

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa  
Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologie

N° d'ordre :

N° de série :

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## **MASTER**

**Domaine** : Sciences et Technologies.

**Filière** : Hydraulique.

**Spécialité** : Sciences des eaux et l'environnement.

**Par** : **KHEMGANI SARRA**

## **Thème**

**Diagnostic du réseau d'irrigation et des équipements hydrauliques de la ferme agricole Ben Hammouda Kadour à Hassi Lfhel - Ghardaïa**

**Soutenu publiquement le : 10/06/2017 a 9.00**

### **Devant le jury :**

<b>Mme. AZOUZ FATIMA ZAHRA</b>	MAB	Univ. Ghardaïa	<b>Présidente</b>
<b>Mr. CHOUIREB MUSTAFA</b>	Doct	DRH Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>Mr. CHEBIHI LAKHDAR</b>	MAB	Univ. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>Mr. OULED BELKHIR Cheikh</b>	MAA	Univ. Ghardaïa	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire : 2016/2017.**

## Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 01 TYPES DES RESEAUX D'IRRIGATION	
1.1 Généralité .....	3
1.2. Classification des réseaux d'irrigation .....	3
1.2.1. Irrigation graviter .....	3
2.3. Bilan hydrique.....	15
3.4. conclusion .....	16
Chapitre 3 EAU DANS LE SOL	
3.1. L'humidité caractéristique .....	17
3.1.1. Eau de rétention .....	17
3.1.2. Eau capillaire .....	18
3.1.3. Eau gravifique .....	18
3.2. La teneur en est la porosité.....	18
3.3. conclusion .....	18
Chapitre 4PRESENTATION DE LA COMMUNE HASSI LFEHEL	
4.1. Situation géographique.....	23
4.2. Étude climatologique de la région Hassi Lfhel .....	24
4.2.1. Présentation de la station climatique .....	24
4.2.1.1. Analyse des précipitations .....	24
4.2.1.5. Insolation .....	31
4.2.1.6. Synthèse climatique.....	31
4.2.1.7. Etude de l'évaporation .....	32
4.3. Hydrographie et Géomorphologie de la région d'étude .....	34
4.4. Cadre géologique.....	34
4.4.1. Secondaire .....	34
4.4.2. Tertiaire.....	35
4.4.3. Quaternaire .....	35
4.5. Hydrogéologie et ressources en eau.....	36
4.5.1. Nappe phréatique.....	36
4.5.2. Nappe du continental intercalaire (CI) .....	36
4.6.1. Population .....	37
4.6.2. Détermination de nombre d'habitant.....	38
4.6.3. Industrie.....	38
4.6.4. Agriculture .....	38
4.6.4.1 Terres agricoles.....	38

4.7. conclusion .....	39
<b>Chapitre 05 PRESENTATION DE LA FERME PILOT PRESENTATION DE LA FERME PILOT</b>	
5.1. Situation de la ferme pilote .....	42
5.2. Surface-parcellaire et culture .....	43
5.2.1. Parcellaire actuel.....	43
5.2.2. Surfaces des cultures .....	44
5.3. Equipements hydro-agricole (Pivots) .....	46
5.4. Ressources en sols .....	47
5.4.1. Classification des profils pédologiques.....	47
5.4.2. Analyse de la salinité des sols .....	48
5.4.2.1. Prélèvements.....	48
5.4.2.2. Résultat d'analyse .....	48
5.5. conclusion .....	47
6.1. Démarche sur terrain.....	50
6.2. Méthodologie du diagnostic .....	50
6.3. Etat de forages .....	51
6.2.1. Caractéristiques de captage .....	51
6.2.2. Caractéristiques hydrotechniques des forages.....	52
6.2.3. Coupe lithologique des forages .....	53
6.2.4. Caractérisation des eaux de forage .....	53
6.2.5. Résultats d'analyses hydro-chimiques.....	54
6.2.6. Discussion et commentaire des résultats du diagnostic des forages .....	55
6.3. Diagnostic du réseau d'irrigation.....	55
6.3.1. Tableaux de diagnostic .....	55
6.3.2. Discussion et commentaire des résultats du diagnostic du réseau d'irrigation .....	59
6.4. Rdimensionnement du réseau d'irrigation et vérification de la capacité de desserte.....	60
6.4.1. Méthodologie de redimensionnement du réseau .....	60
6.4.1.1. Besoins Nets en eau des cultures .....	61
6.4.2. Tableau des calculs hydrauliques.....	61
6.5. conclusion .....	62
Conclusion générale .....	67

---

## Liste des figures

### Partie bibliographique

Figure N° 1.01. Irrigation par bassin. (Systèmes d'irrigation)	4
Figure N° 1.02 irrigation par sillons(systèmes d'irrigation).	5
Figure N° 1.03 irrigation par planches (méthode d'irrigation en milieu aride).	6
Figure N° 1.04. Irrigation par aspersion (systèmes d'irrigation)	6
Figure N° 1.05 : irrigation au goutte à goutte(systèmes d'irrigation).	7
Figure N° 2.01 : représentation schématique du chemin de l'eau à travers la plante ( <a href="http://www.u-picardie.fr">www.u-picardie.fr</a> ).	13
Figure N° 3.1. L'état de l'eau dans le sol( <a href="http://data.bnf.fr">data.bnf.fr</a> ).	17
Figure N° 3.2. Différentes porosités d'un sol ( <a href="http://data.bnf.fr">data.bnf.fr</a> ).	19
Figure N° 3.3. Tension de succion d'un sol (saturé, humide ou sec), ( <a href="http://www.u-picardie.fr">www.u-picardie.fr</a> ).	21
Figure N° 3.04. Variation de l'humidité caractéristique du sol en fonction de la croissance Végétative.	21
Partie pratique	
Figure N°4.01. Limites administratives	23
Figure N°4.03. Précipitations moyennes mensuelles (2004-2014)	24
Figure N°4.04. Précipitations maximales (2004-2014)	26
Figure N°4.5 la température moyenne mensuelle (2004-2014).	28
Figure N°4.06 l'humidité moyenne (2004-2014).	28
Figure N°4.07. La vitesse du vent (2004-2014).	30
Figure N°4.08. L'ensoleillement moyenne mensuelle (2004-2014)	31
Figure N°4.09. Diagramme ombrothermique.	32
Figure N°4.10. Evaporation moyenne mensuelle (2004-2014).	33
Figure N°4.11. Légende carte géologique de la région (ANRH, 1998)	35
Figure N°4.12. Limites des aquifères ci et ct (ANRH, 2012).	37

Figure 5.1. Plan de situation de la ferme Ben Hammouda Kadour (Google earth)	41
Figure N°5.02. Pivotal d'irrigation de la ferme (31 /12/2016).	45
Figure N°5.3. Description des profils (Bet Nils ,2016).	46
Figure N°5.04. Les points d'échantillonnage du sol(carte d'état majeurs).	47
Figure N°5.05. Histogramme des résultats d'analyse de ce (ms/cm)	47
Figure N°6.01. Carte de situation des forages de la ferme (Google earth)	50
Figure N°6.02. Coupe lithologique du forage type dans la ferme (ANRH, 2011)	51
Figure N°6.03. Mesure de ph, ce et TDS des eaux de forage Au laboratoire de l'université de Ghardaïa	52
Figure N°6.04. Ph des échantillons	52
Figure N°6.5. La conductivité des échantillons des échantillons	52
Figure N°6.6. La teneur en magnésium des échantillons en (mg/l).	52
Figure N°6.7. La teneur en calcium dans les échantillons en (mg/l).	52
Figure N°6.8. Résultat de TDS des échantillons en (mg/l).	52
Figure 6.09. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme.	57
Photo N°6.10. Conduites de réseau principal	58
Figure N° 6.11. Réseau mixte amiante-ciment et PEHD(24/04/2017).	58
Figure N° 6.12. Photo d'une niche à côté du forage 4 situé au nord de la ferme : absence d'un socle de niche parcellaire (11/04/2017)	58
Figure N° 6.13. La fuite de conduite (11/04/2017)	58
Figure N°6.14. Pompe sablé (11/04/2017).	58
Figure N°6.15.Etat de réseau PEHD	65
Figure N°6.16.Etat de réseau Ciment	65
Figure N°6.17. Proportion des tronçons qui vérifié ou non la desserte dans le réseau	66

## Liste des tableaux

### Partie Pratique

Tableau N°4.01. Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles.	25
Tableau N°4.02. Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles.	26
Tableau N°4.03. Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles.	27
Tableau N°4.04. Répartition des pluies saisonnières (ONM-GHARDAIA.	28
Tableau N°4.05. Moyenne mensuelles des vitesses du vent (ONM-Ghardaïa).	30
Tableau N°4.06. Ensoleillement moyen.	31
Tableau N°4.07. Evaporation moyenne mensuelle (mm/j).	33
Tableau N°5.01. Résumé de toutes les constructions.	42
Tableau N°5.02. Surface de la phoéniculture.	43
Tableau N°5.03. Surface de l'Arboriculture.	43
Tableau N°5.04. Surface des céréales et cultures fourragères.	43
Tableau N°5.05. Récapitulatif des surfaces affectées dans la ferme	44
Tableau N°6.1. Caractéristiques hydrotechniques des forages.	50
Tableau N°6.2. Etat de fait du réseau d'irrigation de la ferme.	53
Tableau N°6.03. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme par état.	56
Tableau N°6.04. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme par affectation.	56
Tableau N° 6.05. Les besoins nets mensuels d'irrigation du palmier dattier	59
Tableau N°6.06. le système d'irrigation de Goutte à Goutte.	60
Tableau N°6.07. Calcule hydraulique du réseau d'irrigation.	61
Tableau N°6.08. Récapitulatif de la vérification de desserte du réseau	67

d'irrigation.

**Liste abréviations**

APC	: Assemblée Populaire Communale
ANRH	: Agence Nationale Ressources Hydrique
BNC	: Besoin Net du Culture
Bb	: Besoins Brut.
CI	: Continental Intercalaire
CT	: Complexe Terminale
CR	: Capacité de Rétention.
CC	: Capacité au Champ.
DSA	: Direction des Services Agricoles
ETP	: Evapotranspiration
ET0	: Evapotranspiration de Référence
KC	: Coefficient Cultural
MEV	: Mise En Valeur
ONM	: Office Nationale de Métrologie
PF	: Point de Flétrissement
PEHD	: Poly Ethylène Haute Densité
PVC	: Poly Chlorure de vinyle
PC	: Point Critique
Pef	: Plus Efficace
PDAU	: Plan Directeur D'aménagement et Urbanisme
QFC	: Débit Fictif Continue
RU	: Réserve Utile
RFU	: Réserve Facilement Utilisable
S.A.T	: Superficie Agricole Totale
SAU	: Surface Agricole Utile

**Remerciement**

*Je remercie mon encadreur Mr Oulade Belkhir Chikhi qui m'a suivi durant tout mon cursus universitaire et m'a donné suffisamment confiance en moi à fin de réussir dans mes études.*

*A toute la famille de Ben Hamouda , particulièrement Mr Kadour et Mr Bouelam .*

*A tous les professeurs correcteurs , parmi eux : Madame Fatima Zahra Azzouz m'ayant orienté de par ses conseils.*

*Mustafa Chouireb qui m'a aidé durant tout mon parcours universitaire.*

*Ainsi que Mr Lakhdar Chebihi .*

## Dédicace

*Je commence par remercier Allah qui m'a accordé la réussite et mit à mon service des personnes qui ont contribué de manière permanente au fait que je poursuive et termine mes études avec succès.*

*Je dédie cette réussite à mes parents qui se sont peiné pour moi durant toute ma vie et persistés dans le but de poursuivre mes études jusqu'au master 2, et ceci n'est pas grand-chose par rapport à ce qu'ils méritent.*

*À mes frères et sœurs :*

*Mohammed mon frère que je considère comme un ami. Il m'a apporté son aide pour concrétiser ma mémoire du début jusqu'à la fin, et c'est lui qui m'a suggéré ce thème.*

*Amina , Zineb , Abdelbassit ,Hana et ma belle-sœur Ikrame qui m'ont rendu heureuse dans ma vie de tous les jours.*

*À ma bien aimée ; ma nièce « Lina ».*

*À mon beau-frère « Noé Constantin Marion » qui m'a aidé à préparer ce travail.*

*Au cher « Kherroubi wali » le mari de ma grande sœur.*

*À mon amie Amani que j'ai pris pour modèle malgré la grande distance qui nous sépare.*

*À toutes mes amies.*

### الملخص :

إن الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تحليل ومتابعة جميع المعطيات الخاصة بالمنابع المائية و التجهيزات و الشبكات الخاصة بالسقي في مزرعة بن حمودة قدور بحاسي الفحل و ذلك من أجل رفع المنتوج و زيادة المردودية الفلاحية . حسب الدراسة تعاني الشبكة عدة نقائص منها اهو متعلق بنوعية القنوات ومنها ما هو متعلق بحجم القنوات . كما لاحظنا أن العديد من الآبار يعاني من ربط غير لائق بالشبكة و نقص في الصيانة . النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة تحث القائمين على هذه المزرعة بالقيام بالجملة من الإجراءات و التدابير منها تحيين الشبكة بمادة البلاستيك المقوى و ترشيد الإستهلاك و الصيانة الدورية لآبار الماء .

**الكلمات المفتاحية:** سقي . تشخيص . التحاليل . بئر . عصرنة نظام السقي

### Résumé

L'objectif principal de cette étude est l'analyse des données de ressource hydrique à l'aide des équipements d'irrigation de la ferme de Mr Ben Hammouda Kadour à Hassi lfhal. Ceci afin d'améliorer la diserte en eau d'irrigation de la ferme et d'augmenter de rendement. D'après cette étude on s'aperçoit que le réseau d'irrigation contient plusieurs défaillances en termes de canalisation et de dimensionnement. Cependant, nous avons remarqué que plusieurs forages sont liés d'une manière non convenable au réseau, quelques parcelles qui souffrent d'un manque d'eau considérable, s'ajoute à cela un manque de service de maintenance. Les résultats que nous avons pu obtenir de cette étude incitent les responsables de la ferme à établir des procédures, parmi elles : l'amélioration et la modernisation du réseau d'irrigation par PEHD, et rationaliser la consommation et maintenance périodique pour les forages.

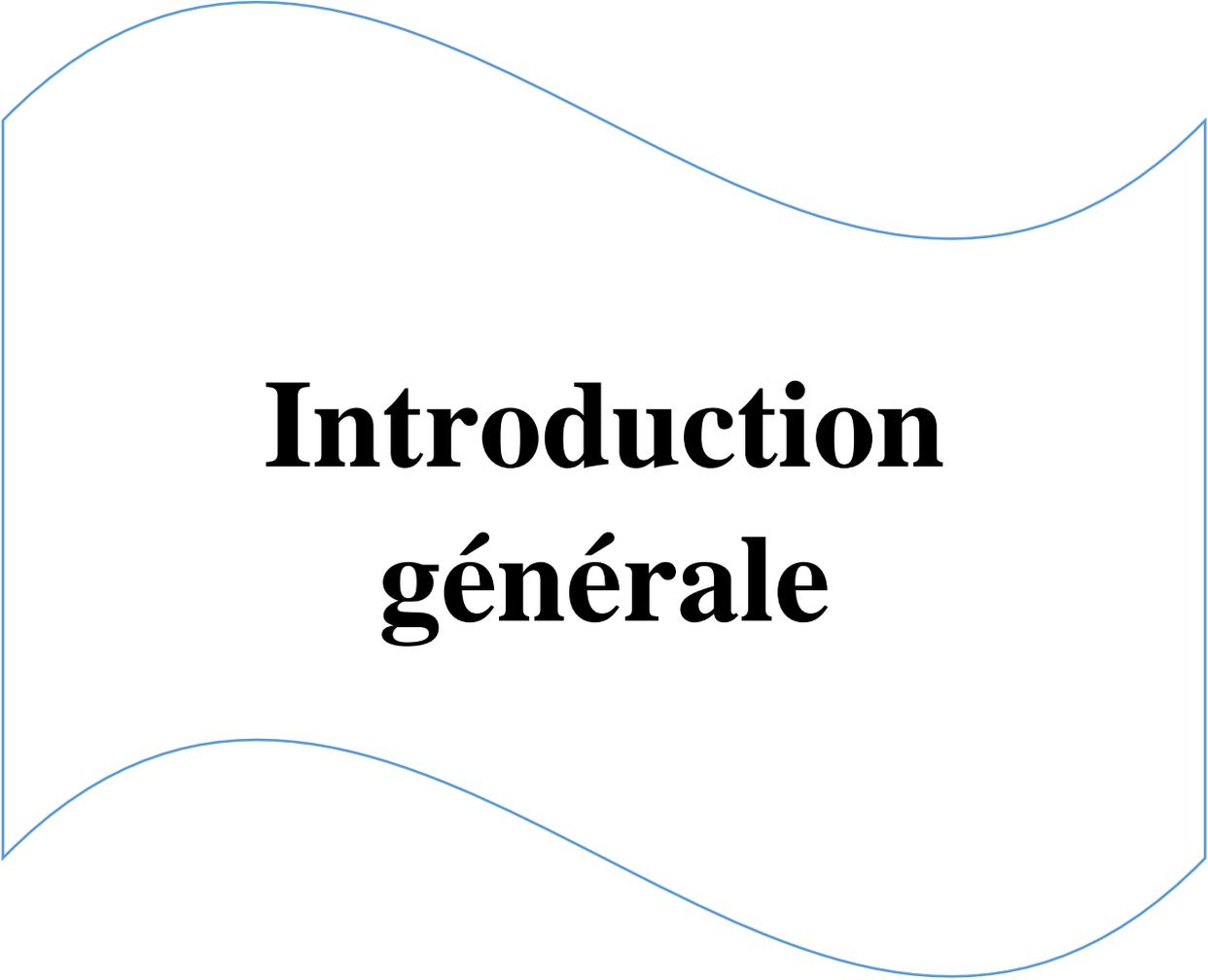
Les Mots clés : irrigation. Diagnostique. Analyse. Forage. Modernisation du système d'irrigation. Dimensionnement.

### **Abstract**

The main object of this study is to analysis and monitor all the data of the water sources and all the networks and equipments that is working to irrigate Mr. Ben Hammouda Kadour's farm in Hasi Alfahl for increasing the yields.

According to the study, we found that the network has some problems which is associated with the variety of the canals and some other problems relating to the size. As we observed there is many water wells have been inappropriately linked with the lack of maintenance. The results of the study motivate employee on the farm to give more care and management like covering the network with PEHD, decreasing consumption, and periodic maintenance of water wells.

Key Words: irrigation. Diagnostic. the analysis. Drilling. Modernization of the irrigation system.



# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement du secteur agricole. La demande en eau s'accroît de jour en jour, et les ressources ainsi que le système d'alimentation en eau agricole ou autre usage actuel deviennent insuffisants (Zahaf, 2016).

La région agricole de Hassi Lfhal vers le sud de Ghardaïa, est alimentée par une ressource d'eau souterraine très importante du point de vue quantitatif et qualitatif (CI ou Albien), cette situation lui confie une zone agricole par excellence. Elle représente la zone agricole la plus active et la plus importante dans le sud algérien. Le développement agricole (création des périmètres à grande échelle) met la région devant de nombreux problèmes liés à l'eau et sa gestion. Du fait, actuellement les systèmes d'irrigation existants aux diverses exploitations agricoles à Hassi Lfhal ne répondent plus à la demande, accentués d'avantage par les problèmes liés à l'implantation des forages et au phénomène du rabattement du niveau statique de la nappe Albien (absence d'artésianisme), ce qui inquiète les agriculteurs et les autorités locales.

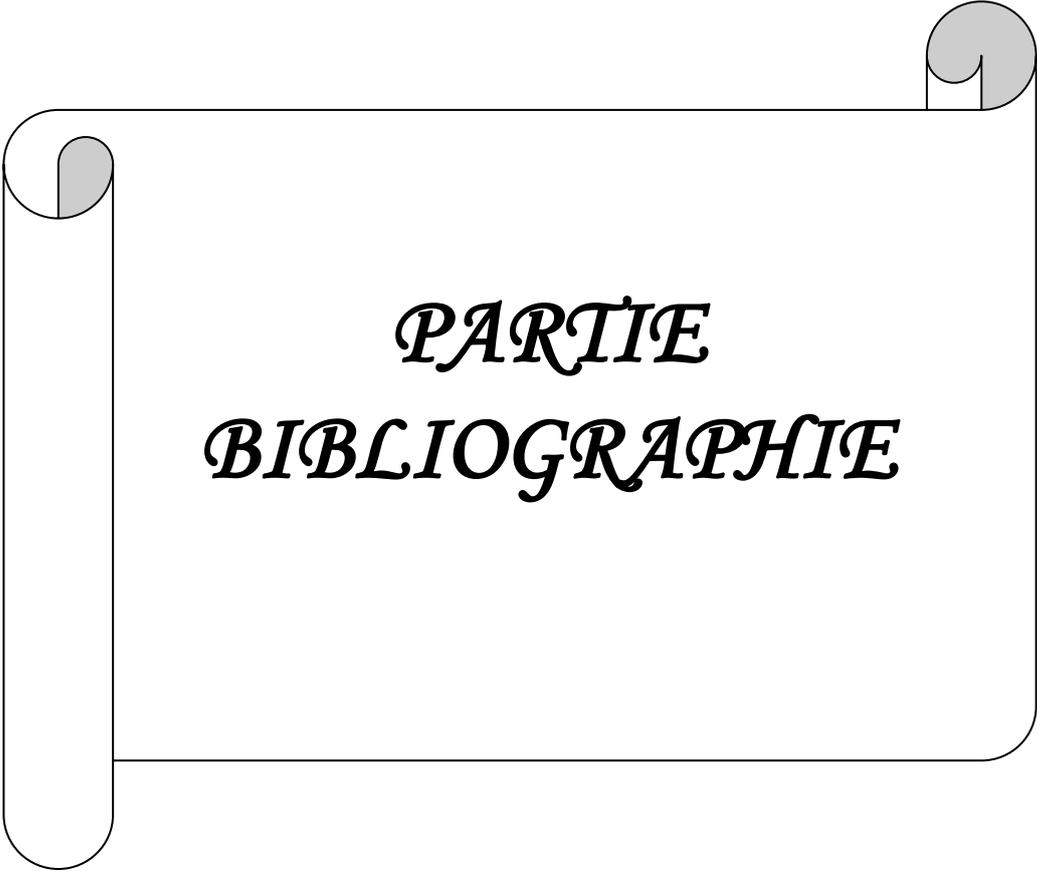
La ferme de Ben Hammouda Kadour située sud de la ville de Hassi Lfhal est située en pleine de ce contexte. En effet le système d'irrigation installé depuis 20 ans, ainsi que le réseau de forage souffrent de nombreux problèmes liés à la gestion du réseau, l'entretien et l'action de rénovation.

Dans ce cadre, l'objectif de cette étude était de diagnostiquer le système d'irrigation de la ferme, le réseau de forages et les divers équipements hydraulique. La méthodologie consiste à réaliser des enquêtes au niveau de chaque section ou parcelles, afin d'étudier le fonctionnement et le mode de gestion de l'eau, ce qui nous permettra de recommander des solutions et proposer un mode de gestion approprié. Ceci pour satisfaire les besoins en eau, augmenter les rendements et atténuer les problèmes suscités.

Notre étude s'articule sur les principaux points suivant :

La partie bibliographique renferme un premier chapitre qui décrit les types des réseaux d'irrigation, un deuxième chapitre consacré à la demande climatique, et un troisième chapitre qui cerne l'état de l'eau dans le sol.

A la partie pratique, le quatrième chapitre présente la région d'étude et le cinquième chapitre renferme une fiche technique qui résume tous les infrastructures, équipements, analyses eau-sol et parcellaires qui existe dans la ferme. Aux sixième chapitre nous présentons le diagnostic des ouvrages et du réseau d'irrigation existant, ainsi que de critiquer les dimensions du ce réseau afin de proposer les recommandations et les remèdes.



*PARTIE*  
*BIBLIOGRAPHIE*



**Chapitre 01**  
**TYPES DES RESEAUX**  
**D'IRRIGATION**

## Chapitre 01

### TYPES DES RESEAUX D'IRRIGATION

#### 1.1 Généralité

L'irrigation est définie comme :

- La technique ou l'art de distribution de l'eau en vue de l'agriculture.
- La satisfaction des besoins en eau des cultures respectant des objectifs économique et techniques bien déterminé.

L'irrigation dépend essentiellement, des types des cultures, du système d'irrigation et des conditions édaphique du sol (Tina ,2015).

#### 1.2. Classification des réseaux d'irrigation

Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

On a :

##### 1.1.1. Irrigation graviter

L'irrigation de graviter consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion irrigation par bassins, soit dans des sillons en terre irrigation par sillons ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage irrigation par planches (Systèmes d'irrigation).

##### 1.1.1.1. Irrigation par bassins

Est la plus connue dans l'irrigation gravitaire. Sa pratique sur un sol nivelé (pente 0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. la taille des bassins est de 40 à 50 m<sup>2</sup>.



Figure N° 1.01. Irrigation par bassin. (Systèmes d'irrigation)

### 1.1.1.2. Irrigation par sillons/à la raie

Ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou suivant une succession de deux débits différents, un premier débit important qui est appelé débit d'attaque et un deuxième débit plus faible qui est appelé débit d'entretien. L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par Trans irrigation. (Systèmes d'irrigation)



Figure N° 1.02 : irrigation par sillons (Systèmes d'irrigation).

### 1.1.1.3. Irrigation par planches

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calants ou planches d'arrosage.

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons : soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci (1.03). (Systèmes d'irrigation)



Figure N° 1.03 : Irrigation par planches([Méthode d'irrigation en milieu aride](#)).

### 1.1.2. Irrigation par aspersion

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle([Systèmes d'irrigation](#)).



Figure N° 1.04. Irrigation par aspersion ([Systèmes d'irrigation](#)).

### 1.1.3. Irrigation goutte à goutte

L'irrigation au goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC ; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau (figure 1.05). L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation ([Systèmes d'irrigation](#)).



Figure N° 1.05 : irrigation au goutte à goutte ([Systèmes d'irrigation](#)).

## 1.2. Les avantages et les inconvénients des types d'irrigations

### 1.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire

Le principal avantage de l'irrigation gravitaire

- Techniques anciennes, bien connues
- Coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur
- Pas d'apport énergétique extérieur
- Alimentation des nappes phréatiques
- Augmentation de la biodiversité

Seulement, ce système d'irrigation présente plusieurs inconvénients dont nous citons

- Temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important
- Coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie)
- "pertes" d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanchéifier les lits des branches principales
- Lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé
- Nécessité un terrain plat ou un nivellement
- Faible efficience
- Estimation du volume réellement consommé difficile
- Pollution possible par déversement.

### **1.2.2. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion**

- L'inconvénient majeur de l'aspersion réside dans le fait qu'elle nécessite au départ, pour chaque irriguant, une dépense importante pour l'achat des équipements, ainsi que dans le développement des mauvaises herbes. Nous observons aussi par temps ensoleillé la formation de gouttelettes qui peuvent provoquer des brûlures sur les feuilles (il est alors conseillé par temps très ensoleillé d'irriguer la nuit).

Cependant, ces inconvénients sont négligeables devant les avantages de l'aspersion :

- L'inutilité d'aménagements préalables de la surface à irriguer.
- La méthode peut être employée aisément aussi bien sur des terrains accidentés que sur des terrains à pente nulle.
- L'utilisation pour tous les types de sol.
- Forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- L'utilisation des fertilisants en solution dans l'eau.
- Réalise une importante économie d'eau.
- Peut être commandée par automatisation.

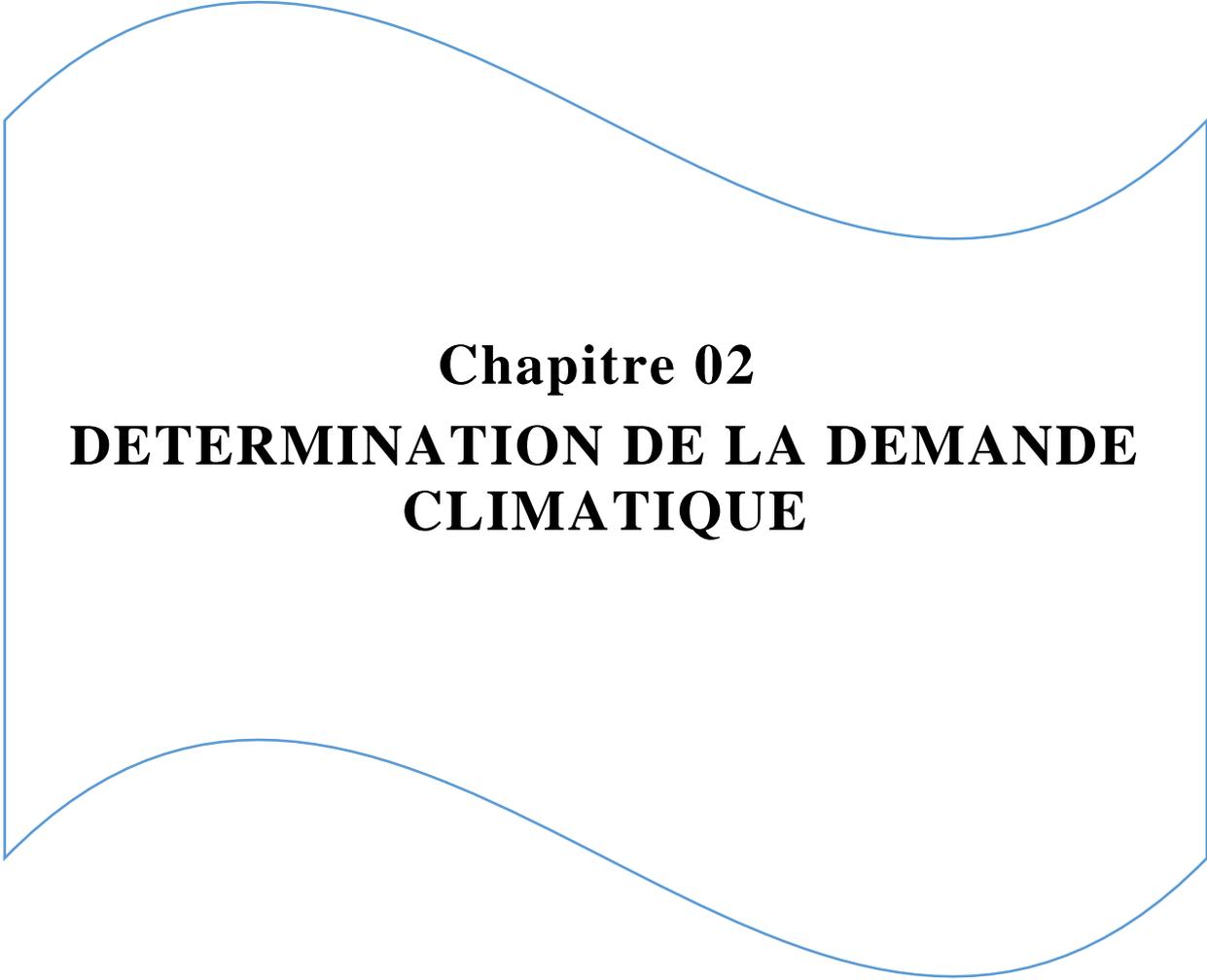
### **1.2.3. Avantages et 'inconvénients de l'irrigation goutte a goutte**

- L'inconvénient de l'irrigation goutte à goutte réside dans le coût très élevé de l'achat et l'installation des équipements. Il demande certaines connaissances en irrigation et nécessite également une filtration des eaux et un soin particulier pour l'entretien des équipements.

- Pour ce qui est des avantages, nous citons.
- Arrosage de la fraction utile du sol.
- Lutte contre le développement des mauvaises herbes.
- Utilisation de faibles débits avec des pressions modérées.
- Assure une meilleure économie d'eau.
- Ne mouille pas les feuillages.
- Convient bien à l'irrigation fertilisante (par injection d'engrais).
- S'adapte dans la plupart des cas à l'automatisation.
- S'adapte aux types des sols, à la nature des cultures et à la configuration topographique des parcelles à irriguer.
- Répartition des sels à la périphérie des bulbes ce qui n'entravera pas le développement des plantes (Zahaf ,2016).

### **1.3. Conclusion**

Dans ce chapitre, Nous avons vu les différents types des réseaux d'irrigations , les avantages et les inconvénients de chaque types , pour définir le meilleur type d'irrigation .



**Chapitre 02**  
**DETERMINATION DE LA DEMANDE**  
**CLIMATIQUE**

## Chapitre 02

### DETERMINATION DE LA DEMANDE CLIMATIQUE

#### 2.1. Généralité

L'évaporation et l'évapotranspiration constituent la principale composante de la demande climatique. L'évaporation est le processus par lequel de l'eau passe de l'état liquide ou solide, à l'état gazeux par un transfert d'énergie thermique. Autrement c'est la dissipation de l'eau dans l'atmosphère sous l'action des facteurs climatiques tels que la température, le vent et l'humidité de l'air.

##### 2.1.1. Evaporation à partir des surfaces d'eau libre

L'évaporation d'une surface d'eau libre dépend non seulement de propriétés physiques et géométriques de cette surface (profondeur, étendue) mais aussi des propriétés physiques de l'eau (outre la température déjà évoquée ci-dessus, on peut citer la salinité).

- Profondeur - La profondeur de la surface d'eau libre joue un rôle essentiel sur la capacité de cette dernière à emmagasiner de l'énergie. D'une manière générale, la différence essentielle entre une surface d'eau libre peu profonde et une surface d'eau libre profonde réside dans la sensibilité de la première aux variations climatiques saisonnières. Il s'ensuit qu'une surface d'eau libre peu profonde sera sensible aux variations météorologiques selon la saison, tandis qu'une surface d'eau libre profonde, de par son inertie thermique, présentera une réponse évaporative nettement différente. Cependant, les volumes totaux évaporés peuvent être sensiblement les mêmes dans les deux cas.
- Etendue - L'étendue de la surface d'eau libre joue un rôle important sur les quantités évaporées puisque l'évaporation, à vitesse du vent égale, est proportionnelle à la surface évaporant ainsi qu'à l'humidité relative.
- Salinité - Une augmentation de la teneur en sel de 1% environ diminue l'évaporation de 1% suite à la diminution de pression de vapeur dans

l'eau salée. Un constat similaire peut être dressé pour d'autres substances en solution puisque la dissolution d'un produit entraîne une diminution de la pression de vapeur. Cette baisse de pression est directement proportionnelle à la concentration de la substance en solution.

### **2.1.2. Evaporation à partir d'un sol nu**

L'évaporation d'un sol nu est conditionnée par les mêmes facteurs météorologiques que ceux intervenant dans l'évaporation d'une surface d'eau libre. Toutefois, si la quantité d'eau à disposition n'était pas un facteur limitant dans le cas de l'évaporation à partir d'une surface d'eau libre, elle le devient dans la situation d'un sol nu. En résumé, l'évaporation d'un sol nu est donc influencée d'une part par la demande évaporative mais aussi par la capacité du sol à répondre à cette demande et sa capacité à transmettre de l'eau vers la surface, fonction de diverses caractéristiques.

- Teneur en eau du sol - La teneur en eau du sol conditionne les processus d'évaporation. Plus le sol est sec et plus les flux évaporés seront faibles. A l'inverse, un sol saturé peut même évaporer de l'eau à un taux supérieur à celui d'une surface d'eau libre vu que le microrelief du sol peut constituer une surface évaporant plus importante que celle d'un lac ou d'un réservoir.
- Capillarité - Dans le cas où le sol est relativement peu humide et dans la situation d'un sol nu en l'absence de nappe, le régime d'évaporation est fixé par la plus petite des contraintes entre les conditions météorologiques et la capacité du sol à transmettre de l'eau vers sa surface. Dans ce cas, les remontées capillaires permettent d'amener de l'eau jusqu'au front d'évaporation.
- Couleur du sol et albédo - Les sols de couleur claire présentant des valeurs d'albédo élevées vont absorber moins de rayonnement que des sols foncés. Toutefois, dans le cas où la quantité d'eau n'est pas un facteur limitant, les écarts entre l'évaporation d'un sol clair et celui d'un sol foncé ne sont généralement que de l'ordre de quelque pour cent,

l'avantage étant donné au sol foncé.

### 2.1.3. Estimation de l'évaporation des nappes d'eau libre

Les différentes méthodes pour évaluer le taux d'évaporation sont soit directes (bacs évaporant, etc.) ou indirectes (méthodes faisant appel au bilan d'énergie, d'eau ou au transfert de masse) soit elles utilisent des formules empiriques». La plupart des formules empiriques reposent sur des relations entre l'évaporation à un endroit donné et les facteurs atmosphériques responsables de celle-ci. Elles sont pour la plupart établies d'après l'équation de Dalton présentée au début du chapitre. Elles permettent toutes d'évaluer l'évaporation et ne prennent donc pas en considération les effets dus à la présence de végétation. Nous ne présenterons ici que trois formulations empiriques et pseudo-empiriques du taux d'évaporation :

- La formule de Primauté (pour un réservoir) : cette relation n'est utilisée qu'en Suisse.

$$E = ((103 - H_R) / 100) \cdot (N + 2 \cdot N_j) \dots\dots(1).$$

Avec :

E : évaporation physique d'un grand réservoir [mm].

$H_r$  : l'humidité relative [%].

N : durée d'insolation effective pendant la période de calcul [h].

$n_j$  : le nombre total de jour de la période considérée.

La formule de Rohwer :

$$E = 0,484 \cdot (1 + 0,6 \cdot U) \cdot (e_s - e_a) \dots\dots(2).$$

Où :

E : pouvoir évaporant de l'air [mm].

u : vitesse du vent [m/s].

$e_s$  : pression de vapeur saturant [kPa].

$e_a$  : pression de vapeur actuelle de l'air [kPa].

- La formule de Penman :

$$E = \frac{\Delta + 2\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_c - \left( \frac{\gamma^{(2-\lambda)} E_a}{\Delta + 2\gamma} \right) \dots\dots(3)$$

avec

$$y = \frac{C_p \cdot P}{\epsilon \cdot \lambda} \cdot 10^{-3} = 0,00163 \cdot \frac{P}{\lambda} \dots (4)$$

Où :

E : évaporation physique d'un grand réservoir [mm].

$\gamma$  : constante psychrométrique [kPa/°C].

P : pression atmosphérique [kPa].

$C_p$  : chaleur spécifique à pression constante =  $1.013 \cdot 10^{-3}$  MJ/kg/°C.

$\Delta$  : pente de la courbe de tension maximum de vapeur d'eau saturant l'air en fonction de la température.

$\lambda$  : chaleur latente de vaporisation = 2.45 MJ/kg à 20 °C.

$\epsilon$  : rapport poids moléculaire vapeur/air sec = 0.622.

$E_a$  : pouvoir évaporant de l'air approché par la formule de Rohwer [mm].

$E_c$  : évaporation mesurée sur bac Colorado [mm].

## 2.2. Évapotranspiration

L'évapotranspiration comprend deux termes : l'évaporation et la transpiration. La transpiration est le processus physiologique naturel par lequel l'eau stockée sous forme d'humidité du sol est extraite par les racines des plantes, passe à travers leur corps et est évaporée par les stomates de leurs feuilles.

Donc, l'évapotranspiration (ET) est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. L'évaporation se définit par les transferts vers l'atmosphère de l'eau du sol, de l'eau interceptée par la canopée et des étendues d'eau. La transpiration se définit par les transferts d'eau dans la plante et les pertes de vapeur d'eau au niveau des stomates de ses feuilles.

1. Le concept d'évapotranspiration et ses mesures sont apparus dans les années 1950. Ce concept est très important pour expliquer et quantifier les transferts d'eau dans les écosystèmes, pour calculer les besoins en eau

des cultures agricoles et plus globalement pour la gestion de l'eau des espaces naturels ([www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)).

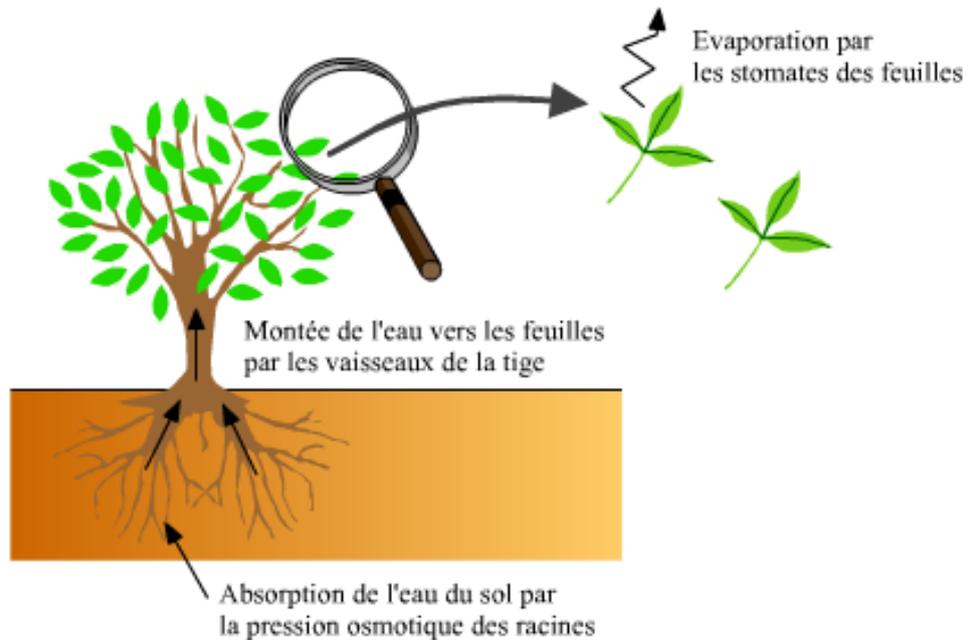


Figure N° 2.01 : Représentation schématique du chemin de l'eau à travers la plante

### 2.2.1. L'évapotranspiration réelle (ETR)

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau susceptible d'être évaporée par une surface d'eau libre ou par un couvert végétal dont l'alimentation en eau n'est pas le facteur limitant. La valeur limite de l'ETP est fonction de l'énergie disponible.

2. L'évapotranspiration est un phénomène complexe qui non seulement résulte de processus physiques tels que le potentiel efficace du sol, les changements d'état de l'eau, la diffusion moléculaire ou turbulente de la vapeur d'eau, elle peut aussi être soumise à la régulation stomatique, la surface foliaire ou le développement radical. La mesure de l'évapotranspiration aura de réelle signification que si les systèmes mis en œuvre, d'une part reflètent fidèlement les aspects de l'environnement : sol, végétation, atmosphère et d'autre part éliminent les effets restrictifs des contraintes biologiques. Le dispositif utilisé devra donc reconstituer le profil pédologique local, utiliser un couvert végétal dense ; uniforme

et toujours en pleine croissance et enfin contenir en permanence une réserve hydrique voisine de la capacité au champ de l'échantillon de sol. On estime l'ETR à partir de la formule de « TURC ».

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} \dots \dots \dots (5)$$

Avec :

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3 \dots \dots \dots (6)$$

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T: Température moyenne annuelle en (°C).

### 2.2.2. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

3. L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée.

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a \cdot K \dots \dots \dots (7).$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en mm,

T : température moyenne mensuelle en °C,

I : somme des indices thermiques mensuels

K : facteur de correction mensuel, fonction de la durée de la journée,

a : exposant climatique.

### 2.3. Bilan hydrique

Les bilans hydriques sont compliqués par le fait que les deux variables de commandement ne sont pas indépendantes. La quantité évaporée dépend évidemment de la quantité d'eau disponible : elle cesse lorsque le volume

d'eau apporté par les précipitations est épuisé. Ceci a conduit à introduire la notion d'évapotranspiration potentielle : la quantité d'eau qui peut passer dans l'atmosphère en fonction du seul état de celle-ci, en supposant que la quantité d'eau disponible ne soit pas un facteur limitant. (La quantité d'eau que l'on ajoute dans un vase de fleurs de façon à maintenir le niveau constant est une mesure de l'évapotranspiration potentielle en fonction de l'état de l'atmosphère dans le lieu où se trouve ce vase). Il est courant, dans l'étude des bilans hydriques de comparer les précipitations P et l'évapotranspiration potentielle ETP, ce qui permet de distinguer des situations différentes en fonction de seuils qui sont directement significatifs pour un lieu ou une période donnée :

- Si  $P < ETP$ , l'évaporation réelle sera égale à P ; il y aura prélèvement sur les réserves, absence d'écoulement ; la période sera dite déficitaire.
- Si  $P > ETP$ , l'évaporation réelle sera égale à l'ETP, il y aura écoulement et constitution de réserves ; la période sera dite excédentaire.

Le bilan hydrique est estimé par la formule générale suivante :

$$P = ETR + R + I \dots \dots (8)$$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm).

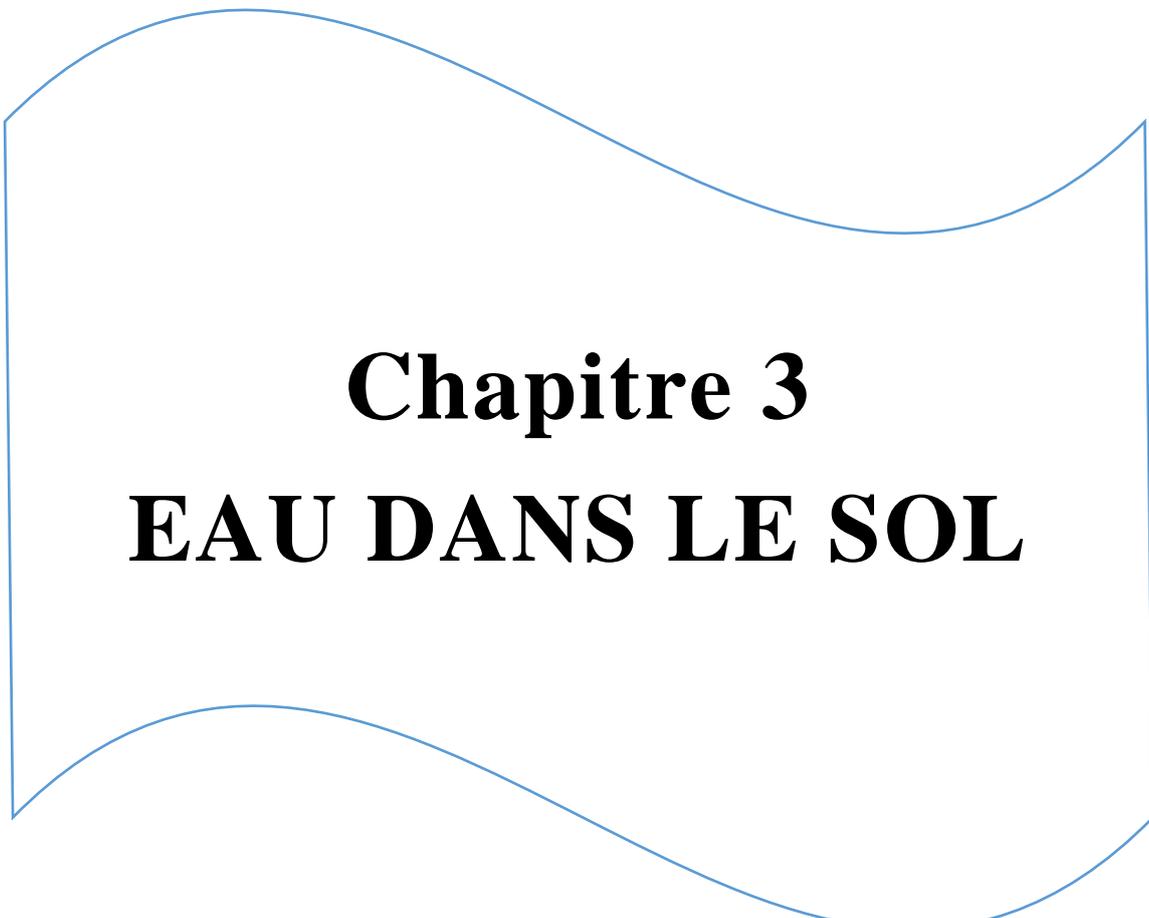
R : Ruissellement moyen annuelle en (mm).

I : Infiltration moyenne annuelle en (mm).

$$I = P - (ETR + R) \dots \dots (9)$$

## 2.4. Conclusion

L'évapotranspiration propre au couvert végétal dépend à la fois des données physiques (ETP), et des données physiologiques (coefficient cultural). Elle peut être estimée de différentes façons : par des bilans énergétiques (calcul du flux de chaleur latente et de l'évaporation de surface), estimation de la demande climatique, ou mesure directe par un évapotranspiromètre pesable ou lysimètre.



**Chapitre 3**  
**EAU DANS LE SOL**

## Chapitre 3

### EAU DANS LE SOL

#### 3.1. L'humidité caractéristique

Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol : une part est évaporée directement pendant et après la pluie ; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltre et ré humecte le sol. Les racines absorbent cette eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe. Un profil habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-sol habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-sol montre une augmentation de la teneur en eau avec la profondeur.

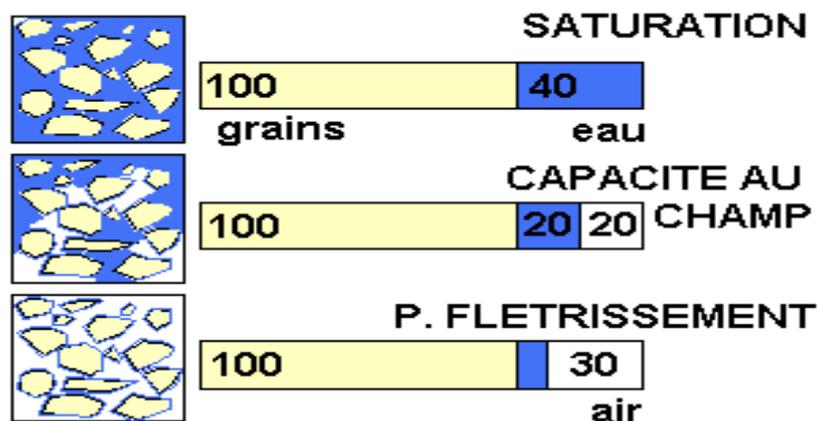


Figure N° 3.1. L'état de l'eau dans le sol([data.bnf.fr](http://data.bnf.fr)).

L'eau se trouve dans le sol sous diverses formes, selon sa position par rapport aux particules terreuses et selon son origine (figure N°3.1). L'eau dans le sol se répartit en trois catégories :

##### 3.1.1. Eau de rétention

Elle comprend deux types d'eau distincts :

L'eau hygroscopique se trouve au contact des particules solides en quantité variable en fonction surtout de la texture, mais aussi de la température de la pression et de l'humidité de l'air. Cette eau ne peut être utilisée par les

plantes à cause de la très forte attraction des particules qui dépasse fortement la force de succion des plantes (Tina ,2015).

L'eau pelliculaire appelée aussi d'adhésion, entoure les particules du sol et leur eau hygroscopique. L'eau pelliculaire peut être en partie (la couche superficielle de la pellicule) utilisée par certaines plantes à fort pouvoir de succion (Tina ,2015).

### **3.1.2. Eau capillaire**

Elle occupe une partie des interstices du sol. On distingue l'eau capillaire isolée et l'eau capillaire continue :

- L'eau capillaire isolée ne subit pas l'action de la gravité ;
- L'eau capillaire continue, qui se retrouve dans les zones inférieures.

Ce sont ces eaux qui sont utilisées par les plantes et qui constituent la réserve utile RU (Tina ,2015).

### **3.1.3. Eau gravifique**

Elle occupe les espaces restés libres et subit l'action de la gravité. Elle forme avec l'eau capillaire continue la catégorie des eaux libres. Les eaux gravifiques disparaissent rapidement par écoulement et ne sont pratiquement d'aucune utilité pour les plantes (Tina ,2015).

## **3.2. La teneur en est la porosité**

La teneur en eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol. Le volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir est la "capacité au champ" ou capacité de rétention du sol qui dépend essentiellement de la granulométrie du sol. Près de la surface, le sol n'est pas saturé, les espaces vides contiennent de l'eau et de l'air ; l'eau est soumise aux forces de gravité et de capillarité. A partir d'une certaine profondeur, la teneur en eau n'augmente plus : le sol est saturé, tous les pores du sol sont remplis d'eau : cette zone saturée forme une nappe ; les forces de gravité sont prédominantes. L'eau du sol ne représente que 0,064% de l'eau douce totale ; son rôle est cependant essentiel puisque c'est l'eau qu'utilisent les racines des plantes([u-picardie.fr](http://u-picardie.fr)).

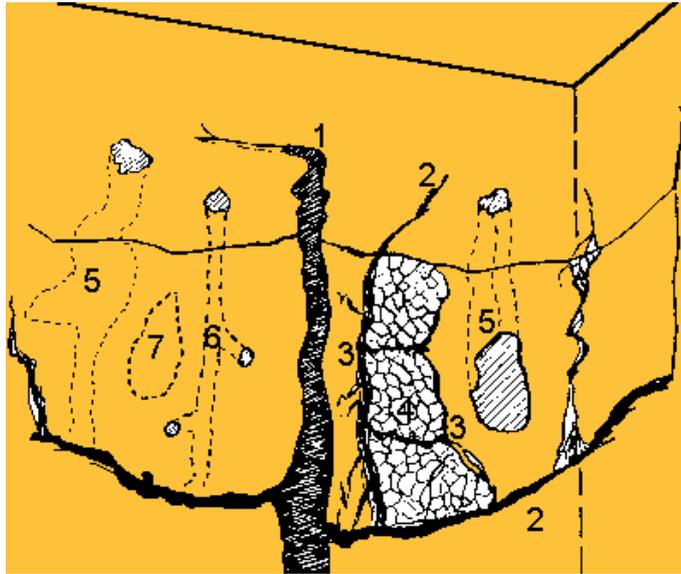


Figure 3.2. Différentes Porosités d'un sol([data.bnf.fr](http://data.bnf.fr)).

Légende :

- (1)Grosse crevasse déterminant la surstructure.
- (2)Crevasse de 2ème ordre délimitant les agrégats
- (3)Fissures fines déterminant la sous-structure.
- (4)Canalicules de faible diamètre.
- (5)Grosse lacune traversant les agrégats
- (6)Lacune tubulaire creusée par un lombric
- (7)Lacune aveugle.

Pour les sols non saturés (pluies faibles, air présents dans les pores du sol),  $k$  est beaucoup plus faible (0,1 mm/heure pour un limon).

Une couche est réputée imperméable pour des valeurs de  $k$  de l'ordre de  $10^{-9}$  m/s. L'eau qui tombe à la surface du sol commence à humidifier la partie supérieure du sol (quelques centimètres). Le profil hydrique change, Cette augmentation de la teneur en eau en surface ne détermine pas automatiquement un transfert en profondeur, l'eau peut rester retenue dans le sol par les forces de capillarité. Lorsque la capacité de rétention du sol en eau est dépassée l'eau descend sous l'effet de la gravité et humidifie les couches inférieures. Si l'humidification du sol continue, l'eau finalement atteint la nappe par infiltration ; ce phénomène est très lent et peut demander plusieurs

mois. En zone tempérée, la quantité d'eau infiltrée jusqu'à la nappe est estimée à 300 mm/an, soit 10 l/s par km<sup>2</sup>.

Si la pluie est forte, le sol ne peut pas absorber toute l'eau tombée, la partie supérieure du sol devient saturée mais le transfert vers la profondeur n'est pas assez rapide. Une pellicule d'eau s'accumule en surface et s'écoule selon la pente c'est le ruissellement. L'eau qui s'écoule arrache des particules puis se rassemble en chenaux de plus en plus importants (cours d'eau). Lorsque la surface du sol est imperméable (roche imperméable, route ou zone urbaine bitumée), le ruissellement apparaît sitôt que les dépressions du sol ont été remplies, la végétation favorise l'infiltration et s'oppose ainsi au ruissellement.

### **3.3. Evapotranspiration et tension de succion**

Une partie de l'eau qui pénètre dans le sol est évaporée de nouveau dans l'atmosphère soit directement soit par l'intermédiaire des plantes, l'ensemble de ces pertes en eau constitue l'évapotranspiration. L'évaporation se fait surtout à la surface du sol, même pendant la pluie, une partie de l'eau est immédiatement ré-évaporée car l'atmosphère n'est pas saturée en eau. Le départ de l'eau superficielle fait remonter l'eau des zones plus profondes. La quantité évaporée diminue avec la quantité retenue dans le sol car les forces de capillarité s'opposent à son départ et l'énergie nécessaire pour extraire l'eau est d'autant plus grande que le sol s'appauvrit en eau. Les forces de capillarité entre les grains et la tension superficielle du film d'eau autour des grains déterminent un potentiel de matrice qui tend à retenir l'eau et qui peut être mesurée à l'aide d'un tensiomètre. La succion du sol dépend de sa texture et de la taille des pores, de la quantité d'eau contenue par rapport à sa capacité de champ (quantité maximale absorbée), les conditions climatiques sont également déterminantes([www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)).

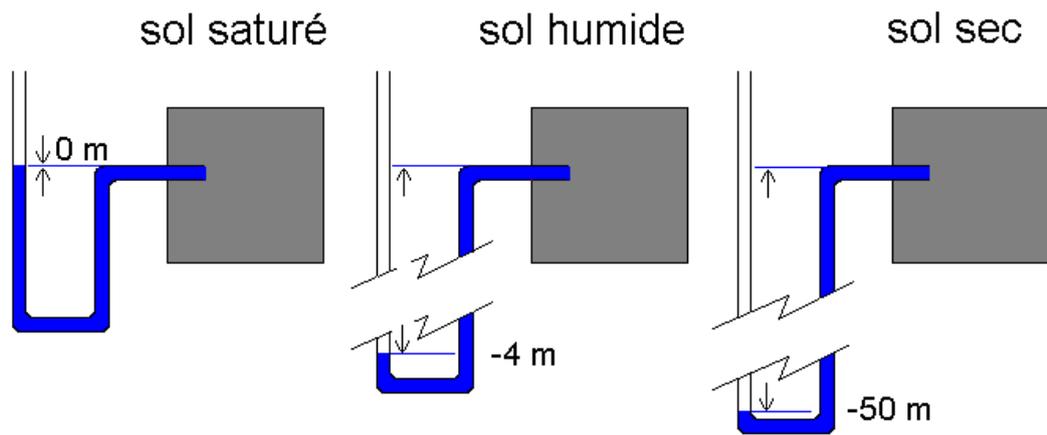


Figure 3.3. Tension de succion d'un sol (saturé, humide ou sec), ([www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)).

### 3.4. Les teneurs en eau caractéristiques et la détermination des réserves dans un sol

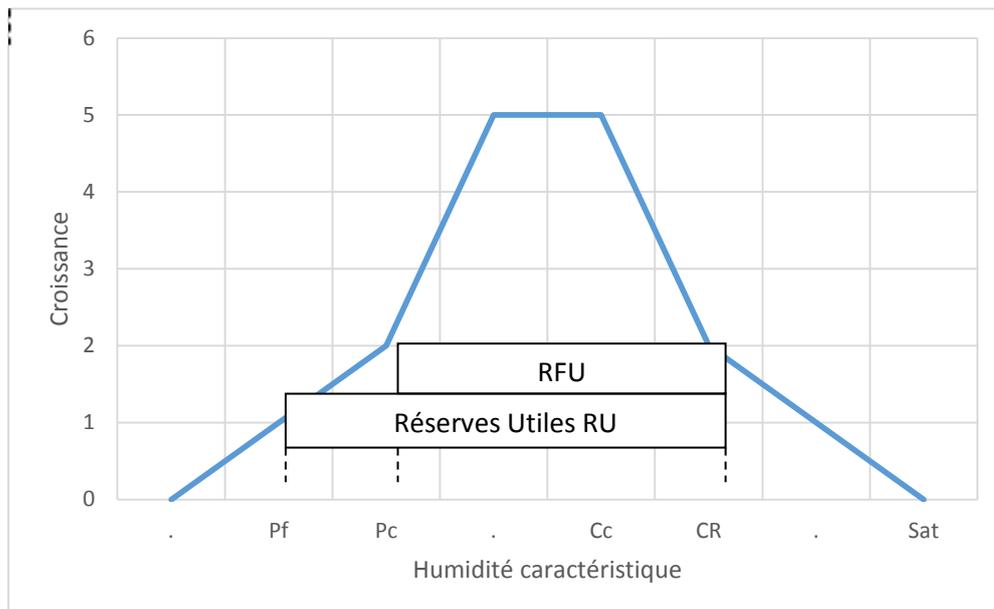
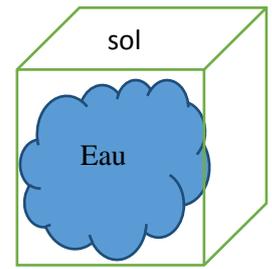


Figure 3.04. Variation de l'humidité caractéristique du sol en fonction de la croissance Végétative.

- Teneur en eau volumétrique.

$$\theta = \frac{V_{eau}}{V_{(eau+sol)}} \dots \dots \dots (10)$$



- Teneur en eau pondérable.

$$\theta = \frac{\rho_{sol}}{\rho_e} \cdot \frac{M_e}{M_s} (\text{cm}^3/\text{cm}^3) \dots \dots \dots (11)$$

- Stock Hydrique

$$\text{Stock} = \theta \times Z (\text{mm}) \dots \dots \dots (12)$$

Dont

- $V_e$  : volume eau en  $\text{cm}^3$
- $V_T$  : volume sol + eau en  $\text{cm}^3$
- $\rho_{sol}$  : masse volumique sol
- $\rho_e$  : masse volumique eau
- $M_e$  : masse eau en g
- $M_s$  : masse sol en g
- $Z$  : profondeur racinaire en mm

- Réserve Utiles

$$\text{RU} (\text{cm}^3/\text{cm}^3) = \theta_{CR} - \theta_{PF} \dots \dots \dots (13)$$

$$\text{RU} (\text{mm}) = \text{STOCK}_{CR} - \text{STOCK}_{PF} \dots \dots \dots (14)$$

- Réserve facilement utilisable par la plante

$$\text{RFU} (\text{cm}^3/\text{cm}^3) = \theta_{CR} - \theta_{PC} \dots \dots \dots (15)$$

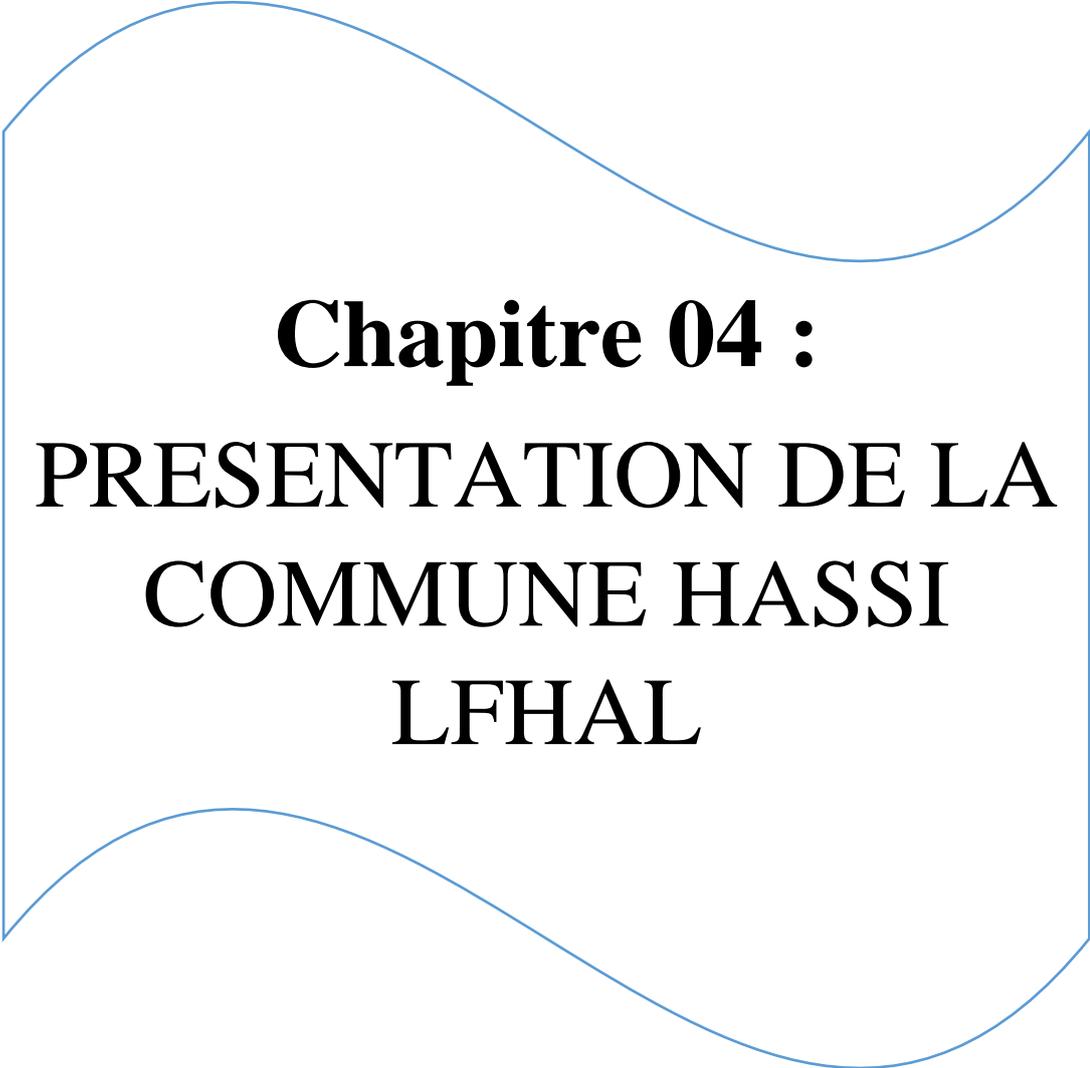
$$\text{RFU} (\text{mm}) = \text{STOCK}_{CR} - \text{STOCK}_{PC} \dots \dots \dots (16)$$

### 3.5. Conclusion

L'attraction exercée par un sol non saturé sur l'eau qu'il contient est décrite assez simplement, dans le cas des sols granulaires, par la capillarité. En revanche, il est nécessaire, dans le cas des sols fins, de prendre en compte les interactions physico-chimiques intervenant entre l'eau et les minéraux argileux, qui sont quantifiées macroscopiquement par les limites d'Atterberg. L'état de l'eau dans un sol non saturé est caractérisé par un potentiel, ou une succion, sachant qu'on utilise parfois les termes de pression négative ou de pression capillaire.



*Partie  
Pratique*



**Chapitre 04 :**  
**PRESENTATION DE LA**  
**COMMUNE HASSI**  
**LFHAL**

## Chapitre 4

### PRESENTATION DE LA COMMUNE HASSI LFEHEL

#### 4.1. Situation géographique

La commune de Hassi Lfhal est issue du découpage administratif de 1984 où elle s'est détachée de la commune de Metlili et elle s'est rattachée à la même daïra (Mettlili) puis elle a été transférée en 1987 à la daïra d'El-Ménia puis en 1991 à la daïra de Mansoura.

Ses limites voisines sont :

- Mansourah du nord (Wilaya de Ghardaïa).
- Rouissatde l'est(Wilaya de Ouargla).
- El Goleadu sud (Wilaya de Ghardaïa).
- Brizina de l'ouest (Wilaya d'El Bayad).

La commune a une surface de 6.875,39 Km<sup>2</sup> et s'étend du nord au sud sur 35 à 50 km, et de l'est en ouest sur 250 km. Elle se trouve dans le dorsal du Mzab. Le chef-lieu communal se situe à 31.36 de latitude nord et 34 de longitude est sur la route nationale RN1. Elle est distante de 120 km de Ghardaïa et de 150 km de Ménia(Zahaf ,2016).

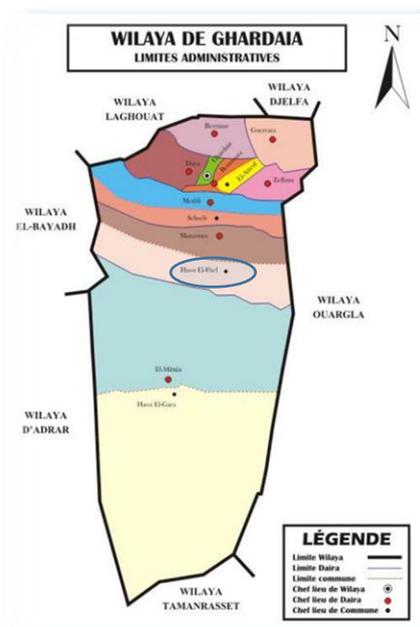


Figure N°4.01. Limites administratives (PDAU, 2010).

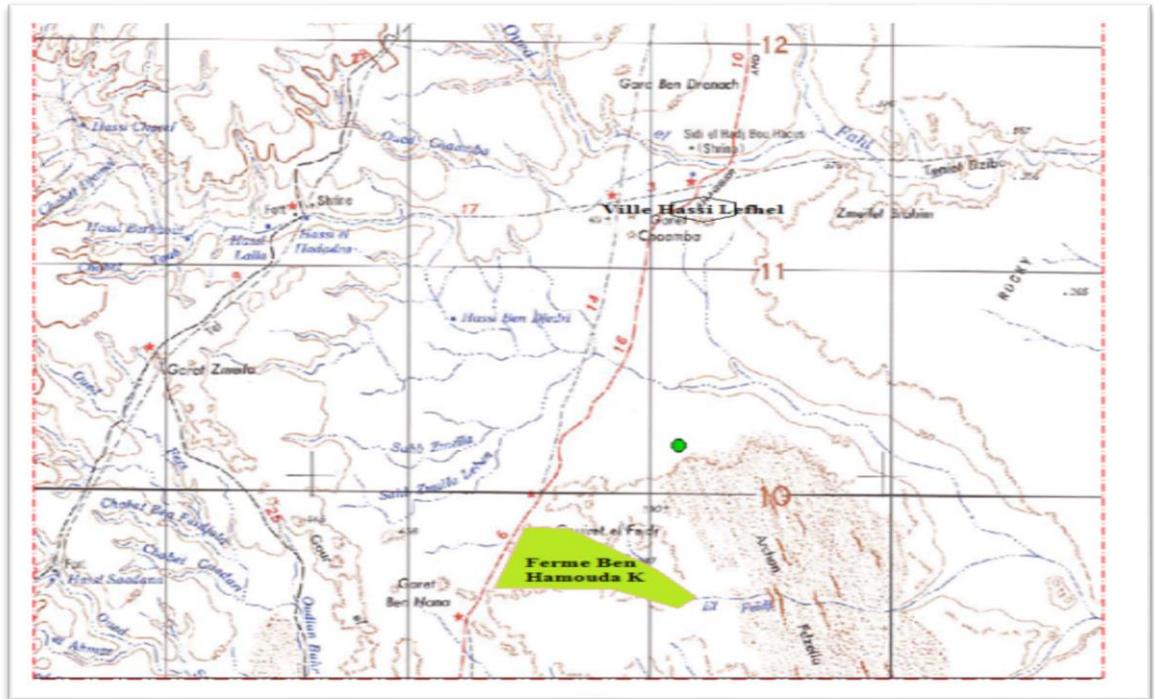


Figure N°4.02 situation de la ville Hassi Lfhel  
Et la ferme pilote (Carte d'état majeurs).

## 4.2. Étude climatologique de la région Hassi Lfhel

### 4.2.1. Présentation de la station climatique

Cette synthèse climatique, s'appuie sur les données climatiques de la station de Noumérat (ONM-Ghardaïa), située à 80 km de la zone d'étude, sur une série allant du 2004-2014.

#### 4.2.1.1. Analyse des précipitations

Les précipitations constituent un facteur essentiel pour définir le climat régnant dans la région et pour l'étude des ressources hydrique et réseau d'irrigation.

##### ○ Précipitations annuelles

La pluviométrie observée à la station de Noumérat met en évidence l'importance des variations d'amplitude de la pluviométrie d'une année à l'autre.

La variation des précipitations annuelles durant la période d'observation montre l'écart important entre les valeurs extrêmes, signe d'une irrégularité.

Nous résumons dans le tableau N°4.1 les principales caractéristiques des précipitations moyennes annuelles :

Tableau N° 4.01 : Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles :

Les précipitations	Valeurs
Pmoy Annuelle (mm)	91,89
PMin Annuelle (mm)	39,89
PMax Annuelle (mm)	160,01

Nous remarquons que la précipitation maximale annuelle peut dépasser la moyenne annuelle, signe d'une très grande irrégularité et de grands écarts des précipitations.

○ Précipitations mensuelles

La pluviométrie moyenne interannuelle 2004-2014 a été évaluée à 91.89 mm. Sa répartition mensuelle est donnée dans la figure 4.03.

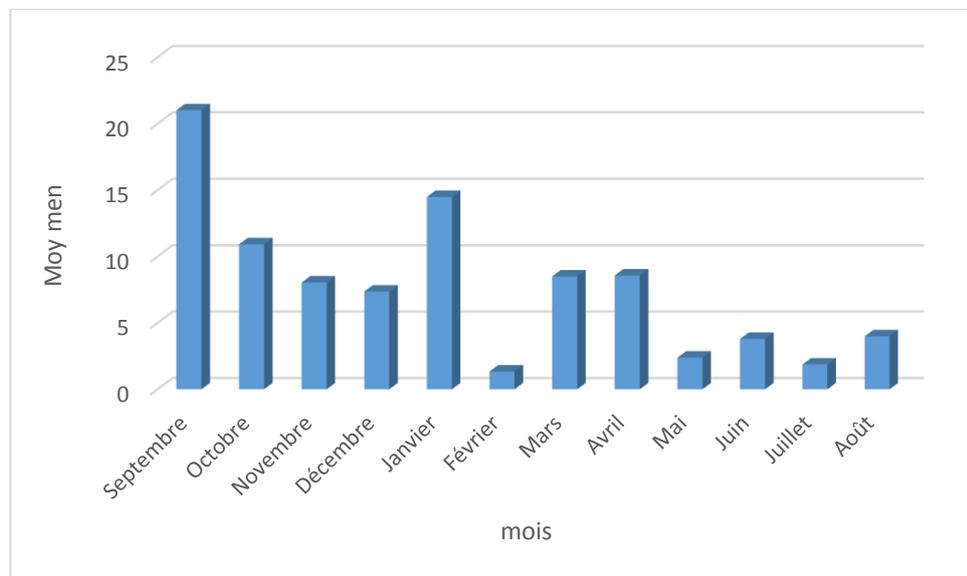


Figure N°4.03. Précipitations moyennes mensuelles (2004-2014)

L'analyse de la figure met en évidence deux saisons bien marquées :

- Une saison humide allant de Septembre à Avril, avec quelques maximas remarquables en Septembre, Janvier et Avril.

- Une saison sèche de Mai à Août, avec des minima remarquables en Juillet avec une pluviométrie pratiquement nulle en Février.

Tableau N°4.02. Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles

Caractéristiques des pp	Valeurs
PAn (mm)	91,89
PMoy Mensuelle (mm)	7,69
PMin Mensuelle (mm)	1,34
PMax Mensuelle (mm)	21,01
Ecart Type	5,78
Cv	0,48

○ **Précipitations maximales journalières :**

Les précipitations maximales journalières permettent de calculer les intensités des pluies les plus fréquentes et d'estimer par conséquent un débit de crue (débit de pointe des eaux pluviales).

La série d'observation enregistrée entre 2004 jusqu'à 2014 nous a permis de déduire la pluviométrie maximale journalière qui est de 69.09 mm.

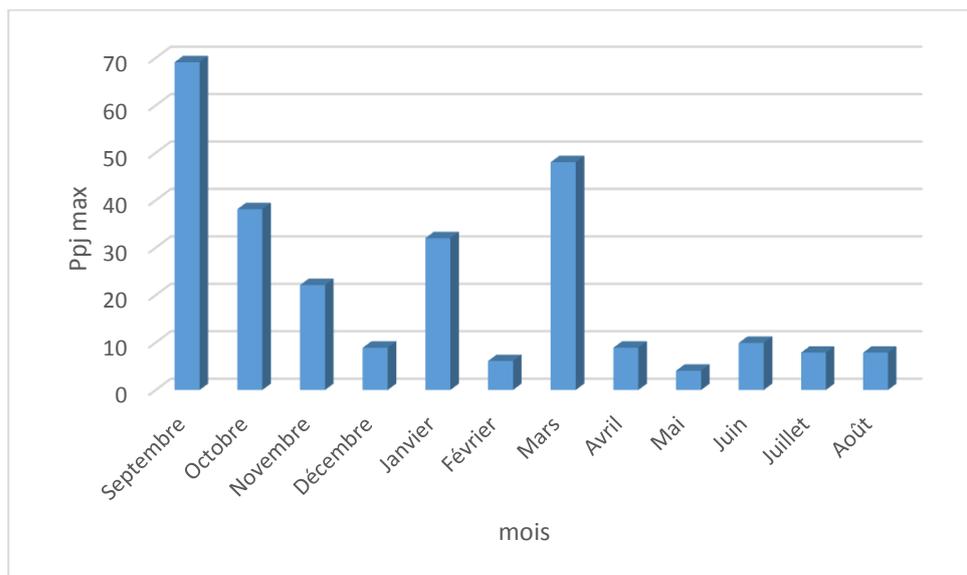


Figure N°4.04. Précipitations maximales (2004-2014)

Tableau N°4.03. Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles

Caractéristiques des pp	Valeurs
Pj max (mm)	69,09
Ecart Type	21,05
Cv	0,90

○ **Précipitations saisonnières**

Pour apprécier la variation des précipitations ou le régime pluviométrique saisonnier de la région, nous avons calculé le total des précipitations de chaque saison et pour la même période (2004-2014).

Tableau N°4.04. Répartition des pluies saisonnières(ONM-GHARDAIA)

Mois	S - O - N	D - J - F	M - A - M	J - Jt - A
Saison	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS	ETE
Nouméat	39,96 mm	23,18 mm	19,44 mm	9,31 mm
	43,49%	25,23%	21,16%	10,13%

En examinant les données du tableau N°4.04. Nous remarquons que les saisons les plus pluvieuses sont l'automne et hiver avec plus de 25% de précipitations chacune, l'été est le mois le moins pluvieux avec 10% de précipitations.

#### 4.2.1.2. Analyse des températures

○ **Températures moyennes mensuelles**

Nous résumons dans la figure N°4.05. La variation de la moyenne mensuelle des Température.

Nous remarquons que la température moyenne annuelle est égale à 22,67°C avec un minima moyen enregistré le mois Janvier de 11,35°C et un maxima moyen enregistré le mois de Juillet de 35,32°C.

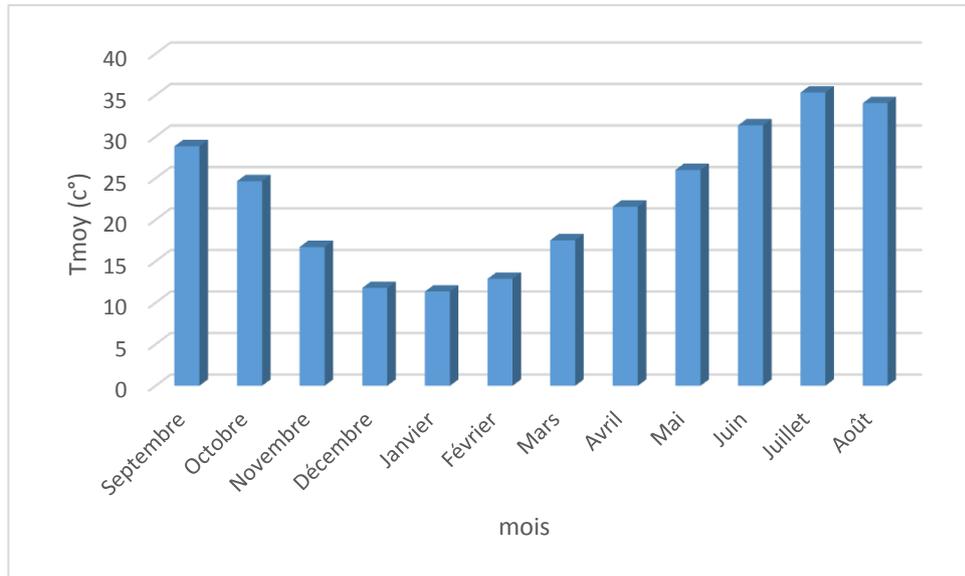


Figure N°4.5 la Température Moyenne Mensuelle (2004-2014).

#### 4.2.1.3. Humidité

L'humidité relative dans la région est très faible Elle est supérieure à 47% entre le mois de novembre et le mois de janvier. Le reste de l'année, elle est très faible et oscille entre 21 et 40%

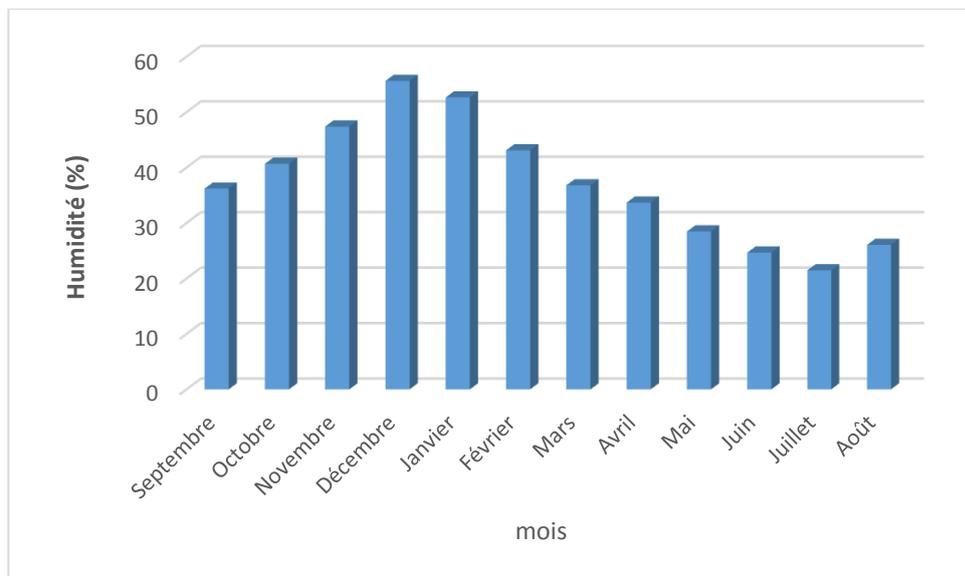


Figure N°4.06 l'Humidité Moyenne (2004-2014).

#### 4.2.1.4. Les vents

En hiver, les latitudes les plus basses permettent aux perturbations du front polaire de descendre vers Sud atlantiques et le Sahara septentrional, les vents sont réguliers sur la partie méridionale des hautes pressions, dit : l'Alizé d'Harmattan.

En été, les influences sahariennes s'étendent dans toutes l'Algérie septentrionale jusqu'au Sud de l'Europe à cause des déplacements des hautes pressions vers les latitudes les plus élevées.

- Au Sud du Sahara : ce sont les vents du Nord à Nord/Est.
- Au Nord/Est du Sahara : ce sont les vents Alésiens saisonniers Nord à Nord/Est.
- Au Nord du Sahara : ce sont les vents du Sud très brûlant

#### Les vents d'origine nord

Les vents du Nord sont les plus fréquents pendant les mois de Janvier à Mars, Octobre et Décembre. Ils sont à l'origine d'importantes précipitations quand les perturbations qui se forment sur la Méditerranée progressent vers le Sud Algérien.

#### Les vents d'origine est

Cette direction prédomine au cours des mois d'Avril jusqu'à Septembre avec des fois des vents soufflant du Nord au Sud. Les vents du Sud sont à l'origine du sirocco qui atteint les côtes méditerranéennes. Ils sont fréquents pendant l'été (Juillet–Août) et rares en hiver mais peuvent se manifester au mois de Septembre.

#### Les vents d'origine ouest

Ces vents sont présents pendant toute l'année avec cependant une certaine force remarquable au cours de l'hiver et du printemps. Les averses qu'on observe pendant ces deux saisons sont dues à ces vents qui circulent d'Ouest en Est(zahaf ,2016).

Nous résumons dans le tableau N°4.05 suivant les vitesses des vents observés entre 1988-2006 de la station de Noumérat :

Tableau N°4.05. Moyenne mensuelles des vitesses du vent (ONM-Ghardaïa)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
Vent (m/s)	11,28	10,01	10,03	11,53	10,24	13,30	14,36	15,88	15,17	13,36	11,52	10,89

L'analyse du tableau, montre que la vitesse du vent est dépassé les 14 m/s entre Mars et Mai, avec des piques qui peuvent atteindre 10 m/s enregistrés en Octobre, Novembre et Janvier.

Ces vents de différentes directions sont caractérisés par une circulation importante de grandes masses mouvantes de sable.

Cette mouvance du sable augmente davantage en se déplaçant vers le Sud de la zone étudiée.

Ceci Implique la formation des bancs de sable et des dunes, au niveau des obstacles ou lors d'une diminution de la vitesse du vent.

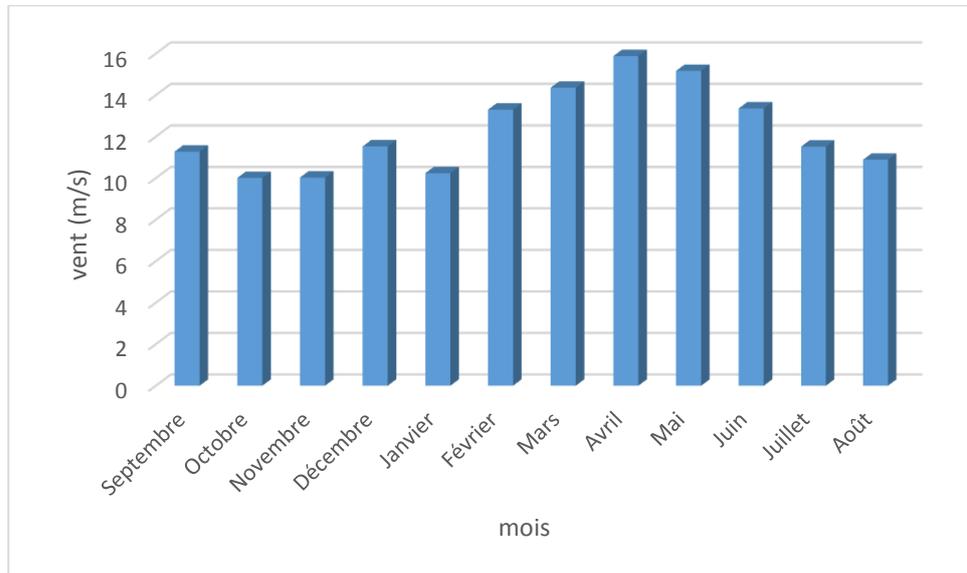


Figure N°4.07. La vitesse du vent (2004-2014).

#### 4.2.1.5. Insolation

Pour notre zone d'étude, les valeurs moyennes mensuelles observées de l'insolation au niveau de la station de mesure de Ghardaïa sont résumées dans le tableau N°4.06 suivant :

Tableau N°4.06. Ensoleillement moyenne

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
<b>Ensoleillement (h)</b>	9,3	8,7	8,1	7,8	7,7	8,1	8,6	9,6	10,7	11,3	11,7	10,9

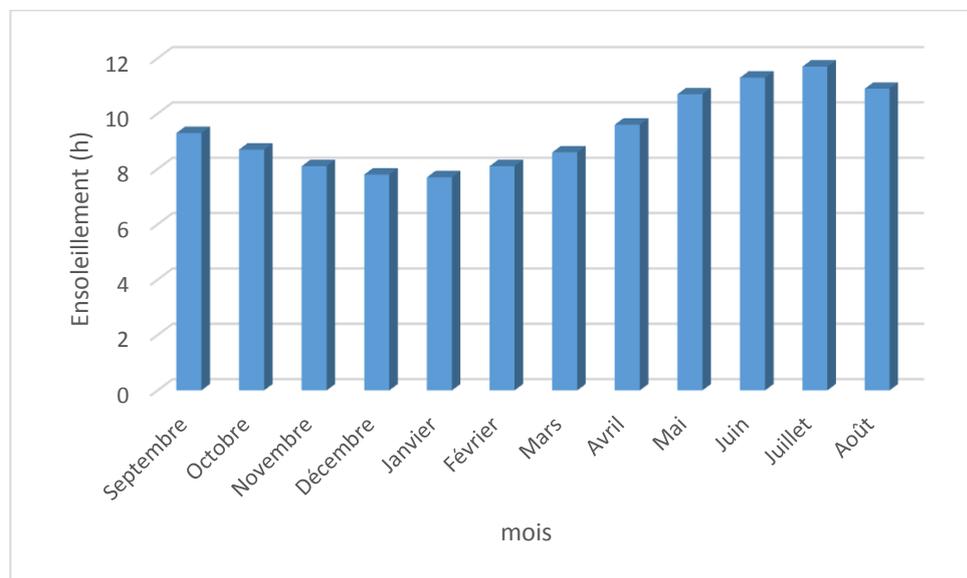


Figure N°4.08. L'insolation Moyenne Mensuelle (2004-2014).

#### 4.2.1.6. Synthèse climatique

Les variables climatiques constituent un système complexe agissant d'une manière synthétique sur les interactions des écoulements. Plusieurs formules et approches pratiques essaient de représenter cette action synthétique du climat par des indices et des méthodes graphiques.

##### ○ Diagramme ombrothermique

Afin de préciser les périodes sèches et humides durant l'année, nous avons établi le diagramme ombrothermique qui caractérise les interactions entre les précipitations moyennes mensuelles et les températures moyennes mensuelles.

Selon le diagramme ombrothermique est représenté par la figure N°1.09 nous remarquons que la période humide débute à Décembre jusqu'à la Mi- Janvier.

Quant à la période sèche, elle s'étale à partir du mois de Février et dure jusqu'à la fin de mois d'aout, et mi-septembre jusqu'à la fin de mois novembre.

Ainsi, durant l'année il est enregistré 83,33% de période sèche et 16,66% de période humide, confirmant l'aridité et le climat désertique de la région étudiée.

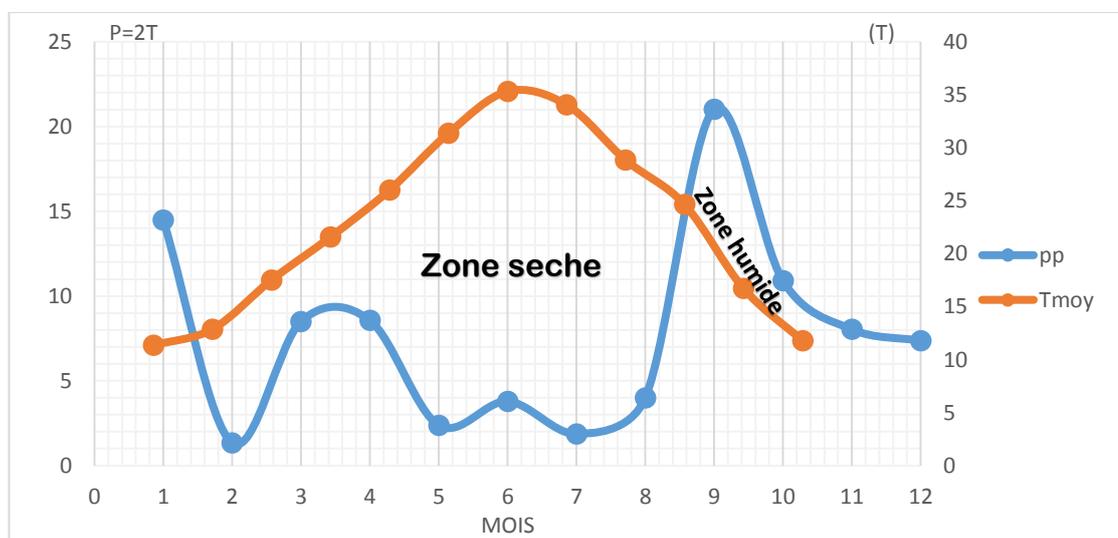


Figure N°4.09. Diagramme Ombrothermique.

#### 4.2.1.7. Etude de l'évaporation

L'évaporation est mesurée journalièrement sur le bac type COLORADO de la station de Ghardaïa (2004,2014). Cette évaporation journalière est définie par la relation :

$$E = P \pm H \dots \dots \dots (17)$$

E : Evaporation journalière du bac en mm,

P : Précipitation en mm,

H : Hauteur d'eau ajoutée ou enlevée dans le bac (mm).

Pour notre zone d'étude, les valeurs moyennes mensuelles observées de l'évaporation au niveau de la station de mesure de Ghardaïa sont résumées dans le tableau N°1.07 suivant :

Tableau N°4.07. Evaporation moyenne mensuelle (mm/j)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
<b>Evaporation (mm /j)</b>	9,9	7,1	4,5	4,3	4,2	5,4	7,0	8,9	11,0	13,5	15,1	13,7

Nous représentons dans la figure suivante la variation de l'évaporation.

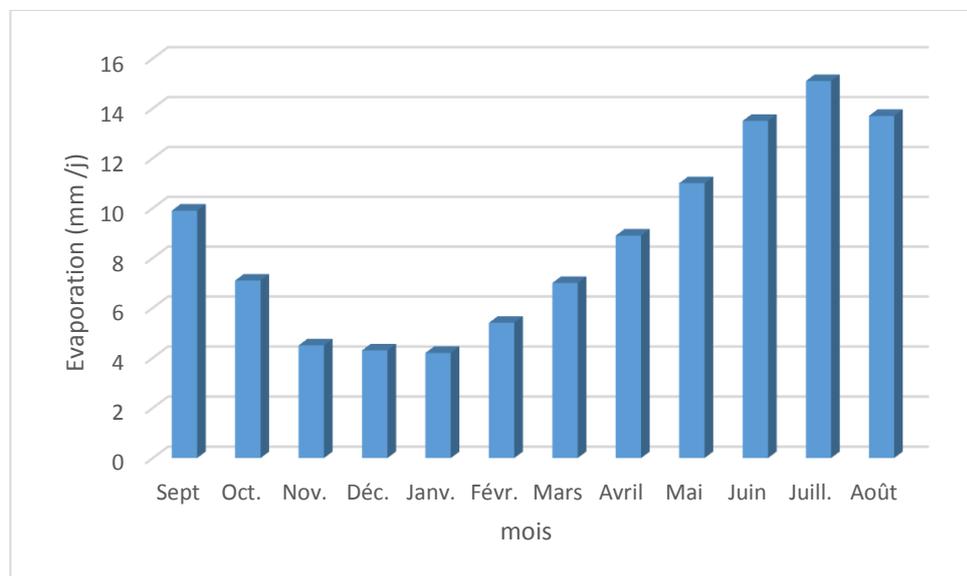


Figure N°4.10. Evaporation moyenne mensuelle (2004-2014).

Nous remarquons que l'évaporation varie proportionnellement à la température et contrairement à la précipitation.

Cette évaporation est faible entre Novembre et Mars et plus faible encore entre Décembre et Janvier, c'est-à-dire durant la période humide, lorsque les précipitations sont plus élevées que les températures.

Au cours des autres mois de l'année l'évaporation est très importante enregistrant des pics très élevés allant à 15,1 mm/j le mois de Juillet.

### 4.3. Hydrographie et Géomorphologie de la région d'étude

Le système territorial de la région correspond à la vallée d'Oued Lfhal, et ses affluents (qui forment des Sous-bassins versants) notamment Oued Tghir, Zmila et Sahebe El Fadje (La où s'installe la ferme de Ben Hammouda). Le paysage actuel est le résultat d'une érosion pluviale au début de quaternaire qui creuse dans l'étage supérieur de ses massifs un réseau d'oueds complexes qui se déversent suivant l'inclinaison du plateau vers le bassin d'Ouargla.

Ce cadre physique caractéristique de la région constitue une richesse naturelle avec toutes ses particularités ; lignes de crête, vallées, talus, talwegs, zones inondables. Ces unités morphologiques et géographiques constituent des repères naturels à ne pas détruire.

Une étude des crues la région a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m<sup>3</sup>/s. Le profil en long de la vallée d'Oued Lefhal nous donne un aperçu sur les différentes formations qui forment le relief, ce qui se traduit par des pentes qui varient entre 4.37% à l'amont de 1% à l'aval (PDAU, 2010).

### 4.4. Cadre géologique

La carte lithologique, établie d'après la carte géologique du Sahara sud, montre les formations suivantes du plus anciens au plus récent (PDAU, 2010) :

#### 4.4.1. Secondaire

- **Crétacé moyen**

- Cénomaniens

Il apparaît surtout sur la région des Mahseur sur les versants des petites vallées des Chaâb Ech-Chih, Chaâb El Mouileh et Chaâb El Haifat et Chaâb Oum El

- Turonien

Il débute au niveau de la commune de Hassi Lefhal à l'amont des vallées d'Oued Lfhal et Oued Et-Tekhir jusqu'à la route nationale. Il est formé de bancs de calcaires argileux (PDAU, 2010).

- **Crétacé supérieur marin sénonien**

Il se situe à l'est de la route nationale sous forme de vallées moins larges que celles du turonien formé par des formations de calcaire et dolomie avec intercalation de l'argile supérieure.

#### 4.4.2. Tertiaire

Il se situe à l'extrême est. Il est formé par des formations du pliocène continentale formé de calcaire lacustre et pouding.

#### 4.4.3. Quaternaire

Il se présente sous quatre formes :

- Lit d'Oued : il est formé d'alluvion.
- Dépression dépôts alluvionnaires qui forment les sols des dayas.
- Croute calcaire.
- Dunes qui peuvent être soit récentes soit hérité.

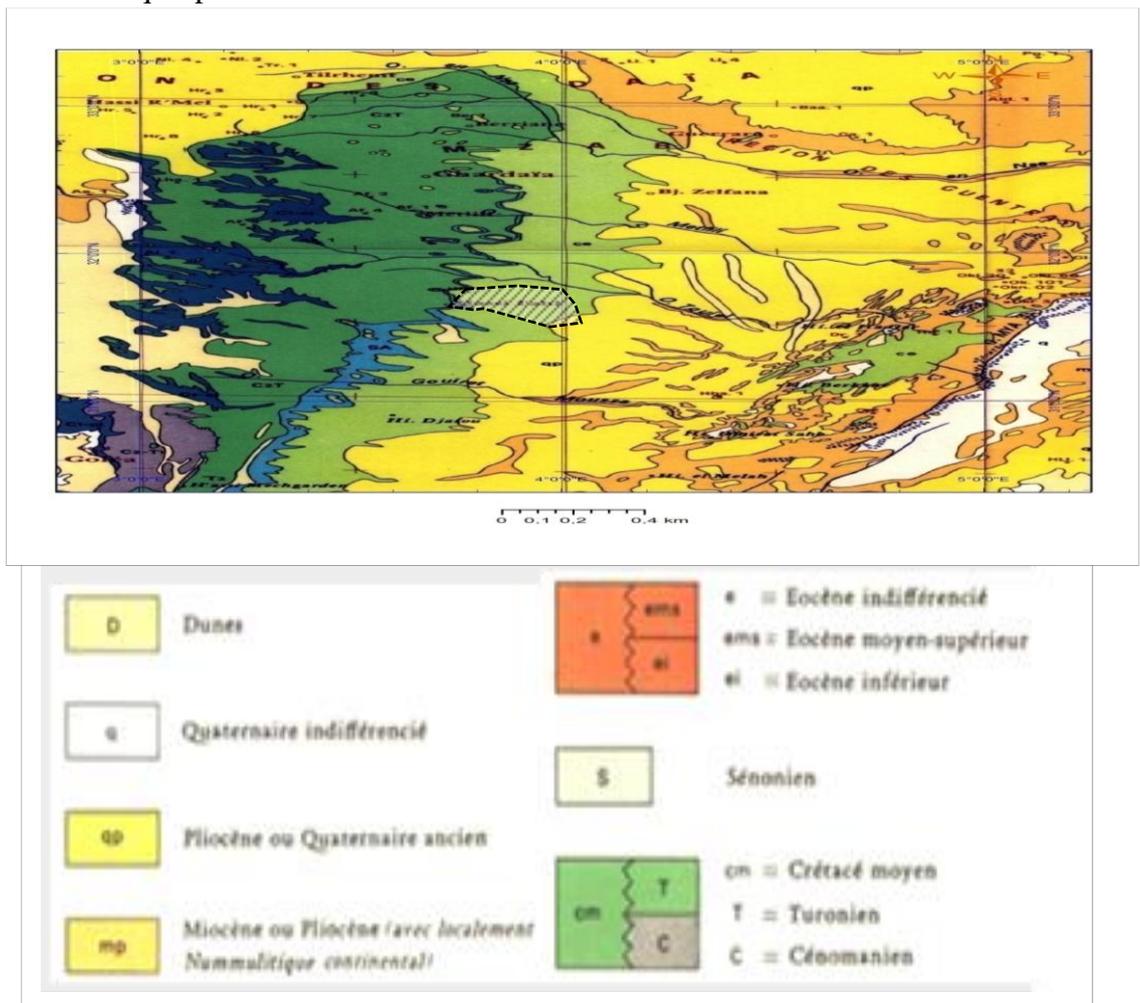


Figure N°4.11. Légende Carte Géologique de la Région (ANRH, 1998)

## 4.5. Hydrogéologie et ressources en eau

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'Infero flux (phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite Albien (Bennadir, 2015).

### 4.5.1. Nappe phréatique

Elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés à la pluviométrie. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30m.

Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmeraies (Bennadir, 2015).

### 4.5.2. Nappe du continental intercalaire (CI)

Elle représente la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grés et d'argiles sableuses d'âge Albien. Selon la région, elle est captée à une profondeur allant de 250 à 1000 m.

Suivant 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 dans les zones de Zelfana, Guerrara, Hassi Lfhel et Hassi Gara, exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El Menia.

La commune de Hassi Lfhal satisfait ses besoins en eau d'irrigations à partir de la nappe continentale intercalaire (l'Albien). Les coupes géologiques et les différents sondages montrent qu'on peut atteindre le toit de l'Albien à moins de 400m au centre de la commune et plus de 400m en Est et Ouest de la commune .

A cet effet, les zones situées à l'Est et au centre représentent de bonnes potentialités hydrauliques plus l'avantage de l'artisanisme .

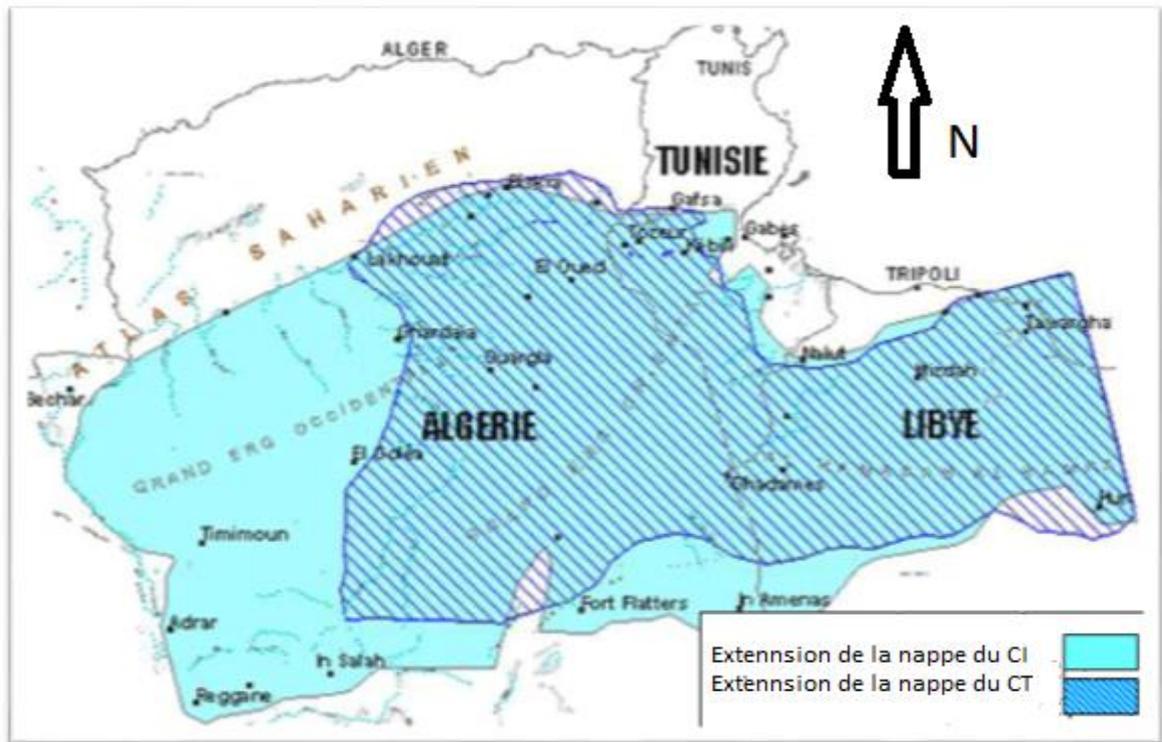


Figure N°4.12. Limites des aquifères CI et CT (ANRH, 2012).

## 4.6. Données socio-économique de la commune de Hassi Lfhel

### 4.6.1. Population

La Population totale de la commune de Hassi Lfhal est estimée d'après le recensement de l'année 2008 à 4020 habitant.

En terme de poids démographique, l'agglomération de Hassi Lfhal occupait en 2008, le 10ème rang dans la hiérarchie urbaine avec 4020 habitants(PDAU, 2010).

L'analyse démographique au niveau de la commune permettrait non seulement de renseigner sur la répartition de la population par dispersion mais aussi de saisir les tendances d'évolutions passées. Elle servira aussi pour mieux appréhender les mutations de la population en termes d'évolution des paramètres démographiques et ce pour mieux cerner les tendances d'évolutions futures (perspectives) à savoir, à court moyen et long terme(PDAU, 2010).

#### 4.6.2. Détermination de nombre d'habitant

On détermine le nombre à l'horizon 2040 par l'expression de TABARASSEN suivante :

$$P_n = P_0 (1+T)^n \dots\dots(18)$$

- P<sub>n</sub> : Nombre d'habitant futur.
- P<sub>0</sub> : 4021.
- T : Taux d'accroissement T=2.88 %.
- n : différence d'année entre 2040 et 2008.
- P<sub>n</sub> = 9973 habitants.

#### 4.6.3. Industrie

L'activité industrielle dans la commune n'a pas d'ampleur, étant donné que la commune ne dispose pas des grandes potentialités industrielles (PDAU, 2010).

Dans ce cadre on propose cette étude dont l'objectif est d'intégrer l'industrie agricole dans la ville Hassi Lfhal (Zahaf, 2016) .

#### 4.6.4. Agriculture

La commune de Hassi Lfhal, ville oasis à vocation agricole, dispose d'un périmètre agricole important qui la permet de garder son cachet traditionnel de région à vocation essentiellement agricole (PDAU, 2010).

- La Superficie de la commune 687 539 ha (DSA, 2016).
- La superficie agricole totale (S.A.T) s'étend sur 102 420 hectares (DSA, 2016).
- La Surface agricole utile (S.A.U) : 6 066 ha en irrigué en totalité (DSA, 2016).

##### 4.6.4.1 Terres agricoles

- **Nature juridique des terres**

Toutes les terres agricoles sont domaniales et privées. La plupart des terres agricoles sont situées à la palmeraie qui occupe la grande partie de la totalité des terres agricoles à la commune (PDAU, 2010).

- **Occupation agricole du sol**

Les terres agricoles de la commune sont occupées essentiellement de grande culture de la palmeraie (PDAU, 2010).

Dans la commune de Hassi Lfhal, le secteur agricole est limité, il est à vocation phœniciculture Sur les 687539 hectares couverts par la superficie de la commune 102420 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 6066 hectares

L'élevage ovin est essentiellement du ressort des nomades qui se subdivisent en deux grandes catégories.

Ceux inscrits dans la commune et se déplaçant sur des courtes et moyennes distances (PDAU, 2010).

Ceux venant d'autres communes, en transit pour des durées plus ou moins longues sur les pâturages de la commune (PDAU, 2010).

- **Structure des exploitations agricoles**

Le secteur de l'agriculture de la commune de Hassi Lfhal est caractérisé par deux systèmes d'exploitation (PDAU, 2010)

- L'ancienne palmeraie.
- La mise en valeur.

Le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantation, palmiers âgés, irrigation traditionnelle par seguias, exploitations mal structurées et fortement morcelées . Sont complantés en étages Palmiers dattiers, Arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire. Des activités d'élevages familiaux sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles (PDAU, 2010).

Le système de mise en valeur se scinde en

- Petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré, caractérisé par : irrigation localisée, densité optimale, alignement régulier, exploitation structurées. Taille moyenne de 2 à 10 ha (PDAU, 2010).
- Grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est

caractérisée par : structures foncière importante (jusqu'à 500 ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et vergers phoénicoles et arboricoles. Les cheptels associés aux productions végétales sont importants notamment ovins et bovins (PDAU, 2010).

#### **4.7. Conclusion**

Les données indiquées précédemment présentent un aperçu sur la zone concernée par la présente étude.

Les données climatiques disponibles sont ceux de la station météorologique de Ghardaïa. Cette commune caractérisée par un climat saharien aride.



Chapitre 05  
**PRESENTATION DE LA  
FERME PILOT**

## Chapitre 05

### PRESENTATION DE LA FERME PILOT

#### 5.1. Situation de la ferme pilote

Le site d'étude est une exploitation agricole privée de Monsieur l'investisseur Ben Hammouda Kadour, d'une superficie de mille hectares (1000 HA), située dans la région de Sehb Elfedjà 20 km vers le sud de la Commune de Hassi Lfhel.

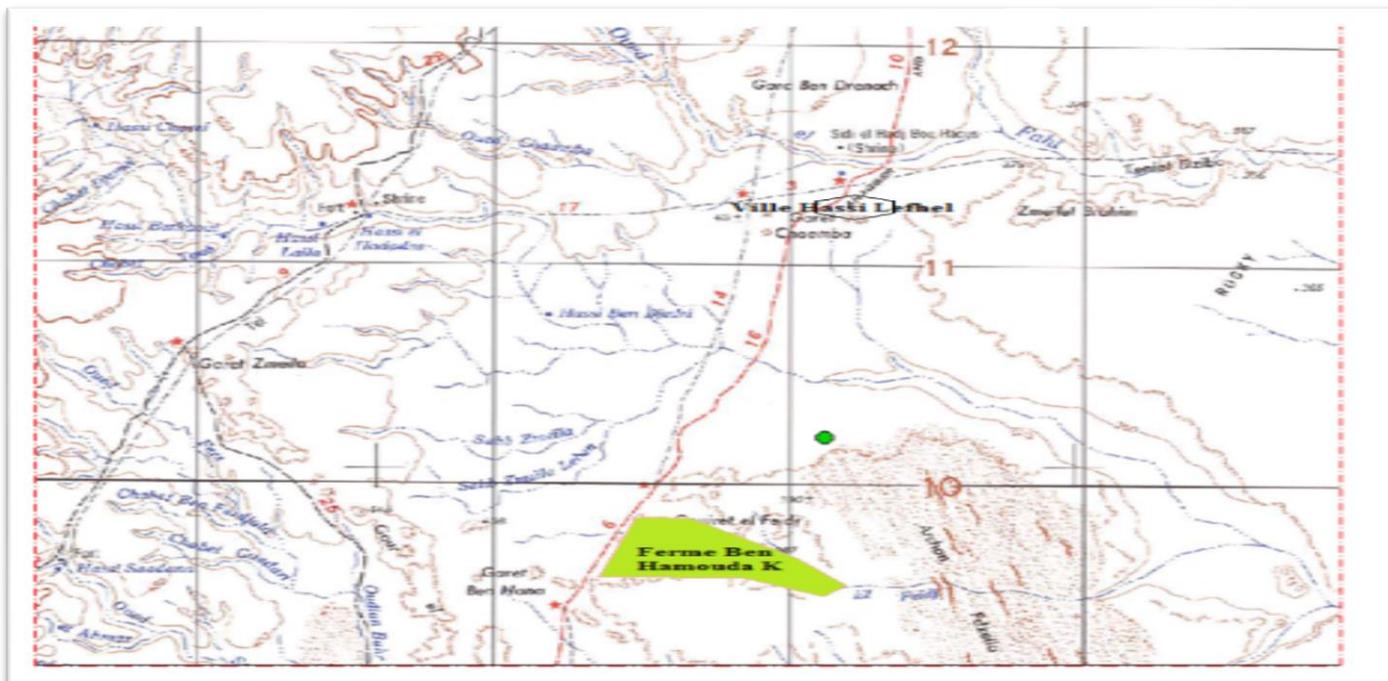


Figure 5.1. Plan de situation de la ferme Ben Hammouda Kadour (Google earth)

Les références cadastrales de cette propriété sont les suivantes :

- Wilaya de : Ghardaïa
- Commune de : Hassi Lfhal
- Lieu-Dit : Sehb Elfedj
- Propriétaire : Ben Hammouda Kadour
- Section cadastrale n° : 20
- Ilot de propriété : 01

## 5.2. Surface-parcellaire et culture

### 5.2.1. Parcelle actuelle

Tableau N°5.01. Résumé de toutes les constructions

Désignation	Superficie en (m <sup>2</sup> )
Base de vie	1 060.00
Hangar & habitation	700.00
Atelier & magasin	400.00
Bergerie	7 500.00
Poste de garde	//
Chambres froides & bloc administratif	1 160.00
Bassins d'irrigation	280.00
Quai de stockage pour carburant	//

### 5.2.2. Surfaces des cultures

Tableau N°5.02. Surface de la phœniciculture..

	Surface	Nombre	Observation
Palmiers (Deglet-Nour&Ghars)	20 ha	2000	Productives
Palmiers (Deglet-Nour&Ghars)	35 ha	3000	Non productives
Surface Totale	===== 55 hectares		

Tableau N°5.03. Surface de l'Arboriculture.

Désignation	Surface	Nombre	Observation
Oliviers (Sigoise)	20 ha	8000	Productives
Viticultures (dalia)	50 ha	220000	Productives
Agrumes (Orangers & Citronniers)	20 ha	11 500	Production moyenne
Poiriers	35 ha	39500	Productives
SURFACE TOTALE	===== 125 HECTARES		

Tableau N°5.04. Surface des céréales et cultures fourragères.

	Surface	Nombre de pivot	Observation
Céréales	120	3	Productives
Fourrage	310	8	productives
Surface Totale	===== 430 hectares		

Tableau N°5.05. Récapitulatif des surfaces affectées dans la ferme.

Désignation	Quantité
<b>I- Evaluation des surfaces</b>	
Surfaces d'Arboricultures y compris réseaux d'irrigations, aménagement & pistes	75 ha
Surfaces phœniciculture y compris réseaux d'irrigations, aménagement & pistes	55 ha
Surfaces viticultures y compris réseaux d'irrigations, aménagement & pistes	50 ha
Surfaces fourragères y compris l'aménagement	500 ha
Surfaces non exploitées & plus-value de l'aménagement & moins-value des surfaces non exploitable	319 ha
<b>II- Constructions y compris les surfaces</b>	
Base de vie (1060 m2)	01
Hangar & habitation (700 m2)	01
Atelier & magasin (400 m2)	01
Bergerie (7500 m2)	01
Chambres froides	08
Bassins d'irrigation (270 m3)	02
Quai de stockage pour carburant	F
Poste de garde	F
<b>III- Equipements</b>	
puits artésiens & équipements	11
Pivots & équipements (30 ha)	02
Pivots & équipements (40 ha)	07
Pivots & équipements (50 ha)	02

Réseaux d'irrigation principale ( $\varnothing=200$ ) & vannes & installations	F
<b>IV- arbres fruitiers divers</b>	
Palmiers productives	2000 U
Palmiers non encore productives & moins-value	3000 U
Oliviers	4000 U
Viticultures	220000 U
Agrumes	11500 U
Poiriers	39500 U

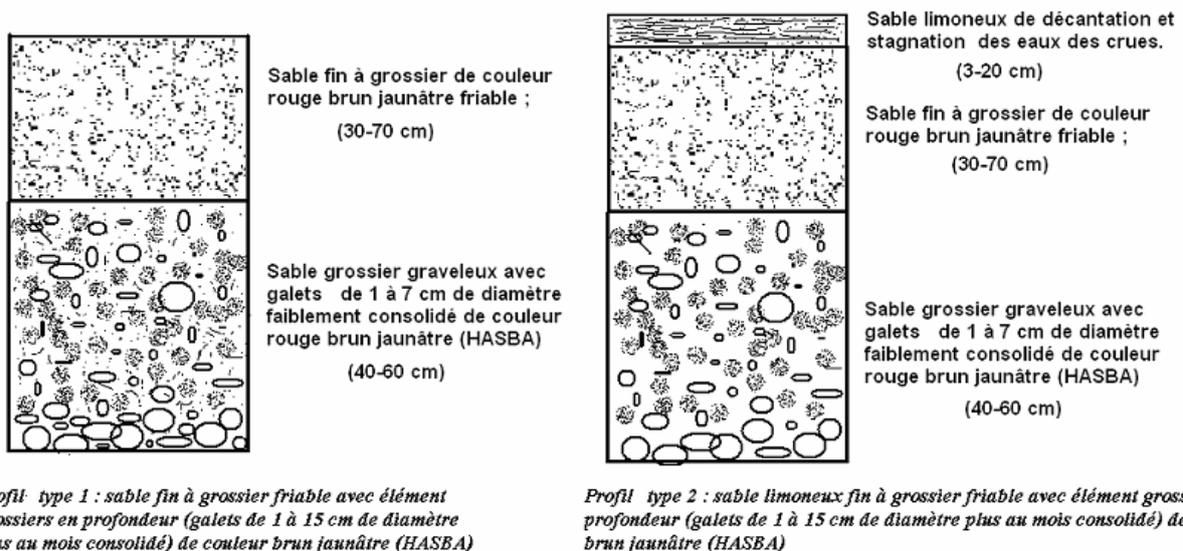
### 5.3. Equipements hydro-agricole (Pivots)

Onze (11) pivots assurant l'irrigation des cultures fourragères et céréales, couvrant une surface totale estimée à 500 hectares. Les dimensions de ces pivots se différent et couvrant des surfaces de 30 à 50 hectares pour chaque un d'eux.



Figure N°5.02. Pivot d'irrigation de la ferme (31 /12/2016).

## 5.4. Ressources en sols



### 5.4.1. Classification des profils pédologiques

En 2016 le BET SARL Nils à réaliser des profils pédologiques sur la région. Selon les résultats de cette étude, on peut classer les profils en deux types à savoir :

Figure N°5.3. Description des profils (BET NILS ,2016).

- **Profil type 1** sable fin à grossier friable avec élément grossiers en profondeur (galets de 1 à 15 cm de diamètre plus au mois consolidé) de couleur brun jaunâtre (HASBA) ;
- **Profil type 2** sable limoneux fin à grossier friable avec élément grossiers en profondeur (galets de 1 à 15 cm de diamètre plus au mois consolidé) de couleur brun jaunâtre (HASBA)(BET NILS, 2016).

## 5.4.2. Analyse de la salinité des sols

### 5.4.2.1. Prélèvements

Nous avons réalisé une campagne d'échantillonnage et de prélèvement du sol en deux sites dans la ferme. Ensuite, nous avons ramenés ces prélèvements au laboratoire d'analyse de l'université de Ghardaïa. L'objectif de l'analyse est de mesurer la conductivité électrique des sols de la ferme.

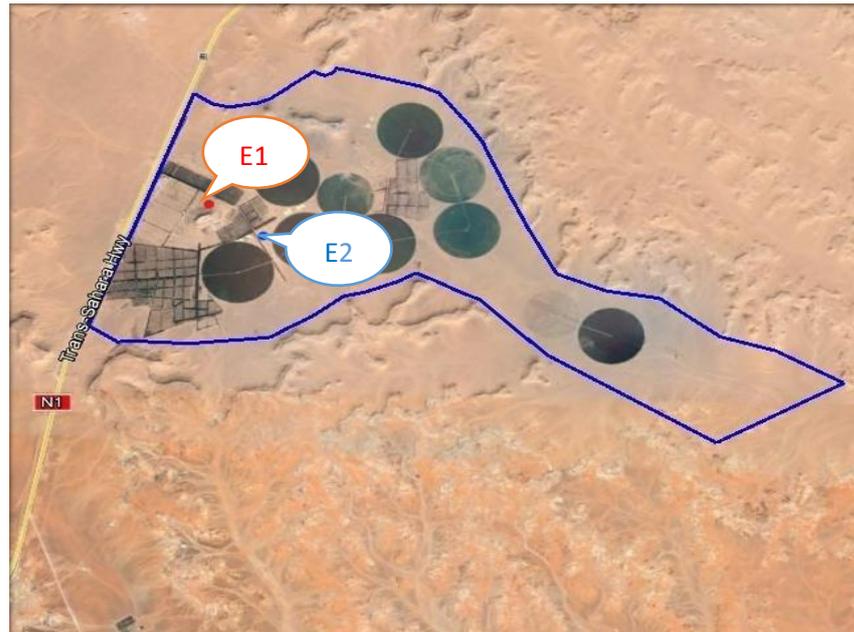


Figure N°5.04. Les points d'échantillonnage du sol (Carte d'état majeurs).

### 5.4.2.2. Résultat d'analyse

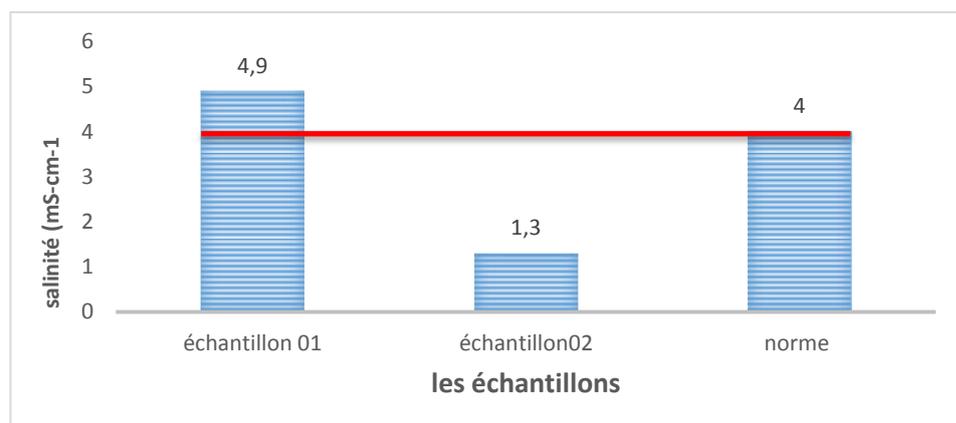


Figure N°5.05. Histogramme des résultats d'analyse de CE (ms/cm).

Nous constatant que le l'échantillonne de la zone de palmeraies (E1) représente une forte CE (par conséquence : une forte salinité) qui dépasse la

norme (4.9 Ms/cm). Cette situation peut être expliquée par le fait que cette parcelle est mal drainée par les eaux de surface (accumulation de gypse). Par contre, le deuxième site est bien drainé et présente des valeurs de CE tolérables (1.3 ms/cm).

### **5.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, on renferme une fiche technique qui résume tous les infrastructures, équipements, et on remarque que l'échantillon de la zone de palmeraies E1 représente une forte salinité qui dépasse la norme .



## Chapitre 06

### DIAGNOSTIC DES FORAGES ET DU RESEAU D'IRRIGATION

#### 6.1. Démarche sur terrain

Dans le cadre de cette étude nous effectuée 08 sortie vers la ferme de Ben Hammouda durant la période 12/2016 – 04/2017. L'objectif des sorties sur terrains était:

- Mesurer le linière du réseau existant ;
- Constater la nature et l'état des conduites;
- Mesurer le débit et la pression en tête des forages (estimation);
- Prendre des échantillons du sol et eau de forage pour analyse;
- Désignée le parcellaire par secteur hydraulique et par cultures;
- Prise des photos.

Les sorties sur terrain ont été déléguées et assistée par le directeur de la ferme Mr: Ben Hammouda Boualeme et son ingénieur Mr : Mekki Mohamed Douadji

#### 6.2. Méthodologie du diagnostic

L'étude de diagnostic est un ensemble d'opération effectuée sur le terrain, pour déceler les disfonctionnements et proposer les travaux correspondants. Pour conduire une étude de diagnostique il Ya trois phases à suivre :

##### 6.2.1. Recueil et exploitation des données

On distingue quatre types de données :

- Données relatives au réseau (longueur de conduite, nature de conduite, débit et diamètres) ;
- Type de culture est parcellaire irriguées par chaque conduite;
- Donnes relatives à la source d'eau notamment les forages (débit, pression de services);
- Données relatives à la qualité des eaux d'irrigation;
- Données relatives au sol (réserves utiles, vulnérabilité à salinisation);
- Etat des ouvrages annexes (Bassin d'accumulation, pompes et station de pompages, et équipement d'irrigation).

### **6.2.2. Analyse de données**

- Détecter les dysfonctionnements des ouvrages et du réseau.
- Localiser les tronçons défectueux.
- Vérifier la gestion actuelle de l'eau par rapport à la capacité de captage et l'activité agricole.

### **6.2.3. Redimensionnement du réseau et vérification de la capacité de desserte**

Dans le cas où on a des doutes sur des tronçons de réseau on fait un redimensionnement hydraulique afin de proposer les caractéristiques convenables pour ce tronçon.

L'élaboration des supports graphiques sont nécessaires pour illustrer tous les caractéristiques géométriques et hydrauliques de ce réseau. En effet nous avons élaborés à la fin de cette étude un tracé en plan du réseau avant et après le diagnostic qui comprend: le diamètre, longueur, topographie, profondeur, nature des matériaux de fabrication, pression de service, emplacement des forages et accessoires etc...

## **6.3. Etat de forages**

### **6.2.1. Caractéristiques de captage**

Le réseau de captage de la ferme comprend neuf forages jaillissants (ou semi-jaillissant) équipés et alimentés en électricité. Ses profondeurs varient de 450 à 500 ml. Le débit mobilisé varie de 50 à 60 l/s/forage, avec un débit total mobilisé de 250 l/s. La pression à la tête des forages varie de 1.6 à 2.2 Bars.

- Nombre de forage affecté à l'arboriculture : 01 forage.
- Nombre de forage affecté à la céréaliculture : 09 forages.
- Nombre de forage affecté à la phoéniculture : 01 forage .

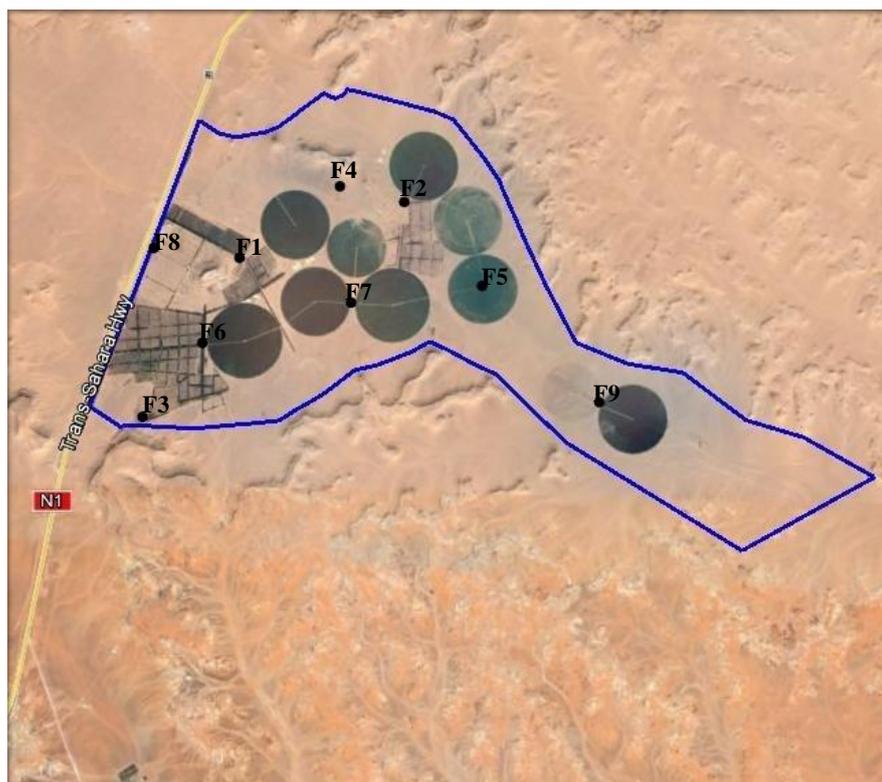


Figure N°6.01. Carte de situation des forages de la ferme (photo Google earth).

### 6.2.2. Caractéristiques hydrotechniques des forages

Tableau N°6.1 Caractéristiques hydrotechniques des forages

N	forage	Caractéristiques de la pompe	Profondeur De calage de la pompe ml	Débit l/s	Pression En tête de forage (m de pression)
1	forage 1	Pompe SAGE D6 80 CHVX	16	60	20m
2	forage 2	Pompe SAGE D6 80 CHVX	25	55	22
3	forage 3	Pompe SAGE D4 50 CHVX	40	50	/
4	forage 4	Pompe SAGE D6 80 CHVX	29	60	22
5	forage 5	Pompe SAGE D4 50 CHVX	10	50	18
6	Forage 6	Pompe SAGE D6 80 CHVX	16	50	16
7	forage 7	Pompe SAGE D6 80 CHVX	04	50	16
8	Forage 8	Pompe SAGE D2 25 CHVX	04	60	/
9	forage 9	pompe SAGE D4 50 CHVX	04	50	16

### 6.2.3. Coupe lithologique des forages

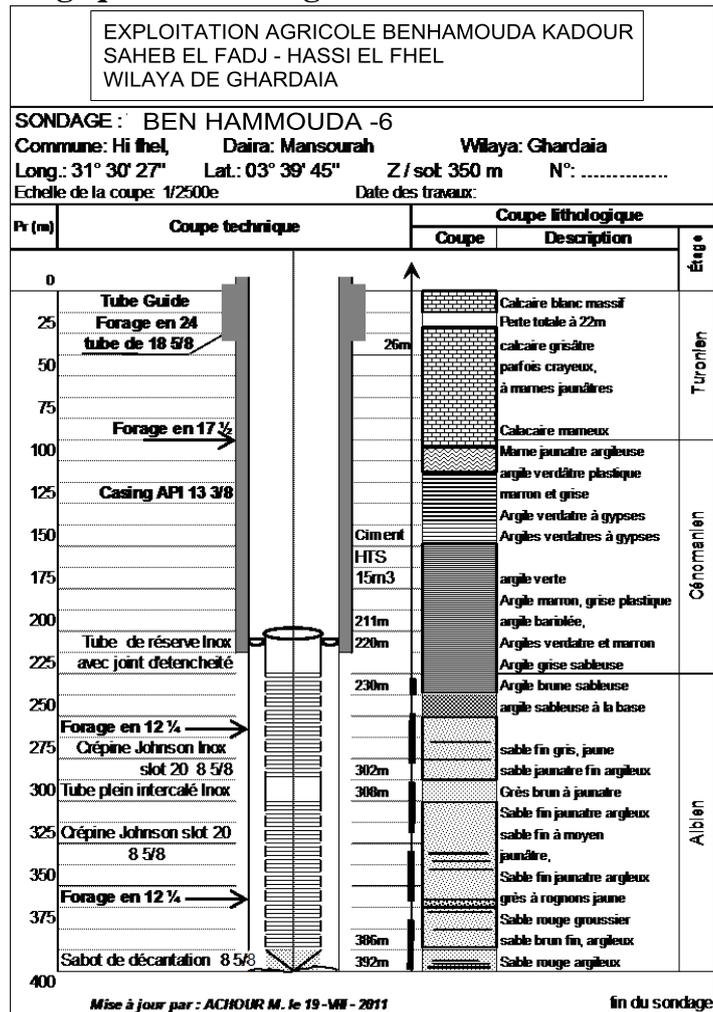


Figure N°6.02. Coupe Lithologique du forage type dans la ferme (ANRH, 2011)

### 6.2.4. Caractérisation des eaux de forage

Nous avons procédé à la caractérisation des eaux par prélèvements et analyse au laboratoire. En effet, à la date de 25/04/2017 nous avons prélevée les eaux de deux forages (N°1 et 9), et les ramener au laboratoire de l'université de Gharidaia.

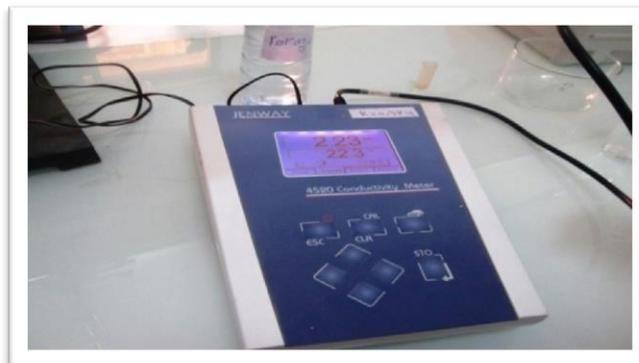


Figure N°6.03. Mesure de pH, CE et TDS des eaux de forage Au laboratoire de l'université de Gharidaia

### 6.2.5. Résultats d'analyses hydro-chimiques

Les résultats d'analyse comparés aux normes Algérien, sont illustrés dans les figures 6.04 /6.08:

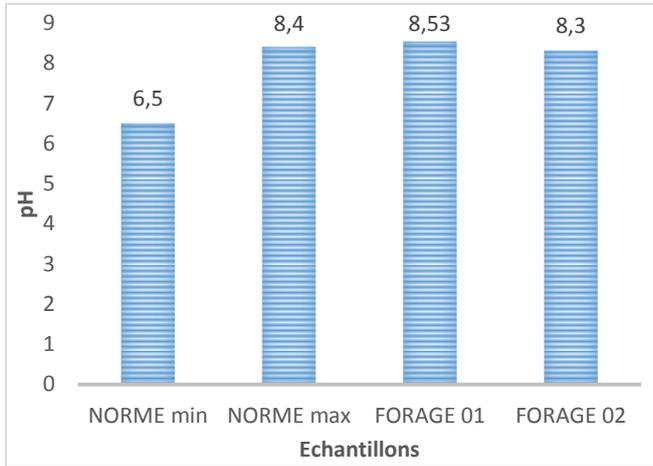


Figure N°6.04. Résultat de pH des eaux de forages 1 et 9

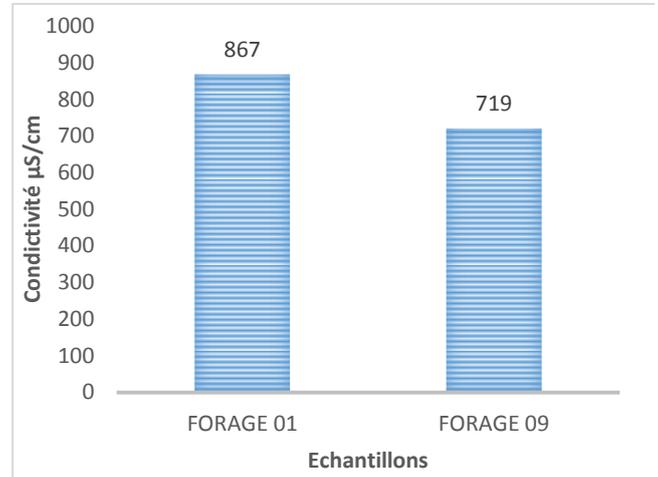


Figure N°6.5. Conductivité Electrique des eaux de forages 1 et 9 en Us/cm

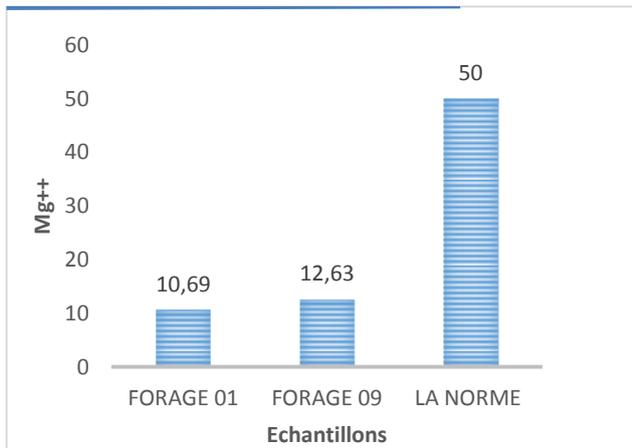


Figure N°6.6. Teneur en Mg+2 des eaux des forages 1 et 9 en mg/l

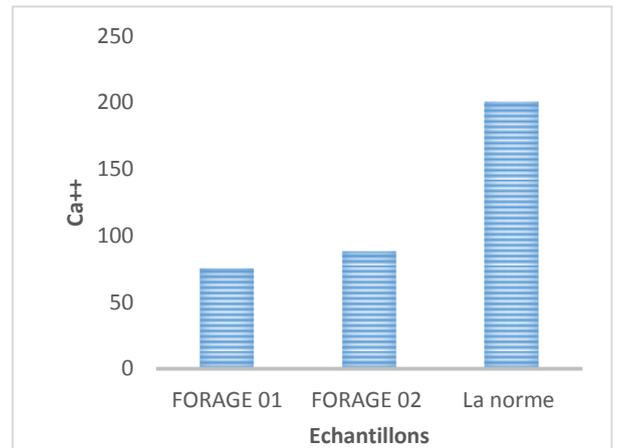


Figure N°6.7. Teneur en Ca +2 des eaux des forages 1 et 9 en mg/l

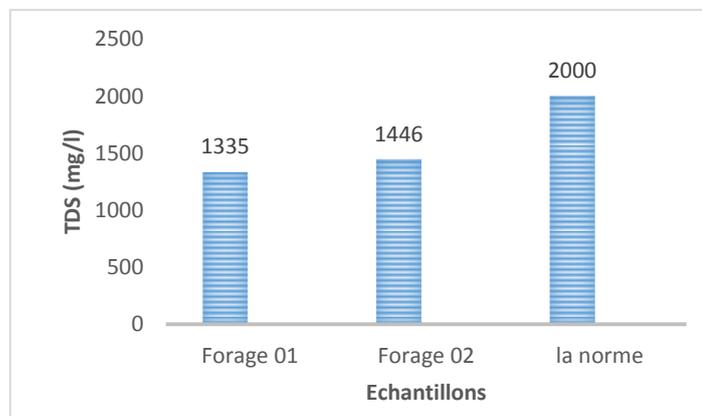


Figure N°6.8. Teneur en TDS des eaux des forages 1 et 9 en mg/l.

### 6.2.6. Discussion et commentaire des résultats du diagnostic des forages

A la lumière de ces données nous pouvons conclure que:

- Tous les forages sont équipés par des pompes immergées, ce qui signifié l'absence totale d'artésianisme sur la ferme, et que la pression de service du réseau (1.6-2.2 bars) est assurée uniquement par voies électromécanique.
- Les débits fournées par les forages sont généralement suffisants par apport à la capacité de la région (un forage peu irrigué 100 ha).
- Sept (4) forages sur neuf (9) sont isolés est raccordés directement et uniquement aux pivots des céréales.
- L'analyse chimique montre que les eaux de forage sont dans les normes Algériennes des eaux d'irrigation et même pour les eaux potables.
- Les anciens forages qui remontent à 20 ans (1, 2, 3 et 6) nécessitent des travaux d'entretien notamment le développement pneumatique, et rénovation de la tête.

### 6.3. Diagnostic du réseau d'irrigation

L'état de fait du réseau d'irrigation de la ferme Ben Hammouda est résumé dans les tableaux suivants (voir plan Etat de fait du réseau):

#### 6.3.1. Tableaux de diagnostic

Tableau N°6.02. Etat de fait du réseau d'irrigation de la ferme

Tronçon	Longueur en ml	Surface à irriguée en Ha	Diamètre et nature de conduite en mm	Etat du réseau
F1—1	123	40	150 CIMENT	mauvaise
1--1'	40	23	160 PEHD	mauvaise
1'--1"	35	16	110 PEHD	mauvaise
1"--1'''	34	8	90 PEHD	mauvaise
01—02	134	30	150 CIMENT	mauvaise
2--2'	34	10	160 PEHD	bonne
2'--2"	30	7	110 PEHD	moyenne
2"--2'''	28	4	90 PEHD	Bonne
2—3	94	20	150 CIMENT	Mauvaise
3—4	29	20	150 CIMENT	Mauvaise
4--4'	34	7.5	160 PEHD	Bonne
4'--4"	27	5	110 PEHD	Bonne
4"--4'''	28	3	90 PEHD	Bonne
F4—5	230	30	200 PEHD	moyenne
5—3	302	35	200 PEHD	Mauvaise

F4—6	317	40	200 PEHD	Mauvaise
F1—7	28	20	200 PEHD	Bonne
7--7*	57	10	160 PEHD	Bonne
7*--7**	50	6.5	110 PEHD	moyenne
7**--7***	44	3.5	90 PEHD	Bonne
7--7'	56	10	160 PEHD	Bonne
7'--7"	85	5	110 PEHD	Bonne
7"--7'''	70	5	90 PEHD	moyenne
F1—8	44	85	250 CIMENT	Mauvaise
8—9	57	20	200 PEHD	Bonne
9--9'	52	13	160 PEHD	moyenne
9'--9"	40	8	110 PEHD	Mauvaise
9—10	61	5	200 PEHD	Bonne
10--10'	38	5	160 PEHD	moyenne
10'--10"	41	4	110 PEHD	Bonne
8—11	313	90	250CIMENT	Mauvaise
F6-12	187	50	200CIMENT	Mauvaise
11—12	222	50	200CIMENT	Mauvaise
11—30	200	40	200CIMENT	Mauvaise
F6-13	145	73	200CIMENT	Mauvaise
13--13'	26	35	160 PEHD	Mauvaise
13'—A	38	10	110 PEHD	Mauvaise
A--A'	32	7.5	90 PEHD	Mauvaise
A'--A"	37	5	60 PEHD	Mauvaise
13'—B	40	8	110 PEHD	moyenne
B--B'	36	4	90 PEHD	moyenne
13'--13"	26	35	160 PEHD	moyenne
13"—C	38	9	110 PEHD	moyenne
C--C'	32	6	90 PEHD	moyenne
C--C"	37	4	60 PEHD	Mauvaise
13"—D	34	9	110 PEHD	moyenne
D--D'	37	6	90 PEHD	moyenne
13-14.	105	55	200CIMENT	Mauvaise
14-15.	101	38	200CIMENT	Mauvaise
15--15'	28	32	160 PEHD	Mauvaise
15'—E	36	9	110 PEHD	Mauvaise
E--E'	35	6	90 PEHD	moyenne
E'--E"	32	3	60 PEHD	Mauvaise
15'—G	44	9	110 PEHD	moyenne
G--G'	42	5	90 PEHD	moyenne
15'--15"	67	32	160 PEHD	Mauvaise
15"—F	36	13	110 PEHD	Mauvaise
F--F"	30	8	90 PEHD	Mauvaise
F'--F"	35	5	60 PEHD	Mauvaise
15"—H	42	6	110 PEHD	moyenne
H--H'	34	2	90 PEHD	Bonne
F3-19	195	127	250CIMENT	Mauvaise
19—20	124	60	200 PEHD	Mauvaise
20—I	63	30	160 PEHD	Mauvaise
I--I'	76	20	110 PEHD	Mauvaise
19—21	73	67	250CIMENT	Mauvaise
21—22	112	15	200 PEHD	Bonne
22—J	52	10	160 PEHD	moyenne
J--J'	64	6	110 PEHD	moyenne

21—16	54	52	250CIMENT	Mauvaise
16—17	104	16	200 PEHD	Bonne
17—K	50	9	160 PEHD	Bonne
K--K'	65	5	110 PEHD	moyenne
18—L	63	16	160 PEHD	moyenne
L--L'	54	9	110 PEHD	moyenne
16—14	70	52	250CIMENT	Mauvaise
F6—12	187	50	200CIMENT	Mauvaise
F7—30	197	40	250CIMENT	Mauvaise
F7—13	143	73	200CIMENT	Mauvaise
F7—31	266	30	200 PEHD	moyenne
F7—32	194	50	200CIMENT	Mauvaise
F2—32	488	50	250CIMENT	Mauvaise
F2—33	74	80	200 PEHD	Mauvaise
33—34	207	40	200 PEHD	Mauvaise
33—36	163	40	200 PEHD	Mauvaise
36-35	196	40	200 PEHD	Mauvaise
F5—35	388	80	200 PEHD	Mauvaise
F5—32	476	90	200 PEHD	Mauvaise
F9—37	161	30	250 PEHD	Bonne
F9—38	210	40	250 PEHD	moyenne
F8—25	200	80	200 PEHD	Mauvaise
24--24'	14	16	160 PEHD	moyenne
24"--24"	70	14	110 PEHD	Mauvaise
24"--24"	57	9	90 PEHD	Mauvaise
25—24	37	29	200 PEHD	moyenne
24—23	56	20	200 PEHD	moyenne
23--23'	12	20	160 PEHD	Bonne
23'--23"	70	18	110 PEHD	mauvaise
23"--23'''	63	12	90 PEHD	mauvaise
25—Bassin	19	0.028	160 PEHD	Bonne
25—26	43	51	200 PEHD	Mauvaise
26--26'	12	10	160 PEHD	moyenne
26'--26"	70	8	110 PEHD	moyenne
26"--26'''	56	5	90 PEHD	moyenne
26—27	51	43	200 PEHD	Mauvaise
27--27'	13	12	160 PEHD	moyenne
27'--27"	70	10	110PEHD	Mauvaise
27"--27'''	56	6	90 PEHD	moyenne
27—28	67	33	200 PEHD	Mauvaise
28--28'	15	9	160 PEHD	moyenne
28'--28"	70	8	110 PEHD	Mauvaise
28"--28'''	57	4	90 PEHD	moyenne
28—29	49	20	200 PEHD	moyenne
29--29'	16	12	160 PEHD	moyenne
29'--29"	70	11	110 PEHD	Mauvaise
29"--29'''	57	6.5	90 PEHD	Mauvaise
F9—37	210	40	250 PEHD	moyenne
F9—38	161	30	250 PEHD	Bonne

Tableau N°6.03. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme par état .

Etat	Réseau PEHD						Réseau Ciment	Totale enml
	63	90	110	160	200	250		
Diamètre	63	90	110	160	200	250		
Bonne état (ml)	0	134	112	262	250	322	0	1080
Moyenne état (ml)	0	286	531	301	638	630	0	2386
Mauvaise état (ml)	141	382	611	224	2608	0	3267	7233
Total	141	802	1254	787	3496	952	3276	10699

Tableau N°6.04. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme par affectation.

Désignation	Longueur en (ml)	Affectation
Réseau PEHD	7432	- Réseau principal - Réseau secondaire - Réseau Tertiaire
Réseau Ciment	3267	- Ancien réseau principal (palmeraies)
Total	10699	

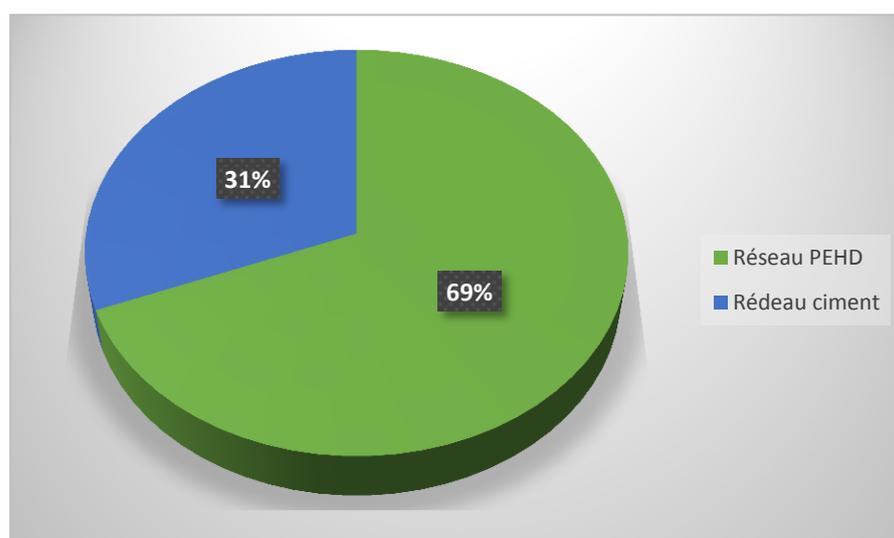


Figure 6.09. Récapitulatif du réseau d'irrigation de la ferme.

### 6.3.2. Discussion et commentaire des résultats du diagnostic du réseau d'irrigation

A la lumière de ces résultats on remarque que:

- Le réseau est constitué en majorité en PEHD avec 69 %, le taux du matériau ciment est de 31%.
- Pour le réseau PEHD la fraction bonne et moyenne état pour tous diamètres représente plus de 33% du réseau totale.
- Le réseau de PEHD de mauvaise état et qui nécessite une rénovation immédiate, représente 24% du réseau total.
- Le réseau du ciment est quasiment (31%) en mauvais état, il nécessite lui-aussi une action de rénovation en PEHD.
- Le réseau PEHD en diamètre 63mm est en totalité endommagé.
- Le réseau PEHD en diamètre 200 mm est totalité en bonne état.



Photo N°6.10. Conduites de réseau principal



Photo N°6.11. Raccordement amiante-ciment et PEHD



Photos N°6.12. Absence des socles des niches parcelaires



Photo N° 6.13. Fuite d'eau au niveau des vannes



Photo N°6.14. Pompe ensablée

#### 6.4. Redimensionnement du réseau d'irrigation et vérification de la capacité de desserte

La vérification de la capacité de desserte par redimensionnement du réseau douteuse. Si le tronçon ne vérifie pas les conditions hydrauliques de la gestion une action de rénovation est immédiatement obligatoire.

##### 6.4.1. Méthodologie de redimensionnement du réseau

###### Estimation de besoin en eaux des cultures

Les exigences hydriques des cultures dépendent essentiellement des facteurs climatiques. Par l'usage du logiciel CROPWAT, nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle et les besoins nets mensuels d'irrigation partir de ces données climatiques (2000-2015). La culture de référence dans la ferme est une culture étagée, c'est-à-dire, elle composée de plusieurs étages à savoir : le palmier dattier, l'arboriculture et la culture maraîchère ou fourrageai. Le tableau ci-après résume le calcul des besoins en eau pour ce type de culture:

Tableau N° 6.05. Les besoins nets mensuels d'irrigation du palmier dattier

MOIS	T(°C)	H(%)	V(KM/J)	I(H)	ETO(MM/J)
JAN.	10.1	59	318	8.1	2.29
FEV.	12.6	54	358	8.4	3.23
MAR.	15.5	52	441	8.2	4.45
AVR.	18.8	39	453	10.4	6.55
MAI	25.3	31	408	10.9	8.67
JUIN.	30.2	29	439	11.1	10.52
JUILLET.	33.4	27	301	11.6	9.82

AOUT.	33.5	24	270	10.9	9.11
SEP.	28.1	36	304	9.0	7.13
OCT.	21.9	50	297	8.1	4.63
NOV.	15.6	64	292	8.1	2.68
DEC.	11.8	65	263	7.5	1.96

### Besoins Brutes en eau des cultures

Les besoins nets en eau sont calculés par la formule suivante :

$$BNC = (k_c \cdot ETP) - (P_{ef} - RFU) \dots \dots (19)$$

Où :

- $K_c$  Coefficient culturale (pour la culture étagée  $K_c = 1.2$ ) .
- ETP Évapotranspiration potentielle.
- $P_{ef}$  Pluie efficace.
- RFU Réserve facilement utilisable dans le sol.

Les besoins en eau des cultures présentent le prélèvement journalier de l'humidité édaphique dans la zone racinaire dû à l'évapotranspiration des cultures en soustrayant les pluies efficaces et éventuellement les réserves hydriques du sol. Vu les conditions climatique pré analysées il est évident que les pluies efficaces et les réserves hydriques du sol sont négligeable. La première formule peut se simplifiée sous la forme suivante :

$$BNC = K_c \cdot ETP \dots \dots (20)$$

#### 6.4.1.1 Besoins Nets en eau des cultures

Les besoins nets en eau sont calculés par la formule

$$B_b = BNC/e \dots \dots (21)$$

Où :

- BNC: Besoins brutes des cultures.
- E: Efficience du système d'irrigation.

L'efficience du système d'irrigation dépend de l'efficience de l'irrigation à la parcelle et du système de distribution. Au niveau de la parcelle, le système d'irrigation pratiquée est celle de Goutte à Goutte, dans ce cas l'efficience de notre système est de  $e = 0,90$ . Les calculs sont résumés comme suit :

Tableau N°6.06 le système d'irrigation de Goutte à Goutte.

Mois	ETP (mm/j)	Kc	BNC (m3/j/Ha)	E (%)	Bb (m3/j/Ha)	Bb (m3/mois/Ha)
Jan.	2.29	0.75	17.17	90	19.08	572.40
Fév.	3.23	0.75	24.22	90	26.91	807.30
Mar.	4.45	0.75	33.37	90	37.08	1112.40
Avr.	6.55	0.75	49.12	90	54.58	1637.40
Mai	8.67	0.74	64.16	90	71.29	2138.70
Juin.	10.52	0.79	83.11	90	92.34	2770.20
Juillet	9.82	0.78	76.60	90	85.11	2553.30
Aout.	9.11	1.00	91.10	90	101.22	<b>3036.60</b>
Sep.	7.13	0.90	64.17	90	71.30	2139.00
Oct.	4.63	0.90	41.67	90	46.30	1389.00
Nov.	2.68	0.75	20.10	90	22.33	669.90
Déc.	1.96	0.75	14.17	90	16.33	489.90

Le besoin brut maximum est enregistré au mois d'Août avec 3036.60 m3/mois/Ha qui correspond à un débit fictif continu unitaire de **1 l/s/Ha**.

### Caractéristiques hydrauliques des tronçons

Le dimensionnement du réseau est effectué par la formule de HAZEN & WILLIAMS qui permet de calculer les pertes de charges linéaires et singulières, elle est exprimée dans l'unité métrique comme suite :

$$\Delta H_t = \frac{1.2 * 10,67 * L * Q^{1,852}}{D^{4,87} * Cw^{1,852}} \dots\dots\dots(22)$$

Où :

- PCL : Perte de charge linéaire.
- L : Longueur du tronçon.
- Q : Débit passant par le tronçon.
- CW : Coefficient de HAZEN & WILLIAMS (pour le PEHD=150).
- D : Diamètre de la conduite.

Le calcul des pressions aux niveaux des nœuds est suivent la formule :

$$P = CPN - CTN \dots\dots\dots(25)$$

Où :

- P : Pression au nœud.
- CPN : Cote piézométrique au nœud.
- CTN : Cote de terrain naturel au nœu

Avec

$$CPN = CPNA - CTN \dots \dots \dots (26)$$

CPNA : Cote piézométrique au nœud amant .

### 6.4.2. Tableau des calculs hydrauliques

Tableau N°6.07. Calcule hydraulique de réseau d'irrigation.

TRC.	LONGUER	SURFACE	DEBIT	Diam Norm Calculé	v réel	C.T.N		PIEZO.		Pression	Conduite existante	ETAT	Vérifie la desserte
						Amon	Aval	Amon	Aval				
F1--1	123	40	40	<b>250</b>	0.815	396	396	412	411.96	15.964	<b>150 C</b>	mauvaise	Non vérifié
1--1'	40	23	23	<b>200</b>	0.732	396	394	412	411.98	17.984	<b>160 PEHD</b>	mauvaise	Non vérifié
1"--1"	35	16	16	<b>160</b>	0.796	394	394	410	409.99	15.993	<b>110 PEHD</b>	mauvaise	Non vérifié
1"--1'''	34	8	8	<b>160</b>	0.398	394	390	410	409.92	19.921	<b>90 PEHD</b>	mauvaise	Non vérifié
01--02	134	30	30	<b>200</b>	0.955	396	396	412	411.98	15.984	<b>150 C</b>	mauvaise	Non vérifié
2--2'	34	10	10	<b>160</b>	0.498	396	395	412	411.85	16.85	<b>160 PEHD</b>	bonne	Vérifié
2"--2"	30	7	7	<b>110</b>	0.737	395	395	411	410.9	15.9	<b>110 PEHD</b>	moyenne	Vérifié
2"--2'''	28	4	4	<b>110</b>	0.421	395	395	411	393.18	1.8187	<b>90 PEHD</b>	Bonne	Vérifié
2--3	94	20	20	<b>200</b>	0.637	395	395	411	409.25	14.25	<b>150 C</b>	Mauvaise	Non vérifié
3--4	29	20	20	<b>200</b>	0.637	395	393	411	409.2	16.196	<b>150 C</b>	Mauvaise	Non vérifié
4--4'	34	7.5	7.5	<b>110</b>	0.79	393	393	409	409	15.997	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
4"--4"	27	5	5	<b>110</b>	0.526	393	393	409	408.96	15.962	<b>110 PEHD</b>	Bonne	vérifié
4"--4'''	28	3	3	<b>90</b>	0.472	393	393	409	349.74	43.264	<b>90 PEHD</b>	Bonne	vérifié
F4--5	230	30	30	<b>200</b>	0.955	393	393	409	131.13	261.87	<b>200 PEHD</b>	moyenne	vérifié
5--3	302	35	35	<b>250</b>	0.713	389	388	405	353.15	34.847	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F4--6	317	40	40	<b>250</b>	0.815	388	395	410	406.6	11.595	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F1--7	28	20	20	<b>200</b>	0.637	389	387	409	408.99	21.991	<b>200 PEHD</b>	Bonne	vérifié
7--7*	57	10	10	<b>160</b>	0.498	396	390	416	415.99	25.992	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
7*--7**	50	6.5	6.5	<b>110</b>	0.684	390	389	410	410	20.996	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
7**--7***	44	3.5	3.5	<b>90</b>	0.55	389	389	409	408.3	19.297	<b>90 PEHD</b>	Bonne	vérifié
7--7'	56	10	10	<b>160</b>	0.498	389	389	409	408.21	19.207	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
7'--7''	85	5	5	<b>90</b>	0.786	390	390	410	406.47	16.468	<b>110 PEHD</b>	Bonne	vérifié

7"--7'''	70	5	5	<b>90</b>	0.786	390	389	410	380.93	8.0662	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
F1--8	44	85	85	<b>350</b>	0.884	389	389	409	398.2	9.1951	<b>250 C</b>	Mauvaise	Non vérifié
8--9	57	20	20	<b>200</b>	0.637	396	396	416	415.95	19.952	<b>200 PEHD</b>	Bonne	vérifié
9--9'	52	13	13	<b>160</b>	0.647	396	396	416	415.86	19.864	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
9'--9"	40	8	8	<b>160</b>	0.398	396	393	416	415.72	22.717	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
9--10	61	5	5	<b>90</b>	0.786	393	391	413	412.45	21.447	<b>200 PEHD</b>	Bonne	vérifié
10--10'	38	5	5	<b>90</b>	0.786	396	400	416	415.75	15.747	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
10'--10"	41	4	4	<b>90</b>	0.629	400	393	420	8534.2	8141.2	<b>110 PEHD</b>	Bonne	vérifié
8--11	313	90	90	<b>350</b>	0.936	393	393	413	412.93	19.927	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F6-12	187	50	50	<b>300</b>	0.708	396	375	412	411.46	36.459	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
11--12	222	50	50	<b>300</b>	0.708	396	372	412	410.26	38.256	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
11--30	200	40	40	<b>250</b>	0.815	375	372	391	380.66	8.6613	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F6-13	145	73	73	<b>350</b>	0.759	375	388	391	390.97	2.975	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
13--13'	26	35	35	<b>250</b>	0.713	396	397	412	411.86	14.863	<b>160 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
13'--A	38	10	10	<b>160</b>	0.498	397	397	413	412.82	15.818	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
A--A'	32	7.5	7.5	<b>110</b>	0.79	397	397	413	412.65	15.655	<b>90 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
A'--A"	37	5	5	<b>90</b>	0.786	397	397	413	413	15.995	<b>60 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
13'--B	40	8	8	<b>110</b>	0.842	397	396	413	412.98	16.98	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
B--B'	36	4	4	<b>90</b>	0.629	397	398	413	409.68	11.679	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
13'--13"	26	35	35	<b>160</b>	1.742	398	398	414	412.36	14.358	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
13'--C	38	9	9	<b>110</b>	0.948	397	395	413	412.96	17.962	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
C--C'	32	6	6	<b>90</b>	0.944	395	392	411	410.91	18.915	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
C--C"	37	4	4	<b>90</b>	0.629	392	392	408	408	15.995	<b>60 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
13'--D	34	9	9	<b>110</b>	0.948	392	393	408	408	14.997	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
D--D'	37	6	6	<b>90</b>	0.944	395	397	411	410.18	13.18	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
13-14.	105	55	55	<b>300</b>	0.778	397	397	413	412.91	15.908	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
14-15.	101	38	38	<b>250</b>	0.775	397	398	413	412.84	14.839	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
15--15'	28	32	32	<b>250</b>	0.652	398	394	414	413.99	19.994	<b>160 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
15'--E	36	9	9	<b>160</b>	0.448	394	394	410	409.99	15.991	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
E--E'	35	6	6	<b>90</b>	0.944	394	398	410	410	11.999	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié

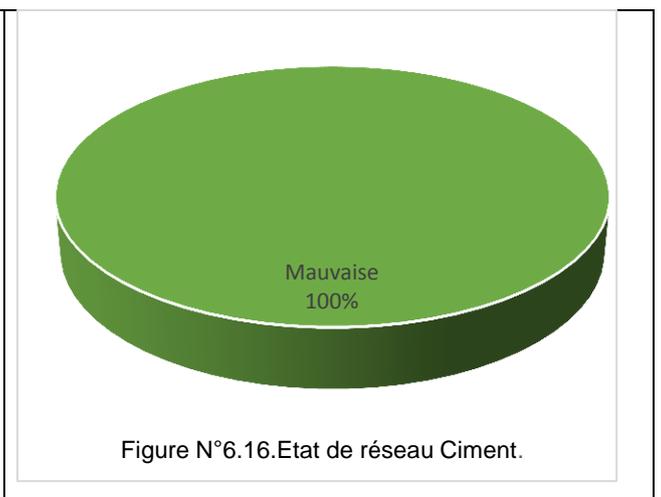
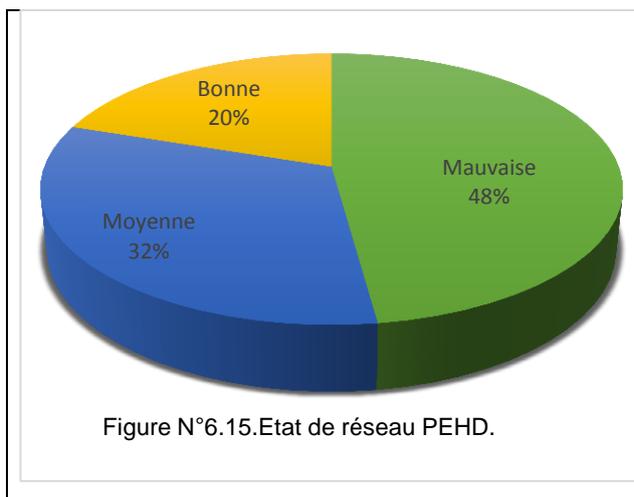
E'--E"	32	3	3	<b>90</b>	0.472	398	398	414	413.99	15.993	<b>60 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
15'--G	44	9	9	<b>110</b>	0.948	398	398	414	414	15.999	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
G--G'	42	5	5	<b>90</b>	0.786	394	394	410	409.81	15.808	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
15'--15"	67	32	32	<b>250</b>	0.652	394	395	410	409.98	14.981	<b>160 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
15'--F	36	13	13	<b>160</b>	0.647	394	399	410	409.99	10.993	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F--F"	30	8	8	<b>110</b>	0.842	399	398	415	415	16.999	<b>90 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F'--F"	35	5	5	<b>90</b>	0.786	398	397	414	414	16.999	<b>60 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
15"--H	42	6	6	<b>90</b>	0.944	397	397	413	413	15.999	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
H--H'	34	2	2	<b>60</b>	0.708	399	399	415	407.83	8.8304	<b>90 PEHD</b>	Bonne	vérifié
F3-19	195	127	127	<b>450</b>	0.799	399	399	419	418.79	19.79	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
19--20	124	60	60	<b>300</b>	0.849	397	397	417	416.65	19.65	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
20-- I	63	30	30	<b>200</b>	0.955	397	397	417	416.51	19.507	<b>160 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
I--I'	76	20	20	<b>200</b>	0.637	397	395	417	412.56	17.559	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
19--21	73	67	67	<b>300</b>	0.948	395	395	415	414.45	19.449	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
21--22	112	15	15	<b>160</b>	0.746	397	397	417	416.68	19.676	<b>200 PEHD</b>	Bonne	vérifié
22--J	52	10	10	<b>160</b>	0.498	397	395	417	417	21.995	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
J--J'	64	6	6	<b>90</b>	0.944	395	394	415	403.89	9.8913	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
21--16	54	52	52	<b>300</b>	0.736	394	395	414	409.85	14.848	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
16--17	104	16	16	<b>160</b>	0.796	395	396	415	412.84	16.84	<b>200 PEHD</b>	Bonne	vérifié
17--K	50	9	9	<b>110</b>	0.948	396	396	416	415.99	19.995	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
K--K'	65	5	5	<b>90</b>	0.786	396	395	416	415.06	20.063	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
18--L	63	16	16	<b>160</b>	0.796	395	394	415	414.57	20.569	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
L--L'	54	9	9	<b>110</b>	0.948	398	399	418	368.05	30.954	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
16--14	70	52	52	<b>300</b>	0.736	399	399	419	417.05	18.046	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F6--12	187	50	50	<b>300</b>	0.708	396	398	412	379.78	18.221	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F7--30	197	40	40	<b>250</b>	0.815	396	372	421	326.07	45.933	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F7--13	143	73	73	<b>350</b>	0.759	387	388	412	399.33	11.325	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F7--31	266	30	30	<b>200</b>	0.955	398	394	423	393.57	0.4263	<b>200 PEHD</b>	moyenne	vérifié
F7--32	194	50	50	<b>300</b>	0.708	387	387	412	145.5	241.5	<b>200CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié
F2--32	488	50	50	<b>300</b>	0.708	387	386	405	404.79	18.786	<b>250CIMENT</b>	Mauvaise	Non vérifié

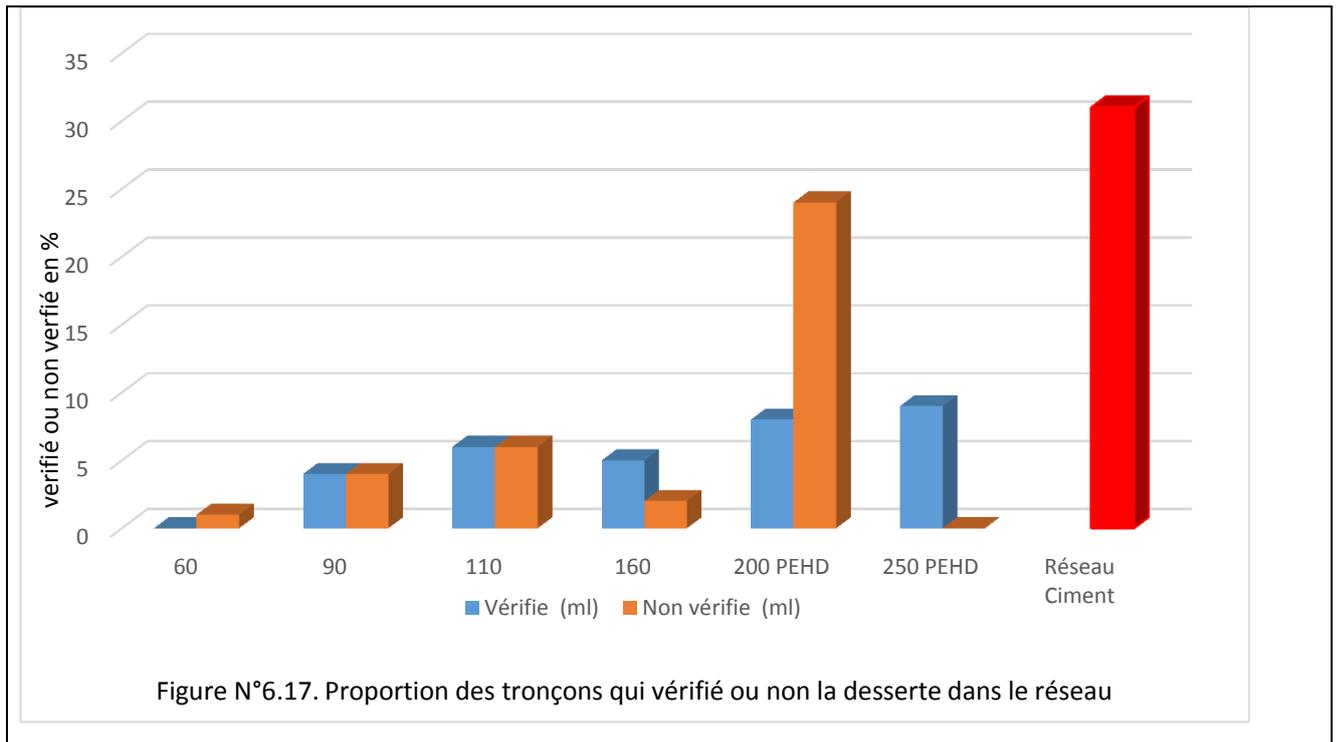
F2--33	74	80	80	<b>350</b>	0.832	397	386	415	414.1	28.104	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
33--34	207	40	40	<b>250</b>	0.815	397	397	415	414.29	17.295	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
33--36	163	40	40	<b>250</b>	0.815	397	389	415	414.15	25.152	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
36-35	196	40	40	<b>250</b>	0.815	397	387	415	413.88	26.879	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F5--35	388	80	80	<b>350</b>	0.832	387	386	405	403.72	17.716	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F5--32	476	90	90	<b>350</b>	0.936	383	386	401	400.18	14.176	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F9--37	161	30	30	<b>200</b>	0.955	383	386	399	398.09	12.091	<b>250 PEHD</b>	Bonne	vérifié
F9--38	210	40	40	<b>250</b>	0.815	396	382	412	411.42	29.422	<b>250 PEHD</b>	moyenne	vérifié
F8--25	200	80	80	<b>350</b>	0.832	396	380	412	411.9	31.897	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
24--24'	14	16	16	<b>160</b>	0.796	396	380	412	411.44	31.441	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
24'--24"	70	14	14	<b>160</b>	0.697	396	380	412	411.41	31.411	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
24"--24"	57	9	9	<b>110</b>	0.948	396	380	412	411.81	31.807	<b>90 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
25--24	37	29	29	<b>200</b>	0.924	394	404	410	409.64	5.637	<b>200 PEHD</b>	moyenne	vérifié
24--23	56	20	20	<b>160</b>	0.637	404	402	420	419.92	17.922	<b>200 PEHD</b>	moyenne	vérifié
23--23'	12	20	20	<b>160</b>	0.637	402	397	418	417.52	20.517	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
23'--23"	70	18	18	<b>160</b>	0.573	397	394	413	412.45	18.45	<b>110 PEHD</b>	mauvaise	Non vérifié
23"--23"	63	12	12	<b>160</b>	0.597	394	394	410	404.32	10.321	<b>90 PEHD</b>	mauvaise	Non vérifié
25--Bassin	19	0.028	0.028	<b>60</b>	0.01	394	403	410	409.84	6.8385	<b>160 PEHD</b>	Bonne	vérifié
25--26	43	51	51	<b>300</b>	0.722	394	394	410	409.88	15.883	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
26--26'	12	10	10	<b>160</b>	0.498	404	401	420	419.23	18.226	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
26'--26"	70	8	8	<b>110</b>	0.842	401	398	417	416.19	18.185	<b>110 PEHD</b>	moyenne	vérifié
26"--26"	56	5	5	<b>90</b>	0.786	398	398	414	413.79	15.788	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
26--27	51	43	43	<b>250</b>	0.876	398	397	414	413.89	16.886	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
27--27'	13	12	12	<b>160</b>	0.597	401	398	417	416.32	18.32	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
27'--27"	70	10	10	<b>160</b>	0.498	398	396	414	413.27	17.268	<b>110PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
27"--27"	56	6	6	<b>90</b>	0.944	396	396	412	411.68	15.676	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié
27--28	67	33	33	<b>250</b>	0.673	396	395	412	411.85	16.845	<b>200 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
28--28'	15	9	9	<b>160</b>	0.448	398	398	414	413.23	15.226	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
28'--28"	70	8	8	<b>160</b>	0.398	398	398	414	413.06	15.056	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
28"--28"	57	4	4	<b>90</b>	0.629	398	396	414	413.68	17.682	<b>90 PEHD</b>	moyenne	vérifié

28--29	49	20	20	<b>200</b>	0.637	396	395	412	411.86	16.86	<b>200 PEHD</b>	moyenne	vérifié
29--29'	16	12	12	<b>160</b>	0.597	398	395	414	413.36	18.357	<b>160 PEHD</b>	moyenne	vérifié
29'--29"	70	11	11	<b>160</b>	0.547	395	395	411	410.29	15.288	<b>110 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
29"--29'''	57	6.5	6.5	<b>110</b>	0.684	395	396	411	410.09	14.091	<b>90 PEHD</b>	Mauvaise	Non vérifié
F9--37	210	40	40	<b>250</b>	0.815	396	404	412	411.18	7.1761	<b>250 PEHD</b>	moyenne	vérifié
F9--38	161	30	30	<b>200</b>	0.955	396	396	412	412	16	<b>250 PEHD</b>	Bonne	vérifié

Tableau N°6.08.Récapitulatif de la vérification de desserte du réseau d'irrigation.

Etat	Réseau PEHD						Réseau Ciment	Total
	60	90	110	160	200	250	150	
Etat générale	100 Mauvaise	35% Mauvaise 43% moyenne 22% Bonne	44% Mauvaise 43% moyenne 13% Bonne	32% mauvaise 34% Moyenne 33% bonne	76% Mauvaise 18% Moyenne 6% Bonne	57% Moyenne 43% bonne	100% Mauvaise	55% Mauvaise 28% Moyenne 17% bonne
Vérifie (ml)	0	420	643	563	888	952	0	3466
Non vérifie (ml)	141	382	611	224	2608	0	30267	7233
Total	141	802	1254	787	3496	952	30267	10699





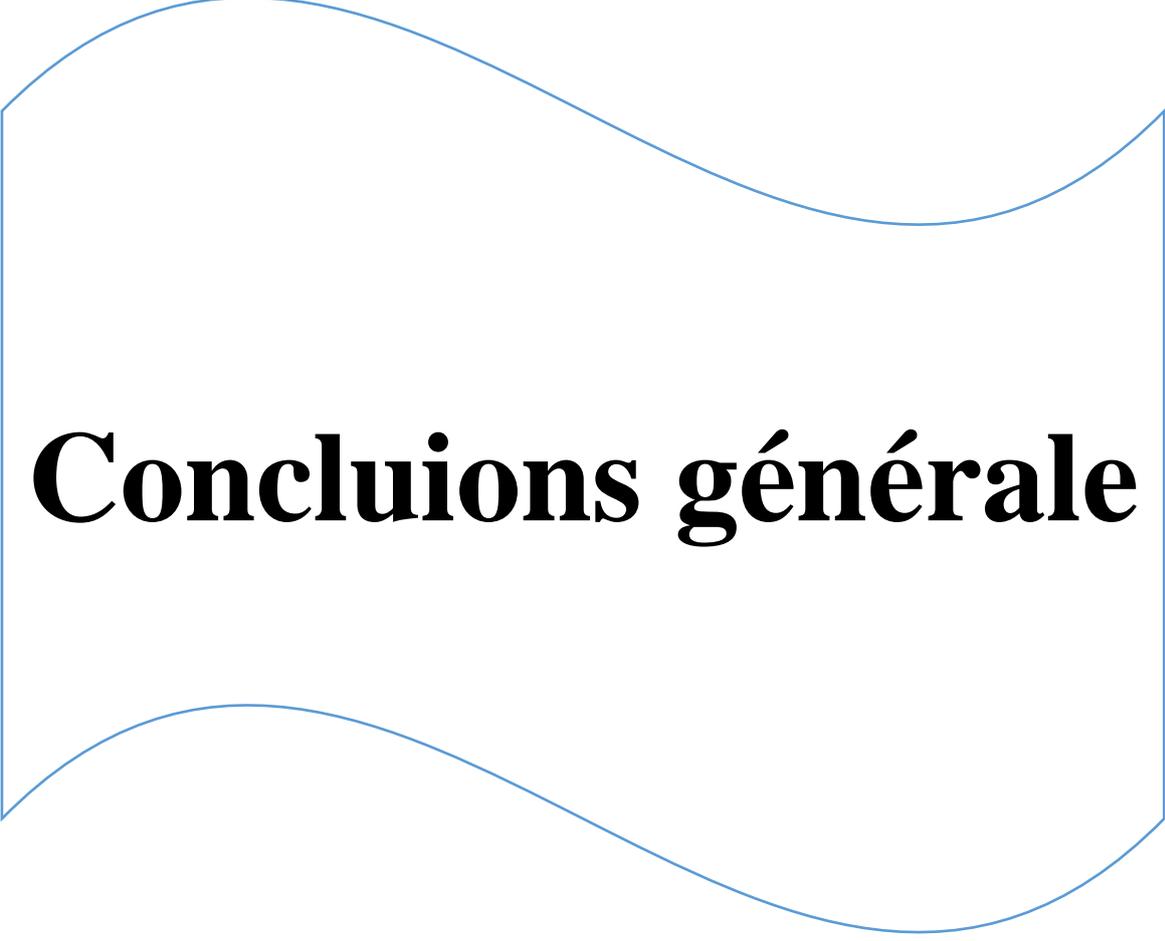
D'après les données du diagnostic on remarque que:

- Le réseau du ciment en totalité ne vérifié pas la desserte.
- Le réseau PEHD du diamètre 200 mm ne vérifié que 25% sur sa longueur.
- Le réseau PEHD diamètre 250 vérifié la desserte en totalité.
- Pour les diamètres 90 et 110 mm nous avons une portion de 50% de dessert.
- Sur la totalité du réseau les tronçons qui vérifiés la desserte ne représente que 32 % de la longueur total du réseau.
- La longueur totale concernée par la rénovation est de 7145 ml, soit 66 % du réseau total.

### 6.5. Conclusion

Dans ce chapitre, Les échantillons de forage 01 dépassent les normes admissibles  $pH < 8.4$ ). et la longueur totale concernée par la rénovation est de 7145 ml, soit 66 % du réseau total.

Nous proposons un plan pour le redimensionnement.



# **Concluions générale**

## Conclusion générale

Ce travail était porté sur le diagnostic et l'analyse de l'état des réseaux d'irrigation de la ferme de Ben Hammouda à Hassi Lfhel. Cette ferme a une potentialité très importante du point de vue production agricole, surface et équipements hydrauliques. Ce périmètre souffre des problèmes liés à la gestion de l'eau et de la salinité. Ces dysfonctionnements sont essentiellement la conséquence de pratiques inadéquates de choix de matériaux et diamètres du réseau.

Les données géométriques et hydrauliques du réseau, ainsi que le mode de gestion de l'eau sont utilisées dans l'analyse conjointement avec des enquêtes auprès de la ferme. Le fonctionnement hydraulique de la ferme, a été décrit sous forme de tableaux sectoriels permettant de synthétiser les principales causes et effets de ces contraintes sur les systèmes d'irrigation.

L'analyse des données a permis de mettre en évidence l'insuffisance de l'eau d'irrigation à cause de la régression du débit des forages, le mauvais choix de matériaux des conduites et les diamètres sous dimensionnés.

A la lumière du diagnostic des forages et équipement hydrotechnique nous pouvons dire que :

- Tous les forages sont équipés par des pompes immergées, ce qui signifie l'absence totale d'artésianisme sur la ferme, et que la pression de service du réseau (1.6-2.2 bars) est assurée uniquement par voie électromécanique.
- Les débits fournis par les forages sont généralement suffisants par rapport à la capacité de la région (un forage peut irriguer 100 ha).
- L'analyse chimique montre que les eaux de forage sont dans les normes Algériennes des eaux d'irrigation et même pour les eaux potables.
- Les anciens forages qui remontent à 20 ans (1, 2, 3 et 6) nécessitent des travaux d'entretien notamment le développement pneumatique, et rénovation de la tête.

Les résultats obtenus sur l'état du réseau montrent que :

- Le réseau est constitué en majorité en PEHD avec 69 %, le taux du matériau ciment est de 31%.
- le réseau PEHD de bonne et moyenne état pour tous diamètres représente plus de 33% du réseau totale.
- Le réseau de PEHD de mauvaise état et qui nécessite une rénovation immédiate, représente 24% du réseau total.
- Le réseau du ciment est quasiment en mauvais état, il nécessite lui-aussi une action de rénovation en PEHD.

En ce qui concerne la vérification de la desserte, le diagnostic montre:

- Sur la totalité du réseau les tronçons qui vérifiés la desserte ne représente que 32 % de la longueur total du réseau.
- Le réseau du ciment ne vérifié pas la desserte.
- Le réseau PEHD diamètre 250 vérifié la desserte en totalité.
- Pour les diamètres 90 et 110 mm nous avons une portion de 50% de dessert.
- La longueur totale concernée par la rénovation représente 66% soit 7145 ml.

Ajoutons à celle-là les principales causes dysfonctionnements du réseau:

- Pratiques inadaptées des techniciens sur les réseaux (pièces spéciales : vannes...) et sur les équipements de forages.
- Le mauvais entretien des équipements hydrauliques,
- Absence de l'action de rénovation du réseau.

Au regard des résultats d'ensemble acquis à travers cette diagnostic on peut proposer quelques recommandations correctives susceptibles d'être améliorés dans le future :

- La rénovation totale des tronçons de mauvaise qualité et qui ne vérifient pas la desserte.
- L'entretien des forages par développement pneumatique.
- Application d'un tour d'eau pour les divers secteurs hydrauliques au niveau de chaque périmètre, en tenant compte deux paramètres : le

débit actuellement mobilisé du forage et les diamètres des canalisations existants,

- Respecter les calendriers proposés qui sont plus équitables que les calendriers actuels,

Ce travail est considéré comme un guide pratique pour améliorer la gestion de l'eau d'irrigation au niveau de la ferme Ben Hammouda. Cette base de données sur la région pourrait être complétée et amendée d'avantage dans le future. Ceci exige la multiplication des études pédologiques et d'approfondir le diagnostic du réseau notamment dans les zones le plus défavorisés de la ferme.

## Référence bibliographique

1. Livre Aménagement Hydro-Agricole «Lahlo Othman »,
2. L'hydrologie de surface.
3. Les cours de monsieur Oulade Belkhir Chikhe,
4. AMMAR HACHEMI. « Diagnostic des pratiques de l'irrigation par les techniques de la micro-irrigation et de l'aspersion (Cas du périmètre de la Mitidja ouest tranche II)», Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique-, 2005.
5. BEN NADDIR SIHAM, « Etude Comparative de la composition des eaux de forages de deux nappes de Oued Ne chou », Mém. Master. En Hydraulique, Univ. Ghardaïa, 2015.
6. BET NILS, « Etude Pédologique de la Région de Hassi Lefhal », , 2014.
7. MANSOUR ACHEUR., « vulnérabilité et protection des eaux souterraine en zone aride, cas de la vallée de M'zab, Ghardaïa Algérie)», Mém. Magister en science de la terre, Univ d'Oran, 2014.
8. ZAHAF MOHAMMED « Étude des ressources hydriques destinées aux aménagements hydro-agricoles avec diagnostique et modernisation du système d'irrigation appliquée dans la région de hassilefhal – wilaya de Ghardaïa »,
9. TINA OUMELKHEIR., « Etude d'un périmètre d'irrigation à Kef doukhane à partir des eaux épurées de la STEP de EL-Atteuf », Mém. Master. En hydraulique, Univ.
10. La ferme de Ben HamoudaKadour
11. ADE Ghardaïa
12. Laboratoire du l'Université du Ghardaïa
13. SarleSpring Agro bureau D'étude d'agronomie Sidi abaze –Ghardaïa
14. PDAU.,« Plan Directeur D'Aménagement et Urbanisme de la commune de Hassi Lefhal » , 2010
15. Tutie po. Site internet, donnée climatique algérie \_ghardaïa\_.
16. www.u-picardie.fr
17. www.data.bnf.fr







**Tableau des températures moyennes saisonnières de la période 2004 –  
2014**

	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Février	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août
T° min	22,81	18,93	11,55	7,11	12,46	7,43	11,32	14,93	19,00	24,15	28,19	27,38
T° max	34,90	30,51	22,35	17,04	17,05	18,50	23,54	27,68	32,26	37,80	41,60	40,25
T° moy	28,85	24,64	16,72	11,78	11,35	12,88	17,52	21,57	26,00	31,37	35,32	34,05
T° moy saisonnier	23,40			12,01			21,70			33,58		
T° moy annuelle	22,67											

## SERIES PLUVIOMETRIQUES

PP	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	An	
2004	36,06	0,5	2,03	35,05	0,51	5,08	0	12,95	38,1	0,51	24,14	5,08	160,01	
2005	4,06	5,59	0	0	1,02	1,53	2,03	4,82	74,18	4,07	0	2,03	99,33	
2006	33,78	0	0,51	6,1	12,19	2,04	5,08	9,65	9,91	14,22	0	5,58	99,06	
2007	0	0	4,57	13,71	5,08	0	0	9,4	10,42	0	0	7,87	51,05	
2008	1,02	6,1	1,52	0	0,25	1,53	0	0	25,91	42,41	28,2	8,13	115,07	
2009	62,74	0,51	10,16	5,08	0	4,57	2,79	1,02	43,19	0	0	0	130,06	
2010	7,36	0	1,02	0	4,57	8,13	10,66	0	1,53	9,14	0	0	42,41	
2011	3,3	0	57,92	21,08	1,53	12,96	0	0	7,87	49,28	0	0	153,94	
2012	9,91	2,04	5,59	7,11	0	2,03	0	0	7,37	0,25	5,59	0	39,89	
2013	0,5	0	5,08	3,05	0,51		0	3,05	6,34	0	15,24	26,16	59,93	
2014	0,5	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	6,34	0,08	15,24	26,16	60,01	
moy men	14,48	1,34	8,50	8,57	2,38	3,79	1,87	3,99	21,01	10,91	8,04	7,36	91,89	Moy
Moy	7,69	Ecartype	5,78		min	1,34	Max	21,01		CV	0,75		44,10	Ecartype
													39,89	min
													160,01	max
													0,48	CV

## Série des précipitations mensuelles de la période 2004 – 2014

## Série des précipitations journalières maximales de la période 2004 – 2014

PP j	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	PP j max	
2004	32	0,25	2,03	3,05	0,51	3,05	0	7,11	38,1	0,51	14,99	2,03	38,10	
2005	4,06	5,08	0	0	1,02	0,51	2,03	4,06	69,09	3,05	0	2,08	69,09	
2006	8,89	0	0,51	3,05	4,06	0	7,87	6,1	7;11	5,08	1,02	8,89	8,89	
2007	0	0	4,06	7,87	3,05	0	0	7,87	7,87	0	0	7,87	7,87	
2008	1;02	6,1	0,76	0	0,25	1,02	0	0	13,97	23,11	22,1	5,08	23,11	
2009	30,99	0,51	7,87	5,08	0	3,05	2,03	1,02	19,04	0	0	0	30,99	
2010	5,08	0	1,02	0	4,06	5,08	5,08	0	0,51	7,11	0	0	7,11	
2011	3,05	0	48,01	8,89	1,02	9,91	0	0	7,11	38,1	0	0	48,01	
2012	6,1	1,02	2,03	7,11	0	2,03	0	0	6,1	0,25	4,6	0	7,11	
2013	0,25	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	4,06	0	9;91	7,87	7,87	
2014	0,25	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	4,06	2,03	9;91	7,87	7,87	
Max	32,00	6,10	48,01	8,89	4,06	9,91	7,87	7,87	69,09	38,10	22,10	8,89	23,27	Moy
Min	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0	21,05	ecartype
													7,11	min
													69,09	max
													0,90	CV

**Tableau de précipitation moyenne saisonnière de la période 2004 – 2014**

Précipitation saisonnière												
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août
Max	69,09	38,1	22,1	8,89	32	6,1	48,01	8,89	4,06	9,91	7,87	7,87
Moy men	21,01	10,91	8,04	7,36	14,48	1,34	8,50	8,57	2,38	3,79	1,87	3,99
Min	0,51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	129,29			38,1			60,96			25,65		
Moy men	39,96			23,18			19,44			9,65		
Min	0,51			0			0			0		

**Tableau de donnée mensuelle de période 2004 – 2014**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	52,66	43,11	36,80	33,68	28,46	24,65	21,46	26,05	36,20	40,67	47,41	55,63
Vent (m/s)	10,24	13,30	14,36	15,88	15,17	13,36	11,52	10,89	11,28	10,01	10,03	11,53
Ensoleillement(H)	7,70	8,10	8,60	9,60	10,70	11,30	11,70	10,90	9,30	8,70	8,10	7,80
duré moy de jour	6,84	7,20	7,64	8,53	9,51	10,04	10,40	9,69	8,27	7,73	7,20	6,93