text{mm/j}=0.417 \text{ m}^3/\text{h}/\text{ha}$ (source :NELSON guide pratique)

culture	Bnet (l/s/ha)	Bnet m³/h/ha	Dj (mm/J)
Oignon	0.53	1.915062	4.592474
PT	0.72	2.590617	6.212511
Ble	0.38	1.379259	3.307576
Orge	0.38	1.379259	3.307576

Tableau V-1 :la dose journalière du pointe du cultures

V-3-4-Calcul du débit d'équipement de l'installation

$$Q = \frac{\pi * R^2 * Dj}{24 * 1000} \quad (V-3)$$

les resultat du calcul du d ébit d'équipement sont dans le tableau suivant :

CULTURE	R(m)	Q(m3/h)
BLE	400	69.23859
ORGE	400	69.23859
PT	360	105.3393
OIGNON	310	57.74156

Tableau V-2 :débit d'installation du cultures

V-3-5-Règle du tour d'eau

Le rythme des passages ou tour d'eau (T) est l'intervalle de temps qui sépare deux arrosages. On peut le définir comme étant le rapport de la dose admissible par passage sur la dose journalière nécessaire (Dj) :

$$T < \frac{RFU}{Dj} \quad (V-4)$$

Tant que notre sol est sableu limoneux on prend RFU=15mm (source :ANRH ghardaia)

culture	Bnet (l/s/ha)	Dj (mm/J)	T(j)
Oignon	0.53	4.592474	3.2
PT	0.72	6.212511	2.41
Ble	0.38	3.307576	4.54
Orge	0.38	3.307576	4.54

Tableau V-3 : temps nécessaire pour le tour du pivot

On peut calculer la règle de la machine ou avancement (Av) en % de la vitesse maximum, pour respecter le tour d'eau, qu'on s'est fixé :

$$Av(\%) = \frac{T_r}{T} * 100 \quad (V-5)$$

$$T_q : \quad T_r = \frac{2 * \pi * L}{V_m} \quad (V-6)$$

Avec :

Tr : temps minimal mis par l'appareil pour effectuer une rotation.

L : la longueur du pivot.

Vm : vitesse maximum du passage.

culture	Dj (mm/J)	T(j)	Tr(h)	Av(%)
Oignon	4.592474	3.2	8.11	25.3
PT	6.212511	2.41	9.42	39
Ble	3.307576	4.54	10.46	23
Orge	3.307576	4.54	10.46	23

Tableau V-4 : règle de la tour d'eau pour les pivots

V-3-6- hauteur d'application:

$$D = \frac{Q_p * T_r * 318.3}{(L_p + R_g)^2}$$

Avec :

D : hauteur d'application (mm).

Q_p : débit du pivot (m³/h).

T_r : Heurs par rotation (h).

L_p : longueur du pivot (m).

R_g : portée du canon d'extrémité (m).

V-3-6-1-Nombre de forages et volumes d'exploitation

Le Tableau ci-dessus récapitule l'exploitation de la nappe du C.I dans les localités principales de la région.

Tableau V-5: Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune(ANRH Ghardaia)

Communes	Nombre de forages			Débit moyen (l/s)	Volume soutiré hm ³ /an	Prof moyen (m)	Destination
	Total	Exploités	N Exploités				
Bounoura	18	13	3	30p	7.73	500	AEP+IRR+ AEI
El Atteuf	21	16	3	25p	6.70	500	AEP + IRR
Ghardaia	41	27	7	30p	14.90	500	AEP+IRR+ AEI
Daya bendahoua	20	9	8	20p	2.48	500	AEP + IRR
Berriane	22	12	6	30p	7.59	500	AEP+IRR+ AEI
Metlili	39	25	12	80a	13.42	500	AEP + IRR
Sebseb	14	10	4	60a	4.00	450	AEP + IRR
Mansourah	21	16	5	45 ^p	13.23	450	AEP + IRR
Hassi F'hel	40	33	6	20-70 ^{a+p}	59.47	450	AEP+IRR+ AEI
El Meniaa – Hassi Ghanem	262	209	34	30-60p	178.07	250	AEP+IRR+ AEI

^p: pompage

^a: artésien

Les forages de la zone de meniaa fournisse un debit de 60 l/s alors:

$$60 \text{ l/s} = 216 \text{ m}^3/\text{h}$$

AN :

1-pour le pivot de (50 ha) :

$$D = \frac{216 * 10.5 * 318.3}{(400+15)^2} = 3.73 \text{ mm}$$

2-pour le pivot de (40 ha) :

$$D = \frac{180 * 9.45 * 318.3}{(360+10)^2} = 3.38 \text{ mm}$$

3-pour le pivot de (30 ha) :

$$D = \frac{126 * 8.14 * 318.3}{(310+15)^2} = 2.66 \text{ mm}$$

V-3-7-débit requis pour un arroseur de pivot donné

$$Q_e = \frac{L * Q_p * L_e}{A * 95.5} \quad (V-8)$$

Avec :

Q_e : débit à l'arroseur (l/min).

L : distance jusqu'à l'arroseur (m).

Q_p : débit du pivot (m^3/h).

A : superficie irriguée par le pivot (ha).

L_e : espacement entre arroseurs (m).

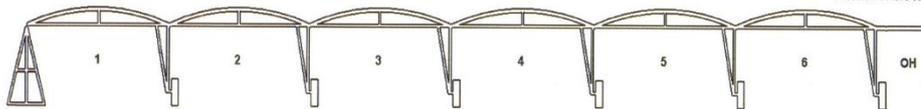
CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME

Détails Sélection Travées

Travée N°	Type Travée	Code Travée	Modèle Travée	Description Travée	Profil Travée	Longueur Travée (m)	Diam. Ext. Tube	C-Facteur	Nombre de Piquages	Espacement Nominal (mm)
1	First Span	ST2110-F	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 56m	Standard	56,7	168 mm...	140	19	2.960
2	Intermediate / Add Spar	ST2110-A	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 56m	Standard	56,3	168 mm...	140	19	2.960
3	Intermediate / Add Spar	ST2110-A	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 56m	Standard	56,3	168 mm...	140	19	2.960
4	Intermediate / Add Spar	ST2110-A	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 56m	Standard	56,3	168 mm...	140	19	2.960
5	Intermediate / Add Spar	ST2110-A	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 56m	Standard	56,3	168 mm...	140	19	2.960
6	Intermediate / Add Spar	ST2111-A	ST168	Poutre ST168 épaisseur 3mm - 50m	Standard	50,3	168 mm...	140	17	2.960
OH	Overhang	OH0004		Porte à faux épaisseur 3mm - 24m		24,7	127 mm...	140	8	3.000

Pression Pivot (calc.): 2,5 bar

Pression Finale (calc.): 1,7 bar



Base Pressure (spec.): 2,9 bar
 Débit Spécifié: 198,9 m³/h
 Longueur Totale Système: 356,6 m
 Surface Totale Couverte: 39,9 ha
 Débit/ha: 4,98 m³/h sur surface irriguée de 39,9 ha
 Dénivelé max: 0,0 m

Pneus: 14.9x24 - HI Float
 Vitesse DTR: 2,65 m/min

Fig :caractéristiques du système pivot (détails sélection travées).source(catalogue du OTECH)

1-pour le pivot de (50 ha) :

$$Q_e = \frac{56.7 * 3600 * 56.7}{60.8 * 95.5} = 2586.28 \text{ l/min}$$

Numero du travé	L(m)	Q _p (l/min)	L _e (m)	A(m ²)	A*95.5(m ²)	Q _e (l/min)
1	56.7	3600	56.7	60.8	5806.4	1993.25
2	113.4	3600	56.7	60.8	5806.4	3986.50
3	170.1	3600	56.7	60.8	5806.4	5979.75
4	226.8	3600	56.7	60.8	5806.4	7973.00
5	283.5	3600	56.7	60.8	5806.4	9966.25
6	340.2	3600	56.7	60.8	5806.4	11959.50
7	396.9	3600	56.7	60.8	5806.4	13952.75
8	436.9	3600	40	60.8	5806.4	15358.92

Tableau V-6: débit requis pour un arroseur a l'entrée du travé de pivot (60.8ha)

Numero du travé	L(m)	Q _p (l/min)	L _c (m)	A(m ²)	A*95.5(m ²)	Q _e (l/min)
1	52	3600	56.7	50.24	5806.4	1828.02
2	104	3600	56.7	50.24	5806.4	3656.05
3	160.7	3600	56.7	50.24	5806.4	5649.30
4	217.4	3600	56.7	50.24	5806.4	7642.55
5	274.1	3600	56.7	50.24	5806.4	9635.80
6	330.8	3600	56.7	50.24	5806.4	11629.05
7	387.5	3600	56.7	50.24	5806.4	13622.30
8	427.5	3600	40	50.24	5806.4	15028.47

Tableau V-7 : débit requis pour un arroseur a l'entrée du travé de pivot(50.24ha)

V-3-8-taux d'application moyen

Le taux d'application instantanée est tout aussi crucial pour l'efficacité des arroseurs, particulièrement sur sols limoneux sujets à tassement. Ce taux représente l'intensité maximale d'application de l'eau à un point donné.

Si les arroseurs appliquent l'eau à un rythme supérieur au taux d'infiltration du sol, les gains d'efficacité obtenus grâce aux cannes de descente et les économies réalisées grâce à un fonctionnement à basse pression sont vite contrecarrés par les pertes de ruissellement.

Le taux d'application moyen :

se calculer avec la formule suivantes :

$$I_a = \frac{Q_p * L_s}{A * 1.59 * L_d} \quad (V-9)$$

Avec :

L_a : taux d'application moyen (mm/h).

L_s : distance jusqu'à l'arroseur (m).

Q_p : débit du pivot (m³/h).

A : superficie irriguée par le pivot (ha).

L_d : espacement entre arroseurs (m).

Numero du travé	L(m)	Q _p (m ³ /h)	Ld(m)	A(ha)	A*1.59	La(mm/h)
1	5	126	5	38.5	96.672	1.30
2	10	126	5	38.5	96.672	2.61
3	15	126	5	38.5	96.672	3.91
4	20	126	5	38.5	96.672	5.21
5	25	126	5	38.5	96.672	6.52
6	30	126	5	38.5	96.672	7.82
7	35	126	5	38.5	96.672	9.12
8	40	126	5	38.5	96.672	10.43
9	45	126	5	38.5	96.672	11.73
10	50	126	5	38.5	96.672	13.03
11	55	126	5	38.5	96.672	14.34
12	60	126	5	38.5	96.672	15.64
13	65	126	5	38.5	96.672	16.94
14	70	126	5	38.5	96.672	18.25
15	75	126	5	38.5	96.672	19.55
16	80	126	5	38.5	96.672	20.85
17	85	126	6	38.5	96.672	18.46
18	91	126	6	38.5	96.672	19.77
19	97	126	6	38.5	96.672	21.07
20	103	126	6	38.5	96.672	22.37
21	109	126	7	38.5	96.672	20.30
22	116	126	7	38.5	96.672	21.60
23	123	126	7	38.5	96.672	22.90
24	130	126	8	38.5	96.672	21.18
25	138	126	9	38.5	96.672	19.99
26	147	126	9	38.5	96.672	21.29
27	156	126	10	38.5	96.672	20.33
28	166	126	10	38.5	96.672	21.64
29	176	126	11	38.5	96.672	20.85
30	187	126	12	38.5	96.672	20.31
31	199	126	12	38.5	96.672	21.61
32	211	126	13	38.5	96.672	21.15
33	224	126	14	38.5	96.672	20.85
34	238	126	15	38.5	96.672	20.68
35	253	126	15	38.5	96.672	21.98
36	268	126	16	38.5	96.672	21.83
37	284	126	17	38.5	96.672	21.77
38	301	126	18	38.5	96.672	21.80
39	319	126	19	38.5	96.672	21.88

Tableau V-8 : débit requis pour un arroseur de pivot(38.5ha) donné

V-4-Les régulations de Pression

Le rôle du régulateur de pression d'un système d'arrosage par pivots consiste à transformer une pression d'alimentation variable en une pression de sortie fixe, quelles que soient les variations de pression causées par les conditions hydrauliques, les accidents de terrain, les techniques de pompage etc. Les avantages sont nombreux:

Hauteur d'irrigation uniforme.

Contrôle de la performance d'arrosage (taille des gouttes et portée).

Souplesse de fonctionnement.

V-5-Calcul de la hauteur manométrique totale nécessaire

Notre zone d'étude se compose en totalité de 4 parcelles irriguées par 4 pivots de différents alimentes respectivement par 2 forages :

La hauteur manométrique totales se calculer par la formules suivants :

$$HMT=H_g+\sum DH \quad (V-10)$$

Avec :

HMT: hauteur manométrique total (m).

H_g : hauteur géométrique (m).

DH :perte de charge (m).

V-5-1-Calcul de la hauteur géométrique

La hauteur géométrique ne peut être déterminé qu'après avoir déterminer le niveau statique et le niveau dynamique. Pour les caractéristiques hydrodynamiques, nous nous somme référé aux forages exploitées près de notre zone d'étude qui sont regroupés dans le tableau suivant :

nom du forage	Profondeur (m)	N-S(m)	N-D(m)	Debit l/s
H.boumedie ne	150	12.49	39.33	60
Moulay chrif	150	12.49	39.33	50
Djilali	150	12.65	20	35
elmostakble	150	19.16	21.41	50

Tableau V-9 :caractéristiques hydrodynamiques des forage (ANRH-Ghardaia)

La hauteur géométrique se calculer avec la formules suivant :

$$H_g = H_n + p_p \quad (V-11)$$

H_g :hauteur géométrique.

H_n :hauteur de refoulement.

P_p : la pression nécessaire du fonctionnement du canon.

25m étant la pression nécessaire du fonctionnement du canon

Par exemple pour le champ N°I :

la hauteur **39.33 m** :correspond au niveau dynamique

$$H_g = (39.33 + 3,7) + 25 = 68.03 \text{ m}$$

3,7 m :correspond à la hauteur du pivot.

V-5-2-Calcul des pertes de charges

La détermination des pertes des charges faites par la formule de DARCY est donnée par L'expression suivante :

$$DH = \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \cdot L \quad (V-12)$$

Avec :

Q : débit du système (m³/h).

D :diamètre de conduite(m).

λ: calculer par la formule de COOLBROK-WHITE .

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}}\right) \quad (V-13)$$

On prend :Re=10⁷

Type de materiau	ε (mm)	D(mm)	λ (mm)
Acier	0.01	168.3	0.013
Acier galvanise	0.013	200	0.0019

Tableau V-10: calcul du valeur de λ

V-6-Calcul du diametre de la conduite de refoulement

Se calcule avec la formule suivante :

$$Q=S*V \quad (V-14)$$

Avec :

Q:débit du pivot (l/s).

S :section de la conduite $Re=10^7$.

V :vitesse dans la conduite (m/s) qui est de 1m/s.

$$Q=S*V=V \frac{\pi.D^2}{4} \text{ donc } D = \sqrt{\frac{4.Q}{V.\pi}} = \sqrt{\frac{4*0.038}{1*3.14}} = 0.220 \text{ m}$$

Donc : D=220mm on prend D=200mm (diamètre disponible).

Les pertes de charges totale dans la conduite sont :

$$DH_{\text{totale}} = 1.15 * \sum DH \quad (V-15)$$

parcelle	AC(m)	Ah _{AC} (m)	Ah ^L tot(m)	Ah tot(m)
I	400	1.181	3.77	4.34
II	400	1.181	3.53	4.05
III	360	1.181	3.69	4.24
IV	310	1.181	3.25	3.74

Tableau V-11 :calcul du perte de charge du pivots

$$\text{Alors :HMT} = H_g + \sum DH$$

parcelles	Hg (m)	DH ^{tot} (m)	HMT (m)
I	68.03	4.34	72.37
II	68.03	4.05	72.08
III	48.7	4.24	52.94
IV	50.11	3.74	53.85

Tableau V-12 :Calcul de la hauteur manométrique totale

V-7-Choix de la pompe

Le choix de la pompe est en fonction des paramètres suivants :

- Débit.
- Hauteur manométrique HMT.

D'après le catalogue (annexe) le nombre de tour $N=2900$ tr/min.

Le rendement $\eta=70\%$.

1-Pour les parcelles I et II de superficie de 60.8 ha.

Le débit= $60\text{l/s}=216\text{m}^3/\text{h}$.

HMT= 53.85 m

On choisie la pompe immergée 24FN 3-N qui assure un débit $Q=216\text{m}^3/\text{h}$ et HMT= 75m . (voir l'annexe).

2-Pour les parcelles III et IV de superficie de 50.24 ha.

Le débit= $50\text{l/s}=180\text{m}^3/\text{h}$.

HMT= 53.85 m

On choisie la pompe immergée 24FN 2-N qui assure un débit $Q=180\text{m}^3/\text{h}$ et HMT= 60m . (voir l'annexe).

V-7-1-Calcul de la puissance de la pompe

La puissance de la pompe est égale au travail réalise par la pompe :

$$P_u = g.H.Q \quad (\text{V-16})$$

Avec :

P_u :la puissance de la pompe (Kw).

Q :débit de la pompe (m^3/s).

H :hauteur manométrique totale (m).

1-pour la pompe :24FN 3-N :

$$P_u = 9.81 * 0.06 * 75 = 44.14 \text{ kw.}$$

2-pour la pompe : 24FN 2-N:

$$P_u = 9.81 * 0.05 * 60 = 29.43 \text{ kw.}$$

V-7-2-Calcul de la puissance totale de la pompe

$$P_a = \frac{P_u}{\eta} \quad (V-17)$$

Avec :

P_a :puissance totale de la pompe (Kw).

Le rendement de la pompe=70%

1-pour la pompe :24FN 3-N : $P_a = \frac{44.14}{0.7} = 60.05 \text{ Kw.}$

2-pour la pompe : 24FN 2-N: $P_a = \frac{29.43}{0.7} = 42.04 \text{ Kw.}$

3-pour la pompe : 24FN 2-C: $P_a = \frac{18.88}{0.7} = 26.97 \text{ Kw.}$

Conclusion

L'irrigation par pivot consiste à adopter l'uniformité de l'arrosage tout le long du pivot avec la vitesse de l'infiltration du sol,il faut donc que l'intensité disponible soit inférieur ou égale à la vitesse de l'infiltration du sol.

A Hassi Ghanem et comme le sol est sableu limoneuse,d'apres les resultats on a la pémeabilité $K=22\text{mm/h}$ on comparent les valeurs calcules de l'intensité on s'apercevoit que ces valeurs sont toutes inférieures a 22 mm/h donc le risque de ruissellement sera écarté.

CHAPITRE VI

Evaluation

Economique et

Financière du Projet

Chapitre VI : Evaluation Economique et Financière du Projet**VI-1-Introduction**

L'évaluation économique et financière permet d'apprécier la rentabilité du projet par comparaison des couts calcules et des avantages tires. Elle consiste en l'estimation du cout du projet, les recettes du projet ou chiffre d'affaire, les résultats prévisionnels de l'exploitation, l'appréciation de la rentabilité financière et l'analyse économique.

VI-2-les principaux composants des Pivots

Un pivot ou une rampe frontale comportent les éléments suivants :

Une travée, constituée par la canalisation et la structure et qui relie deux tours.

Une tour qui supporte les travées et qui comporte les mécanismes d'entraînement et les roues.

Les sorties qui sont les points où l'eau sort de la canalisation principale.

Les distributeurs qui sont fixés directement sur les sorties ou sur des cannes de descente rigides ou flexibles. L'eau est apportée aux plantes grâce aux distributeurs.

Les cannes de descente qui sont des canalisations de faible diamètre, rigides ou flexibles et qui permettent de placer les distributeurs plus près du sol.

VI-3-Les objectifs en investissant dans un pivot

Vous pouvez vous informer auprès des conseillers agricoles ou participer à des séminaires, à des ateliers ou à des stages de formation traitant de ces questions pour vous aider à mieux définir vos objectifs à long terme et vous permettre ainsi de réaliser vos souhaits.

Les principaux éléments à prendre en considération sont les suivants :

Passez-vous d'une irrigation gravitaire ou d'une friche à une irrigation par pivot ou par rampe frontale? Ceci peut avoir des incidences sur les coûts et sur ce que vous espérez obtenir de votre investissement.

Est-ce que votre principal objectif en envisageant un pivot ou une rampe frontale est d'économiser de l'eau ? Sur des sols sableux vous faites des économies d'eau substantiels mais pas sur des sols argileux.

Votre objectif principal porte-il sur des économies de main-d'œuvre ?

Avec les pivots et les rampes frontales, les coûts de fonctionnement sont importants. Vous devez être conscient de cela.

La gestion des pivots et des rampes frontales est différente de celle de l'irrigation gravitaire. Êtes-vous prêts pour cela ?

VI-4-Eléments à prendre en compte lors de la conception d'un projet

La capacité du système

est le critère le plus important à prendre en compte lors de la conception d'un pivot ou d'une rampe frontale. Par le passé, pour minimiser les coûts, de nombreuses installations ont été sous-dimensionnées et sont incapables de satisfaire les besoins en eau de la culture en période de pointe. Ceci a comme conséquences de faibles rendements et dans les cas extrêmes la mort de la culture.

La capacité d'un pivot est la quantité d'eau qui peut être apportée à la zone irriguée et exprimée en millimètres par jour (mm/jour). Généralement cette valeur est comprise entre 8 et 20 mm/jour. C'est le principal critère sur lequel sont basés les dimensionnements des pompes, des canalisations et des asperseurs et qui pour un pivot donné peut être calculé de la façon suivante :

$$\text{Capacité du système} = (\text{ML/jour} \times 100) / (\text{Surface irriguée en ha}).$$

Une installation sous dimensionnée ne sera pas capable d'apporter suffisamment d'eau lors d'une période chaude. Par contre bien calculée elle répondra aisément aux besoins en irrigation même lors de conditions climatiques extrêmes. Mais ceci augmente les coûts d'investissement (canalisations, pompes et/ou pressions plus grandes).

VI-5-les compromis entre coûts d'investissement et coûts de fonctionnement :

Le choix du diamètre de la canalisation d'un pivot et de la canalisation principale d'alimentation implique un compromis entre les coûts d'investissement et la pression de fonctionnement qui détermine les coûts permanents de fonctionnement.

VI-6-Choix des asperseurs :

Il existe énormément d'asperseurs et de buses disponibles. Les asperseurs ne représentent que 7% du coût total mais sont responsables à 70% des performances de l'irrigation.

Les asperseurs avec plateau fixe sont les plus simples et les moins chers. Avec une portée assez faible, ils sont utilisables sur des prairies à condition d'être suffisamment resserrés le long de la canalisation du pivot et que la pluviométrie ne soit pas trop élevée.

Les asperseurs avec plateau tournant ont une portée plus grande, donnent des gouttes de taille plus uniforme et une pluviométrie plus régulière.

Le remplacement d'asperseurs anciens, peu performants améliore les performances de façon simple et rentable.

VI-7-Le canon d'extrémité pour le Pivot :

Les canons d'extrémité ne sont généralement pas recommandés car la zone humide ainsi créée est souvent hétérogène, particulièrement en conditions ventées (même avec un vent léger). De plus, ils demandent une pression de fonctionnement plus importante que celle qui est nécessaire pour la plupart des asperseurs moderne basse pression, d'où une augmentation considérable des coûts de fonctionnement.

Lorsqu'un canon d'extrémité est installé, il doit être mis en pression par un surpresseur placé à la fin du pivot.

VI-8-Comment gérer un pivot :

C'est par une bonne gestion que l'on obtient le maximum de productivité d'un système d'irrigation. Les éléments clés de cette gestion sont :

VI-8-1-Gestion de l'irrigation :

L'installation doit être capable de satisfaire les besoins en eau de la culture. Les pivots et les rampes frontales ne sont pas aussi tolérants que les systèmes d'irrigation de surface.

VI-8-2-Gestion des prairies :

Lorsque l'on prévoit de faire pâturer les animaux, les asperseurs doivent être placés hors de leur atteinte pour éviter tout contact. Il faut également prendre en compte les accès et les barrières qui peuvent être radiales ou circulaires.

VI-8-3-Ornières créées par les roues :

Les risques d'embourbement et les ornières créées par les roues causent parfois des problèmes importants. Au niveau des passages de roues, pour les maintenir secs, les nouvelles installations doivent être équipées d'un "pack roues sèches" (asperseurs à secteur placés sur tubes de descente ou mise en place de boombacs). Pour éviter la formation d'ornières, les passages de roues peuvent être aménagés et compactés lors de l'installation du pivot afin que l'eau ne s'accumule pas à ces endroits et pour les maintenir en l'état on recommande de les entretenir régulièrement.

VI-9-Evaluation du cout du projet

Cela consiste à évaluer physiquement et financièrement les actions et opérations de mise en valeur retenues. Le cout de chaque composante du projet a été évalué à partir de fiches techniques de base et des prix actuels pratiques sur le marché des biens et services. De même qu'il a été tenu compte des normes de couts établies en concertation.

Nature des actions	Unite	Quantite	Cout Unitaire (DA)	Montant global(DA)
Amelioration fonciere	Ha	200	45000	9000000
Ouverture de pistes	Km	67,76	2 369 600	160564096
Brise vent	Km	35,782	212121	7590114
Amenee energie electrique	Km	25,032	3 500 000	87612000
Acquisition groupe electrogene 100 KVA	u	2	1600000	3200000
Forages (profondeur 150 m)	u	2	66667	133334
Abri de forages	u	2	1200 000	2400000
Conduite d'irrigation principale	Km	4	8 073 000	32292000
Equipement forage	u	4	6000000	24000000
Pompes pour reservoirs	u	4	410000	1640000
Reseau d'irrigation par pivot	u	4	7000000	28000000
Etude/suivi aménagement hydraulique	-	-	5% cout du projet	9126906.889
Total composante hydraulique	-	-	-	97592240.89
cout global du projet	-	-	-	365558450.9
Coat :DA/ha	-	-	-	1827792.254

TableauVI-1 : évaluation du cout du projet(BNEDER-ALGER)

VI-10-Rentabilite financière du projet

La rentabilité financière est exprimée principalement par la VAN (valeur actualisée nette), le TRI (taux de rentabilité interne), l'IP (indice de profitabilité) et le DRC (délai de récupération des capitaux). Pour les besoins de calcul de ces indices de rentabilité, l'examen de l'évolution des flux financiers constitue une étape importante.

Designation	Flux non actualises(DA)	Coefficient d'actualisation	Flux actualises(DA)	Flux actualises cumulees(DA)
Annee 1	513734 902	0,9091	467 036 399	467 036 399
Annee 2	765 500 902	0,8264	632 609 945	1099646 345
Annee 3	1017 266 902	0,7513	764 272 623	1863918 968
Annee 4	1016 084 902	0,683	693 985 988	2 557 904 956
Annee 5	1251302 902	0,6209	776 933 972	3 334 838 928
Annee 6	1269 861227	0,606	769 535 904	4 104 374 832
Annee 7	1457 791162	0,568	828 025 380	4 932 400 212
Annee 8	1486 199 486	0,534	793 630 526	5 726 030 737
Annee 9	1530303 292	0,505	772 803162	6 498 833 900
Annee 10	1609883 227	0,478	769 524 183	7 268 358 082

Tableau VI-2: Evolution des flux financiers (BNEDER ALGER)

VI-11-Valeur actualisée nette VAN

La notion de la VAN occupe une place centrale dans les méthodes de sélection et d'évaluation financières appliquées aux projets d'investissement. L'étude financière des projets d'investissement conduit à les ramener à une succession de mouvements monétaires. Ces flux monétaires composent généralement une ou plusieurs avances de fonds correspondant au coût initial de chaque investissement, une succession de revenus monétaires futurs dégagés par sa mise en œuvre. En contrepartie du coût initial du projet, l'exploitant espère des *revenus futurs* plus ou moins durables. Ces revenus monétaires futurs sont mesurés par les « cash-flow » ou « surplus monétaires » prévisionnels que l'on peut anticiper. Ces cash-flows traduisent les excédents annuels des recettes sur les dépenses futures associées au projet étudié. Dès lors, la démarche concevable pour juger la qualité de l'investissement consiste à comparer le coût initial du projet et les surplus monétaires qu'il engendrera.

$$\text{VAN}(i) \text{ d'un Investissement} = - \text{somme des cash-flows actualisés} - \text{coût initial}$$

$$\text{VAN} = -1 + F_1 / (1+r)^1 + F_2 / (1+r)^2 + F_3 / (1+r)^3 + \dots + F_n / (1+r)^n + \dots \quad (\text{VI-1})$$

Le taux d'actualisation pour notre cas est majoré à 10%, bien que le crédit soit bonifié (taux d'intérêt 0% durant les trois premières années). Il faut en effet prendre en considération l'inflation économique et la perte de valeur des fonds soit :

$$\text{VAN} = - 3 298 084 825 \text{ DA} + 7 268 358 082 \text{ DA} = + 3 970 273 257 \text{ DA.}$$

Durant la période considérée (10 ans), la VAN qui permet de mesurer la création de richesse attendue du projet d'investissement est positive. Le projet envisagé permet donc, grâce

aux revenus futurs qu'il semble devoir produire, de reconstituer les capitaux initialement avancés et de dégager un surcroît de richesse.

Ce projet est par conséquent à retenir puisqu'il enrichit l'exploitation en assurant la reproduction élargie des mises de fonds effectuées.

VI-12- Taux de rentabilité interne TRI

Le TRI permet d'évaluer le taux de rentabilité interne d'un projet, en ne tenant pas compte des sources de financement. Il s'agit donc d'un outil de décision à l'investissement car un projet ne sera généralement retenu que si son TRI prévisible est suffisamment supérieur au taux bancaire, pour tenir compte notamment de la prime de risque propre au type de projet. On le calcule par la formule de la VAN = 0, c'est à dire le taux qui nous permet de rentabiliser notre investissement initial pour un certain nombre d'années et cash-flows bien connus. Le TRI de base (économique) est donc le taux de rendement actuariel à permettant de résoudre l'équation suivante :

$$VAN_0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+a)^t} = 0 \quad (\text{VI-2})$$

F_t : flux totaux de liquidité prévisionnels en t (t=0...,n).

n : horizon prévisionnel du projet .

a : TRI de base du projet.

Le TRI a été calculé suivant la variante : on considère l'investissement global (3298 084 825 DA), Les résultats de nos calculs ont donné un TRI égal à **24%**.

VI-13- Délai de récupération des capitaux DRC

Le délai de récupération des investissements est fonction de la somme des cash-flows cumules, et

dont le calcul réalisé donne le résultat suivant : la récupération des capitaux

(3298084825 DA) pourrait intervenir à la **6^{ème} année** qui correspond à un cash-flow cumulée égal à **4104374832 DA**.

Ce délai de 06 ans, pour une activité agricole intensive, est acceptable et ne constitue pas une contrainte majeure quant à la performance et la durabilité du projet. Il s'explique entre autres par le fait que le Blé et l'orge entrent en production respectivement à partir de **la 5^{ème} et la 7^{ème} année**. Or, ces spéculations sont importantes au niveau du périmètre.

VI-14-Rendements à l'hectare

On différenciera entre rendement seuil qui permet de couvrir la totalité des charges, et rendement durable qui permet de dégager un revenu à même de permettre la rémunération des charges, augmentée de la redevance et l'annuité de remboursement de l'investissement. L'évaluation se fera par culture de référence.

Pour le Blé, nous considérons un rendement durable (condition optimum) de 80 Qx/ha, alors que le rendement seuil est de seulement 20 Qx/ha.

Pour l'orge, nous considérons un rendement durable (condition optimum) de 250 Qx/ha, alors que le rendement seuil est de seulement 100 Qx/ha.

Pour la pomme de terre, le rendement durable (condition optimum) est de 300 Qx/ha,

alors que le rendement seuil est de 247 Qx/ha.

Pour l'oignon, le rendement durable (condition optimum) est de 2000 Qx/ha, alors que le rendement seuil est de seulement 278 Qx/ha.

VI-15-Valeur ajouté à l'hectare

Elle est exprimée par la « différence entre la valeur de la production réelle et celle des consommations intermédiaires », en ne prenant donc pas en considération les frais de main d'œuvre. Dans ce cas aussi, le calcul se fera par culture. C'est la tomate sous serre qui assure la plus grande valeur ajoutée, suivie du palmier dattier, l'oranger et les cultures maraichères de plein champ.

Conclusion

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localise et le réseau de distribution est évalué à **1827792.254 DA/ha**.

D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation par pivot est relativement importante. Cette élévation est due à l'utilisation d'un appareillage important pour mettre notre périmètre dans les bonnes conditions ainsi que la rentabilité de notre périmètre est du 6eme année, en fait que notre projet est rentable dans les **10** ans d'investissement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif fondamental visé par l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude est de dimensionner un réseau d'irrigation du périmètre de Hassi Ghanem-secteur 03- (wilaya de Ghardaïa) à partir de deux Forage.

Vu le retard de développement de la production agricole dans la région d'étude qui se heurte en premier lieu, à une réalité climatique dont on a pu en faire une analyse climatique et en déterminer les contraintes naturelles, Parce qu'étant un support indispensable on peut dire que notre climat est de type « saharienne » d'étage climatique. Nous avons également insisté sur la géologie, l'hydrogéologie et la pédologie de la région, En seconde lieu, on a évoqué la ressource d'eau ; sa disponibilité, la composition chimique et la classification des eaux pour l'irrigation, on est arrivé à dire que l'eau du deux forage est de bonne qualité, donc elle peut être utilisée pour l'irrigation de notre parcelle.

On s'aperçoit, en effet, que cette analyse qui a été faite sur les différentes contraintes qui caractérisent notre région d'étude nous oblige à opérer le bon choix de la technique et le système d'irrigation. Et pour que ce choix s'établisse correctement on a jugé utile de déterminer les besoins en eau.

Enfin, le choix s'est porté sur le système d'irrigation par pivot, vu que ce dernier répond parfaitement aux exigences des cultures choisies, et c'est le plus recommandé de par le monde afin d'économiser la ressource d'eau.

Dimensionner ; ne se limite pas seulement au dimensionnement du réseau d'irrigation, mais aussi les différents organes du réseau d'irrigation, comme les bassins de reprise et de stockages, Puis vers la conduite principale qui alimente les pivots, où ces dernières alimentent les travées, et au final, on arrive aux asperseurs qui alimentent les plantes. Ce qu'il convient de mettre en exergue dans ce travail est le coût de projet, dont le devis estimatif est très élevé, plus de 300 million dinars, cette élévation est due à l'utilisation de tout équipement nécessaire et assez raisonnable, le projet va apporter l'économie sur les mains d'œuvre et automatisation su système d'irrigation.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures p40.

[2] Bulletin DE FAO N° 24 Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C* E F) p45.

[3]F.ZEROUATI (2014), Dimensionnement du périmètre d'irrigation de boukali commune el abadia wilaya d'Ain defla.

[4] A.KANTAOUI (2015) dimensionnement d'un réseau d'irrigation périmètre de bordjia dans la commune de Sirat (Mostaganem) sur 107 ha à partir de forage.

[5] T.BENDADA (2013) : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre Tlaghma-Secteur Sud- (Wilaya de Mila) d'une superficie de 358 ha. À partir du barrage réservoir. .

[6] Ollier, Ch, Poirée, M (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P p117.

[8] R.Moussaoui (2013) : dimensionnement d'un réseau d'irrigation par système goutte à goutte d'un périmètre destiné à la culture maraichère, Hassi Khalifa (W. El Oued). 2013.

[9] B.TOUAIBIA (2001-2002) :« Cours de l'hydrologie » ENSH, Guerouaou (Blida)

[10]B. BENHAFID(2008) : Etude du réseau d'irrigation du périmètre El-Houba (W-Biskra.

(11) nelson :solution innovantes pour l'irrigation sur pivot.

(12) http://www.agrometeo.fr/coef_cultureaux.asp

(13) <http://www.irrijardin.fr/boutique/goutte-a-goutte/toutes-les-marques/all>

(14) <https://www.google.com/search?tbm=bks&q=pivot>

(15)<http://irrigazette.com/fr/articles/inverstir-dans-un-pivot-ou-une-rampe-frontale>

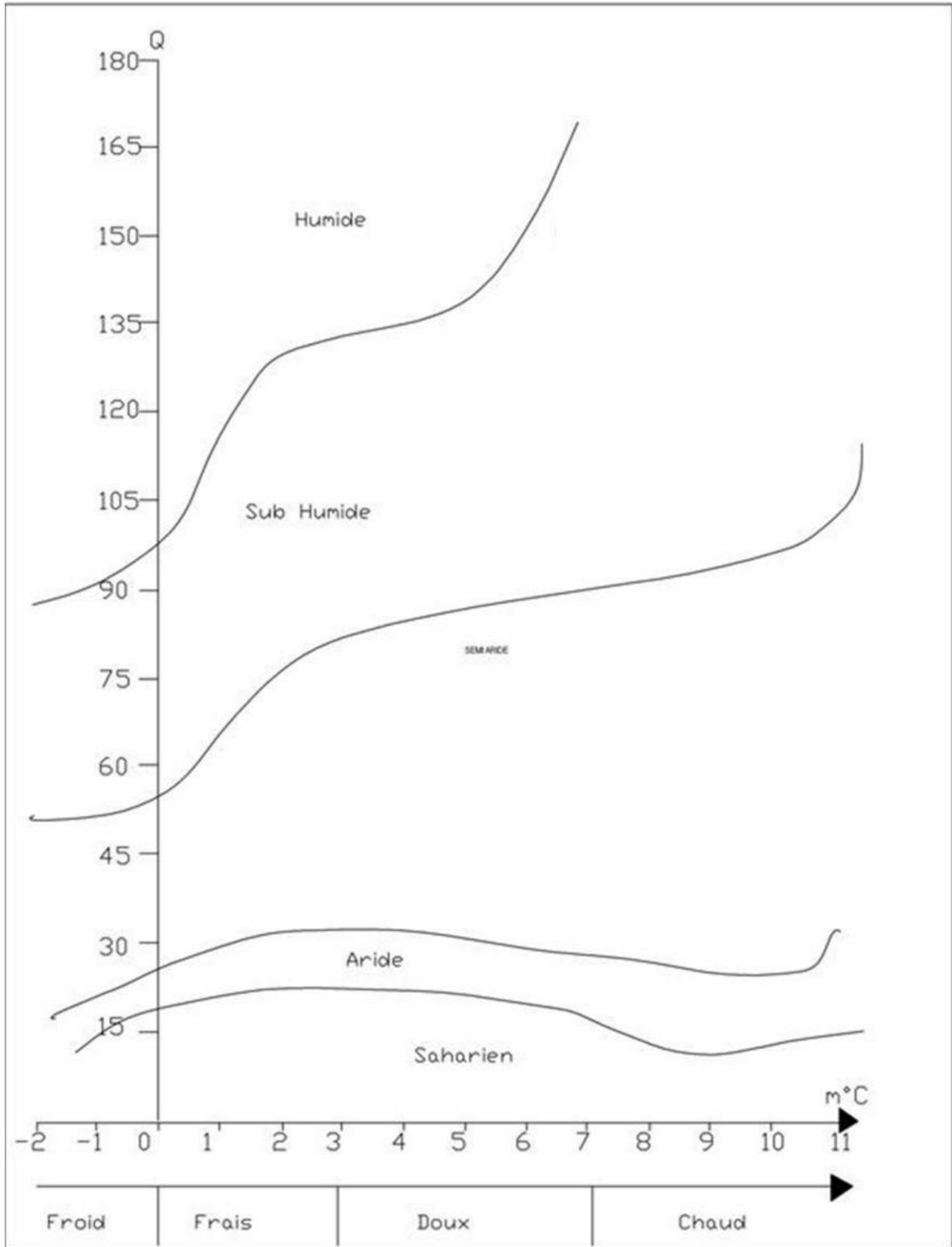


Diagramme bioclimatique d'Emberger

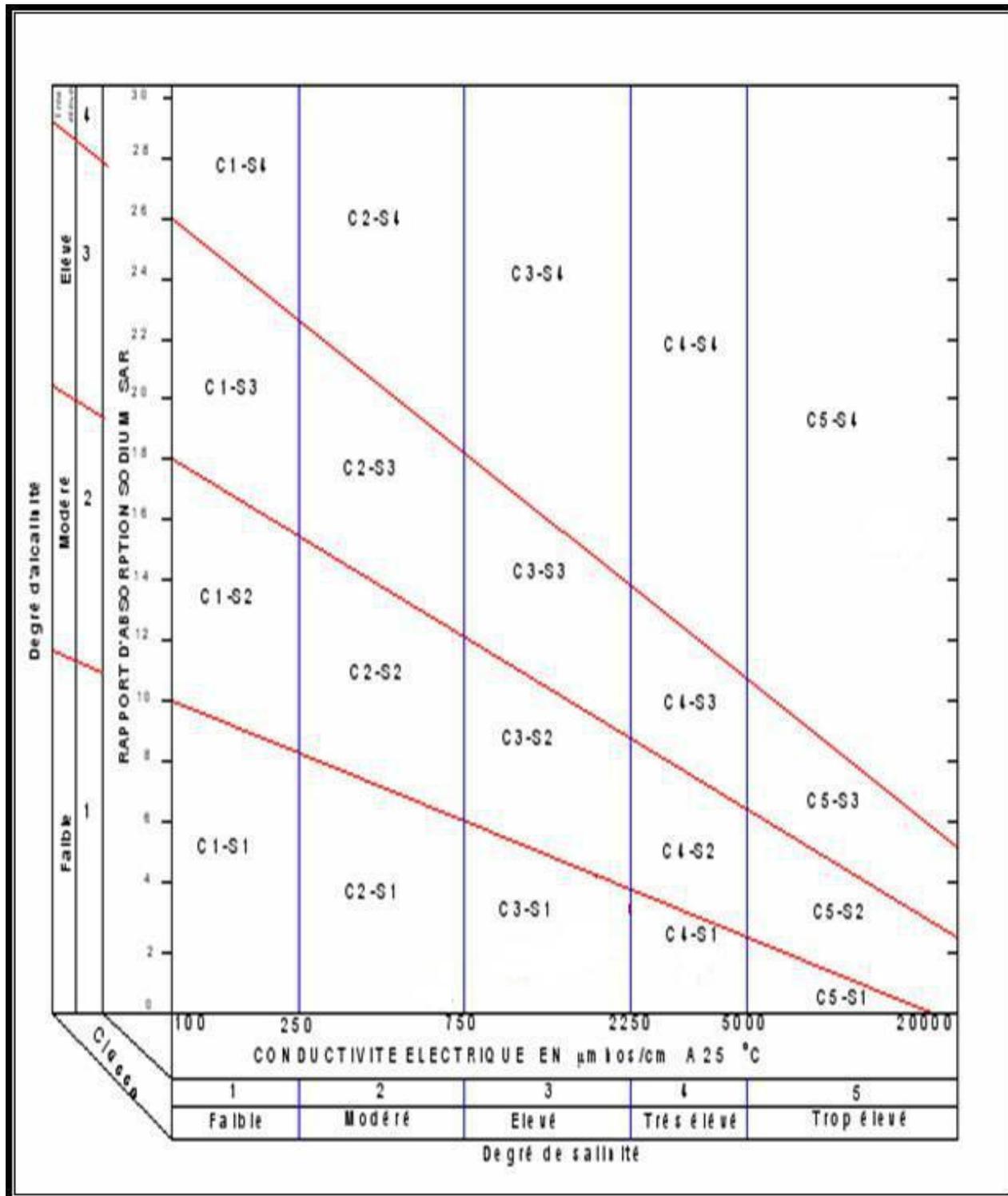


Diagramme de classification des eaux d'irrigation

ANNEXE 5

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

ANNEXE 6

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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

ANNEXE

ANNEXE 7

Sondage: SALSABIL F.N°01

Projet: Mise en bouteille

Date des travaux: 03/02/2002

Lieu d'implantation: El Menia

Foré par: DJEBALI FORAGE

Coordonnées: Long.: 02° 53' 29" Latit.: 30° 35' 51" Z :404m

Methode de forage: Rotary

