



Faculté des Sciences et  
Techniques –Marrakech



Office régional de la mise en  
valeur agricole

## DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Licence Sciences et Techniques

Option : **Eau** et **Environnement**

Mémoire de fin d'études

Etude de la qualité du sol et des ressources en  
eau dans la zone d'action de l'Office du Haouz.  
Zone grande hydraulique de Bouida

Réalisé par :

SALKI Youssef AAMOUM Sabah

Soutenu le 28/06/2019 devant la commission d'examen composée de :

Mr. RHOUJJATI - **Examineur**

Mr. TOUIL (FSTG) - **Encadrant**

Mr. ESSHAIMI (ORMVAH) – **Encadrant**

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018-2019

# **Dédicace**

## **A nos parents**

Aucune dédicace ne serait exprimée à juste valeur tout l'amour, le respect et le dévouement que nous portons envers eux.

## **A nos enseignants & professeurs**

Pour leur patience, dévouement et sacrifice.

## **A nos frères & amis**

A citer un grand remerciement et gratitude envers nos frères et amis.

**Et à tous ceux qui ont rendu ce rapport finalement réalisable.**

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il nous est agréable de nous adresser à toute personne qui a participé de près et de loin à son élaboration.

Nous remercions Mr. TOUIL professeurs à la FST de Marrakech qui a dirigé ce travail, tout en nous prodiguant de nombreux conseils et nous faire profiter de sa grande expérience.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Monsieur le directeur de l'office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Haouz qui nous a ouvert chaleureusement les portes de son service.

Nos vifs remerciements s'adressent à Mr. ESSHAIMI pour son encadrement exemplaire, sa compréhension et son humanité.

Nos remerciements Mr. RHOUJJATI, Professeur à la FST Marrakech, département des sciences de la terre, d'avoir accepté de juger ce travail.

Enfin, nous remercions toutes les personnes du département de géologie de la Faculté des sciences et techniques de Marrakech, ainsi que nos collègues et nos amis.

A tous Merci

## Sommaire :

### INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL .....	10
I.    Présentation de l'office régional de mise en valeur agricole du Haouz Marrakech :....	11
1.    Ses missions :.....	11
2.    Structure de l'ORMVAH : .....	11
3.    Situation géographique :.....	12
4.    Cadre géologique :.....	13
5.    Caractéristiques climatiques :.....	14
6.    Cadre pédologique :.....	14
7.    Ressources naturelles :.....	16
8.    Le cadre socio-économique : .....	18
II.    Les différentes méthodes d'irrigation :.....	20
1.    Les techniques d'irrigations : .....	20
2.    Bilan sur les impacts des systèmes d'irrigation :.....	25
3.    Le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI) :.....	27
Chapitre 2 : étude de la région de Bouida .....	29
I.    Etat environnemental de la région :.....	30
1.    Caractérisation de la zone d'étude BOUIDA-TASSAOUT AMONT : .....	30
2.    Localisation du secteur BOUIDA : .....	31
3.    Géologie et géomorphologie : .....	32
4.    Climat : .....	33
5.    Types de sols : .....	34
6.    Ressources en eau :.....	35
7.    Ressource en eaux d'irrigation :.....	36
II.    Etat social de la région : .....	38
1.    Population :.....	38
2.    Activités économiques :.....	38
3.    Le statut foncier des terres :.....	38
III.    Description de la reconversion : .....	39
1.    Ouvrages actuels :.....	39
2.    Gestion actuelle de l'irrigation : .....	39
Chapitre 3 : l'échantillonnage et analyse physicochimiques du sol et de l'eau .....	41

I. Échantillonnage :.....	42
1. Les techniques : .....	43
2. Préparation de l'échantillon :.....	43
II. Les analyses physicochimiques du sol : .....	44
1. Analyse granulométrique :.....	44
2. Mesure de la conductivité électrique :.....	45
3. Mesure du PH du sol : .....	46
4. Protocole du dosage de la matière organique :.....	47
III. Les analyses physico-chimiques de l'eau :.....	49
1. Le but des analyses pour Les eaux destinées à l'irrigation : .....	49
2. Mesure du PH de l'eau : .....	50
3. La conductivité électrique : .....	50
4. Le bilan ionique :.....	51
Chapitre 4 : Résultats des analyses obtenus et leurs interprétations .....	53
1. Caractéristique des paramètres du sol : .....	54
2. Caractéristiques des paramètres des eaux souterraines : .....	60
3. Caractéristiques du paramètre des eaux de surface : .....	62
CONCLUSIONS SUR L'ETAT DES SOLS ET DES EAUX D'IRRIGATION.....	65
Bibliographie :.....	68
Webographie : .....	68
Annexes :.....	70

## Liste des figures :

Figure 1 : Position géographique et périmètre irrigué du Haouz (Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz) .....	13
Figure 2 : Carte pédologique du Haouz de Marrakech (Direction de l'Agriculture, du commerce et des forêts, 1951).....	15
Figure 3 : Schéma montre la quantité d'eaux dans la région du Haouz (d'après ORMVAH) .	17
Figure 4 : Arrosage des plantes par un arrosoir .....	20
Figure 5 : Bassin d'irrigation (catégorie : stockage en géomembrane) .....	21
Figure 6 : Irrigation par sillons.....	22
Figure 7 : Alimentation des planches par siphons.....	22
Figure 8 : Irrigation par aspersion .....	23
Figure 9 : Irrigation par goutte à goutte .....	24
Figure 10 : schéma générale d'un réseau d'irrigation localisée .....	25
Figure 11 : Carte des réseaux d'eau de la zone d'action de l'ORMVAH d'Houz (source ORMVAH).....	30
Figure 12 : Les périmètre de Tassaout amont (source ORMVAH) .....	31
Figure 13 : carte géologique du haouz (Abourida 2007).....	33
Figure 14 : carte pédologique de la zone d'action de l'ORMVAH du Haouz (source ORMVAH).....	34
Figure 15 : répartition spatiale des points de suivi des eaux de surface.....	36
Figure 16 : série de tamis .....	44
Figure 17 : un flacon et l'agitateur mécanique .....	45
Figure 18 : conductimètre .....	45
Figure 19 : pH mètre et papier de pH.....	46
Figure 20 : protocole de traitement de la matière organique.....	49
Figure 21 : photo illustrant le conductivimètre .....	51
Figure 22 : courbe granulométrique .....	56
Figure 23 : salinité globale des échantillons de sol par profondeur .....	57
Figure 24 : PH des sols par horizon .....	58
Figure 25 : taux de la matière organique par horizon de sols .....	59
Figure 26 : classe de conductivité des eaux souterraine.....	60
Figure 27 : classe de la salinité des eaux souterraines .....	61
Figure 28 : salinité de l'eau dans les canaux d'irrigation .....	63
Figure 29 : pH des eaux superficielle.....	64

## **LISTE DES TABLEAUX :**

Tableau 1 : Population du Haouz .....	18
Tableau 2 : Production industrielle par secteur .....	19
Tableau 3 : les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire .....	25
Tableau 4 : les avantages et les inconvénients de l'irrigation à la goutte à goutte .....	26
Tableau 5 : les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion .....	26
Tableau 6 : sous-secteurs retenus pour la reconversion à l'irrigation localisée dans la zone de la Tassaout amon (source: ORMVAH) .....	31
Tableau 7 : sous-secteur de l'étude .....	32
Tableau 8 : les apports moyens annuels dans le bassin versant alimentant le barrage My Youssef.....	35
Tableau 9 : dotation annuelle allouée au sous-secteur Bouida (source ORMVAH).....	37
Tableau 10 : répartition des statuts juridiques (source:ORMVAH).....	38
Tableau 11 : Typologie des exploitations-secteur Bouida .....	39
Tableau 13 : exemple de l'analyse granulométrique .....	55
Tableau 21 : sites de prélèvements et de suivi des paramètres des eaux souterraines .....	75
Tableau 25 : sites des prélèvements et de suivi des paramètres des eaux de surface.....	74
Tableau 17 : répartition globale du PH par profil .....	71
Tableau 18 : répartition globale du PH du sol par classe et par profil .....	71
Tableau 14 : répartition de la conductivité par profil.....	72
Tableau 15 : répartition globale de la conductivité .....	72
Tableau 16 : répartition globale de la conductivité électrique par profil .....	72
Tableau 19 : statistique des teneurs en matière organique par horizon.....	73
Tableau 20 : répartition de la matière organique par horizon et par classe.....	73
Tableau 22 : répartition de la conductivité électrique dans la zone d'étude.....	73
Tableau 23 : répartition de la salinité des eaux souterraines .....	74
Tableau 24 : la répartition du pH dans la zone d'étude .....	75

## INTRODUCTION :

La gestion de la demande en eau essentiellement en agriculture, représente une des conditions les plus importantes faces à une ressource limitée d'eau au Maroc et dont les coûts de mobilisation sont élevés. En ce domaine, le bénéfice de l'eau doit être rationnel non seulement à une ressource limitée, mais également à une concurrence de la part des autres secteurs, à savoir, l'eau potable et l'industrie, globalement plus productives ou socialement prioritaires, l'irrigation représente un potentiel important pour l'utilisation d'eau à savoir 85% du coup le bénéfice exagère et non rationnel de cette méthodologie deviendra demain de plus en plus consommatrice, pourtant l'utilisation codifié de cette désunies permettra un développement durable de ce secteur et de plus ça une protection à la sécurité alimentaire des pays.

Face à ce problème et à la sécheresse récurrente qui sévit au Maroc, l'utilisation rationnelle et efficiente de l'eau en agriculture s'impose, un des outils qui permet cette efficience est la goutte à goutte ou l'irrigation localisée. En effet, ce système d'irrigation permet une économie d'eau de l'ordre de 50 % par rapport à l'irrigation gravitaire, aussi par le biais de la fertigation, ce système localisé garantit une production élevée et de bonne qualité et tend vers une utilisation efficiente des engrais dans la technique de la fertigation et par là une réduction des risques de pollution de la nappe phréatique. Par ailleurs les avantages de ce type d'irrigation sont multiples :

- L'économie en eau 50 à 70% par rapport au gravitaire.
- La réduction de la pollution de la nappe phréatique par les engrais.
- La Possibilité d'exploitation des terrains à topographie et configuration irrégulières.

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence le rendement de l'irrigation localisée dans deux aspects : quantitatif (homogénéité d'arrosage) et qualitatif (aspect sur le sol) dans le périmètre Boudia à Tassaout amont.

Pour aboutir à notre objectif, nous avons étudié et analysé des échantillons d'eau et du sol au sein du laboratoire de pédologie de l'ORMVAH, c'est-à-dire le prélèvement d'échantillons de l'eau et du sol, leur préparation, leur analyse physico-chimique et leur interprétation dans les règles de l'art en vue de la caractérisation de la situation de référence des paramètres environnementaux de la zone, Ces prestations concernent également l'exécution des mesures in situ (Niveau piézométriques, pH, Salinité (conductivité électrique), matière organique.....etc.).

Le présent mémoire est subdivisé en trois chapitres : la chapitre 1 est surtout bibliographique, consacrée à la présentation de l'organisme d'accueil et aux généralités sur l'irrigation. La chapitre 2 consiste à la présentation de la zone d'étude et le dernier chapitre sera déterminé la méthodologie du travail ainsi que la présentation des résultantes et aux interprétations et une brève conclusion.

Ce travail est réalisé en collaboration entre la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech et l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Haouz.



**CHAPITRE 1 : CADRE  
GENERAL**

## **I. Présentation de l'office régional de mise en valeur agricole du Haouz Marrakech :**

L'office régional de la mise en valeur agricole est un établissement public de développement agricole de la plaine du Haouz, créé par le décret royal n° 831-66 du 22 Octobre 1966, l'ORMVAH est un établissement public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime.

### **1. Ses missions :**

- Réalisation des études et exécution des équipements hydro-agricoles et de mise en valeur agricole.
- Gestion des équipements hydro agricoles et des ressources en eau à usage agricole.
- Vulgarisation des techniques culturales et formation professionnelle.
- Développement de la production végétale et animale.
- Promotion de l'agro-industrie.

### **2. Structure de l'ORMVAH :**

❖ Au niveau du siège :

- Service de la gestion du réseau d'irrigation et de drainage.
- Service de la production agricole.
- Service de l'élevage.
- Service de la vulgarisation et de l'organisation professionnelle.
- Service de la programmation et de la planification.
- Service administratif et financier.
- Service du matériel.
- Cellule d'audit interne.

❖ Au niveau du terrain :

- 2 Coordinations (Haouz Central et Tassaout).
- 21 Centres et sous centres de mise en valeur agricole.
- 3 Subdivisions agricoles. 3 Subdivisions de gestion du réseau d'irrigation.
- 2 centres de gestion et télécontrôle du canal de Rocade et du canal T2.
- 4 secteurs de développement de l'élevage.
- 1 Centre des techniques d'irrigation.

### **3. Situation géographique :**

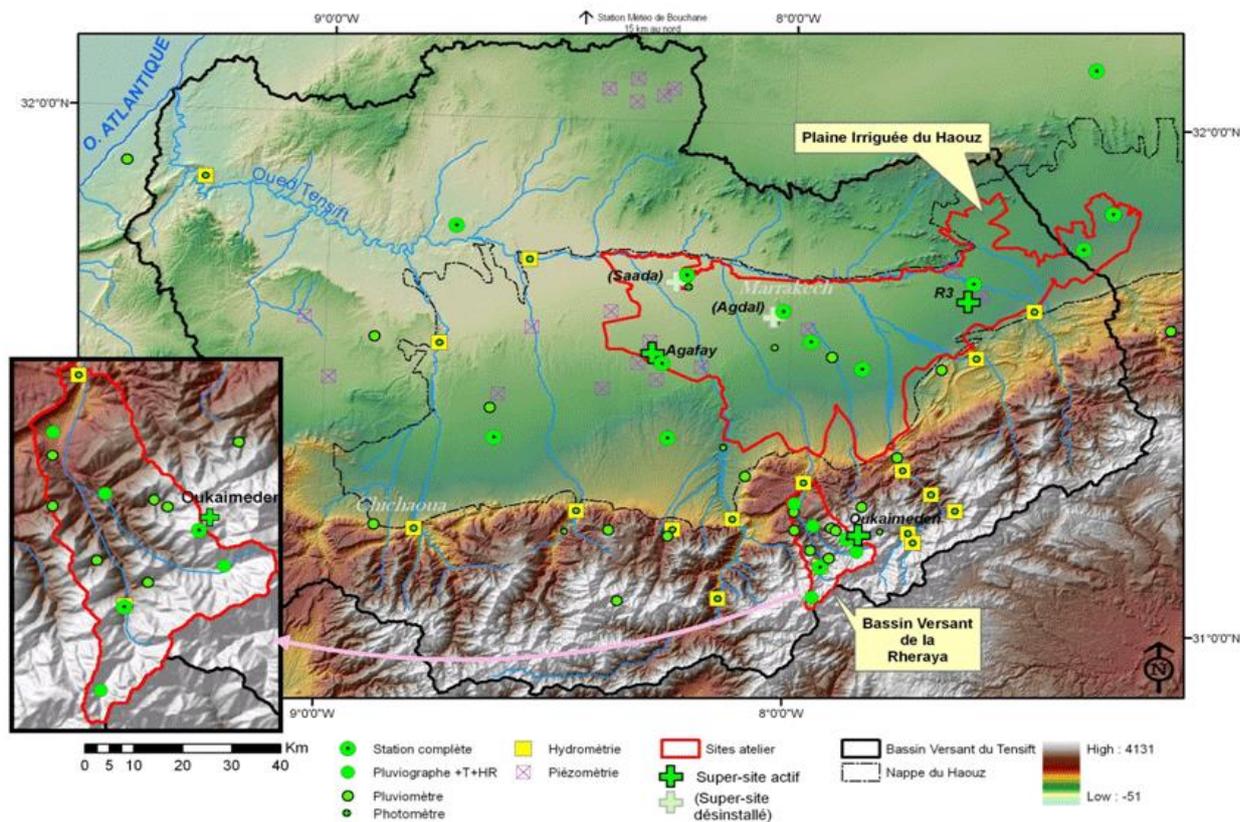
La zone d'action de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz est limitée à l'Est par l'Oued el Abid, à l'Ouest par le bassin du N'Fis, au Sud par le piémont du haut Atlas et au Nord par les Oueds de Tensift et Oum Rbiaa (Figure 1).

La zone comprend :

- La préfecture de Marrakech (8 communes rurales) : 134 000 ha ;
- La province d'Al Haouz (11 communes rurales) : 143 000 ha ;
- La province d'El Kelaa des Sraghna (38 communes rurales) : 342 875 ha ;
- La province des Rhamna (4 communes rurales) : 43 125 ha.

❖ Les principales données monographiques de la zone ORMVAH :

- Superficie totale : 663 000 Ha ;
- Superficie Agricole Utile (SAU) : 473 000 Ha dont :
  - ✓ Superficie équipée en Grande hydraulique : 144 600 Ha
  - ✓ Petite et moyenne hydraulique (PMH) : 128 400 Ha



**Figure 1 : Position géographique et périmètre irrigué du Haouz (Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz)**

#### **4. Cadre géologique :**

Le Haouz est un vaste bassin d’effondrement, entre le Haut Atlas au sud et les Jbilet au nord, hérité par des mouvements tectoniques tertiaires. Cet affaissement est dû au plissement Atlasique qui a par ailleurs surélevé la chaîne des Jbilet.

Du bas vers le haut on rencontre les formations géologiques suivantes : Le socle formé par des schistes et des quartzites d’âge Primaire.

Ces formations apparaissent le long d’Oued Tensift caractérisé par une faible profondeur vers le nord. Des formations silt-argileuse et calcaire-marneuses d’âge Jurassique.

Des formations marneuses, gréseuses et conglomérats plus au moins cimentés d’âge miocène.

Des formations d’âge Quaternaire reposent sur les formations précédentes et affleurent sur des grandes étendues. Ces formations se sont formées par des apports issus d’érosion de la chaîne Atlasique.

Elles sont constituées essentiellement par des limons croûteux, calcaire avec des marnes gréseuses, argile et conglomérat, on trouve des cailloutis qui forment les cônes de déjection actuels, tandis que à l'aval il y a dépôt de sédiments limoneux. Le passage de la plaine vers les hauts sommets se fait graduellement. La pente, très faible et régulière de l'ordre de 1% dans la plaine, s'infléchit brusquement pour atteindre progressivement des valeurs très élevées. (Abourida, 2007).

### **5. Caractéristiques climatiques :**

La zone d'action de l'ORMVAH est caractérisée par un climat contraignant avec des températures estivales très élevées (37°C) et hivernales basses (5°C), une faible pluviométrie (moyenne de 240 mm/an), de faibles degrés d'humidité, ainsi qu'une évaporation importante (2400 mm /an). Telles sont les caractéristiques principales du climat semi -aride du Haouz qui, sans maîtrise de l'eau, rend aléatoire toute amélioration et diversification de la production agricole.

### **6. Cadre pédologique :**

Une dernière étude pédologique a été réalisée en 1951, au niveau de toute la plaine du Haouz. Elle a révélé la présence de quatre types de sol de différente nature : Rouge, gris, Châtain et bruns. Leur texture est généralement limono-argileuse, limoneuse et limono-sableuse (Figure 2). Dans le Haouz central le sol est constitué essentiellement par : des sables fins, des limons roses et des argiles rouges. Ils sont généralement pauvres en matière organique naturelle surtout dans les terrains cultivés.

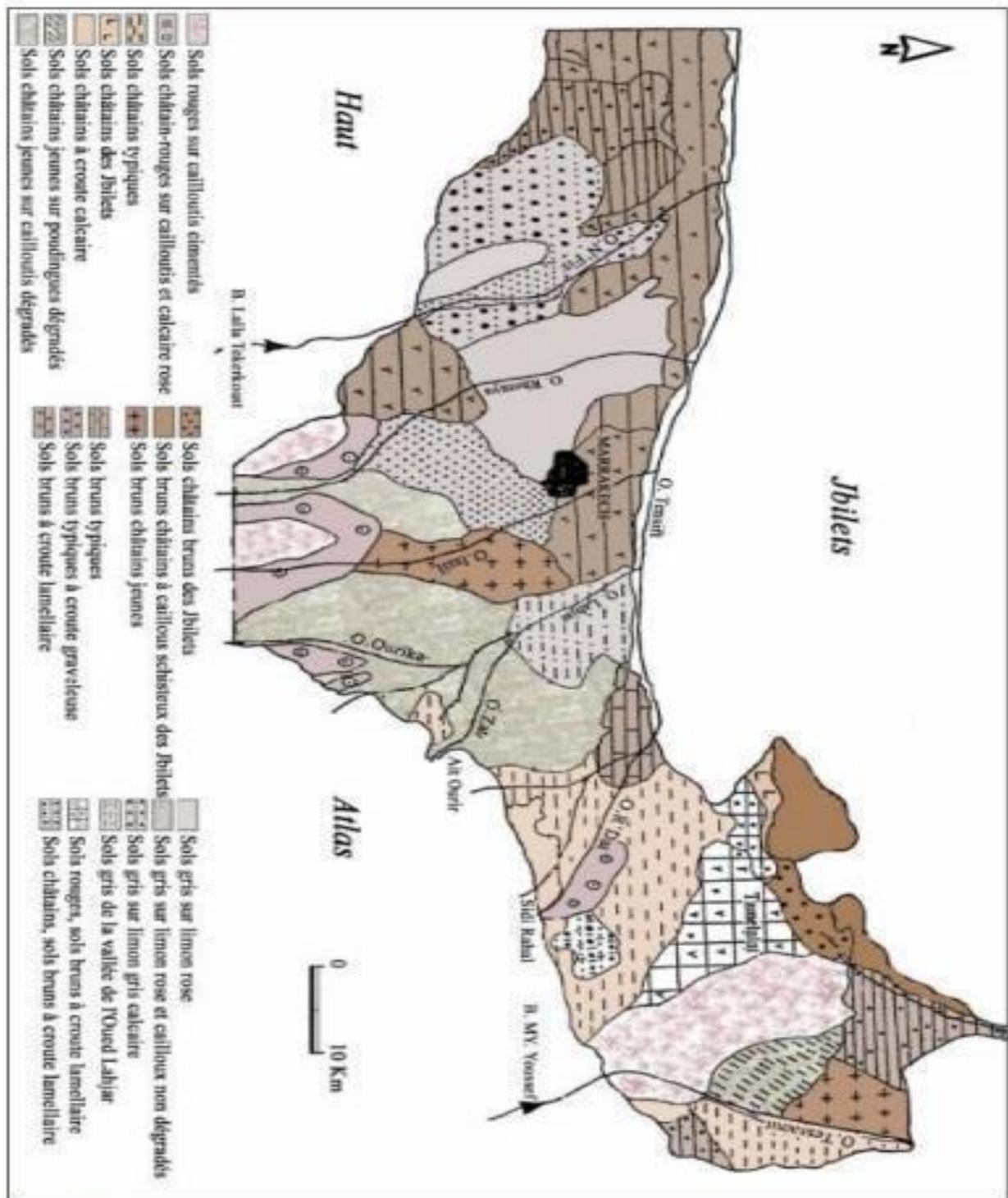


Figure 2 : Carte pédologique du Haouz de Marrakech (Direction de l'Agriculture, du commerce et des forêts, 1951)

## **7. Ressources naturelles :**

### **1. Ressources en terres :**

La région du Haouz est caractérisée essentiellement par la richesse extrême de ses terres qui sont utiles agricoles à savoir la superficie agricole utile (473.000 Ha) subdivisée en deux parties : Irriguée, (273.000 Ha) contenant à son tour la grande hydraulique (144.600 Ha) et la petite et moyenne hydraulique (128.400 Ha) et ma deuxième partie est définie pour les terres de Bour (200.000 Ha), ainsi que la présence des forêts (23.200 Ha) et les parcours (103.700 Ha).

### **2. Ressources en eau d'irrigation :**

#### **❖ Les eaux superficielles :**

La région du Haouz est connue par la diversité de ses terres ce qui marque le nombre important de ses ressources en eau surtout d'irrigation contenant les eaux superficielles ces derniers reportent un bon nombres de périmètres à savoir en premier lieu le périmètre Tassaout Amont qui caractérisé par une superficie qui vaut 52.000 Ha, ainsi que sa dotation est 250 Mm<sup>3</sup> ce périmètre a pour origine Barrage Mly Youssef, sa dotation a connu un secteur moderne de 6000 m<sup>3</sup>/ha et secteur réalimenté de 3000 m<sup>3</sup>/ha .

En deuxième lieu, on trouve le périmètre Tassaout Aval, caractérisé par une superficie de 44.000 Ha, et une dotation qui vaut 280 Mm<sup>3</sup>, il a pour origine le barrage Mly Youssef : 10 Mm<sup>3</sup>, barrage Hassan premier Sidi Driss : 20 Mm<sup>3</sup>, barrage Bin El Ouidane : 235 Mm<sup>3</sup> et enfin Oued Boualja : 15 Mm<sup>3</sup>, la dotation de ce périmètre est caractérisée par une partie planté de 7900 m<sup>3</sup>/ha et une autre nu de 4900 m<sup>3</sup>/ha.

Le dernier périmètre est Haouz Central, il a une superficie qui vaut 48.600 Ha, une dotation de 338 Mm<sup>3</sup>, ce périmètre a pour origine le barrage Hassan premier Sidi Driss de 256 Mm<sup>3</sup>, le barrage Lalla Takerkoustde 82 Mm<sup>3</sup>, sa dotation vaut de 6000 m<sup>3</sup>/ha à 8000 m<sup>3</sup>/ha.

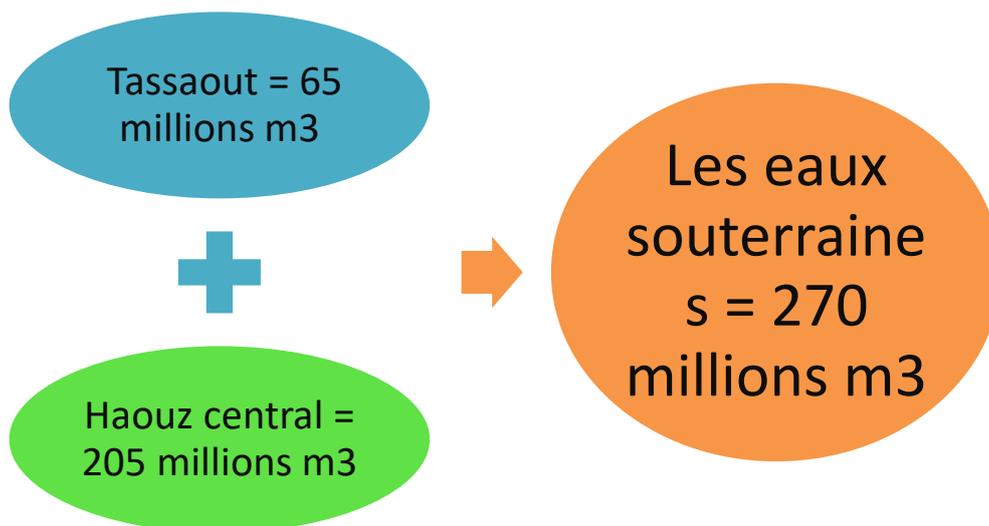
Le total de ces trois périmètres on ce qui concerne leurs dotations est de 868 Mm<sup>3</sup>, et leurs superficies totales vaut 144.600 Ha c'est le grand hydraulique.

❖ Les eaux souterraines :

On distingue dans le Haouz trois nappes :

- Une nappe à 80m de profondeur avec un débit de 30l/s ;
- Une 2ème nappe à une profondeur moyenne de 300m et avec un débit plus faible ;
- Une 3ème nappe à plus 500m de profondeur et de débit négligeable.

La première nappe n'est autre que la nappe phréatique du Haouz qui fournit l'essentiel des débits souterrains du Haouz. Cette nappe alimentée principalement à partir de l'amont par celle des calcaires et dolomies jurassiques. Les eaux de réinfiltration des oueds contribuent pour une part non négligeable à son alimentation. Dans la plaine, les pertes des seguias (un système d'irrigation traditionnel par canaux en terre) contribuent pour une part très importante à l'alimentation de la nappe. Les eaux de la nappe phréatique sont aussi utilisées pour l'irrigation dans le périmètre. La commune rurale de Saada occupe une superficie de 16200 Ha irriguée essentiellement par des eaux de surface, dont 3630 Ha est irriguée par l'eau du barrage Lalla Takerkoust et 12510ha est irriguée par les eaux du barrage Hassan 1er, éventuellement on irrigue par des eaux souterraines affectées par 770 puits. La zone d'étude N2 correspond à un périmètre d'environ 3150 Ha qui est irriguée par des eaux de surface provenant du barrage Hassan 1er et par des puits.



**Figure 3 : Schéma montre la quantité d'eaux dans la région du Haouz (d'après ORMVAH)**

## 8. Le cadre socio-économique :

### ❖ La population :

La population de la zone de l'étude compte 1 million 610 mille habitants dont 63% dans La préfecture de Marrakech. D'autant plus, la population urbaine ne compte 920 mille habitants soit 57% de la population entière. La préfecture de Marrakech représentée 89% de la population urbaine. D'autre part, les taux de population urbaine dans chaque préfecture/province sont de 80% au niveau de la préfecture de Marrakech, 12% dans la province d'Al Haouz, 29% dans la province d'EL Kelaâ des Sraghna et 18% dans la province de Chichaoua. La densité moyenne de la population dans la région de l'étude est de 195 hab./km<sup>2</sup>, et la densité de population dans chaque préfecture/province est comme suit : 620 hab. /km<sup>2</sup> dans la préfecture de Marrakech, 124 hab./km<sup>2</sup> dans la province d'Al Haouz, 124 hab./km<sup>2</sup> dans la province d'EL Kelaâ des Sraghna et 54 hab./km<sup>2</sup> dans la province de Chichaoua. (Tableau 1)

**Tableau 1:Population du Haouz**

Province	Commune	Population	% de la Totalité de la ZE.	Nombre des Urbains	% de la Totalité des urbain	Taux des urbains En province	Densité de la population (par km <sup>2</sup> )
Marrakech	16	1,023,514	63%	816,293	89%	80%	620
Al Haouz	20	277,377	17%	32,086	3%	12%	124
E.K. Sraghna	10	132,993	8%	38,765	4%	29%	124
Chichaoua	16	179,032	11%	32,694	4%	18%	54
Total	62	1,612,916	100%	919,838	100%	57%	195

Source : Recensement Général de Population de l'Habitat 2004, Haut Commissariat au Plan, 2005

### ❖ Economie régionale :

L'économie régionale de la région de Marrakech - Tensift - Al Haouz dépend principalement des secteurs de l'agriculture, l'agro-industrie, le tourisme, l'industrie de fabrication, l'artisanat et d'une manière plus faible sur la pêche. La zone centrale de l'économie régionale est la ville de Marrakech qui a approximativement 800 mille habitants. La zone agricole est de 1,4 million d'hectares qui représentent le quart de la zone agricole du pays. Les produits agricoles principaux sont constitués des céréales, des légumineuses et des légumes. La culture d'oliviers

occupe 126 mille hectares et joue un rôle important dans l'économie régionale, ce qui rend la région le premier producteur des olives au niveau national. La forêt couvre une surface de 491 mille hectares et fournit des bois et des produits forestiers qui génèrent des revenus supplémentaires dans le milieu rural. (Le Maroc des Régions 2005, HCP 2006). Le tourisme joue un rôle important aussi dans l'économie régionale. Ce secteur produit quelques effets secondaires sur les autres secteurs comme l'artisanat, la construction et le transport. La région possède des atouts principaux pour le développement du tourisme tels que : l'infrastructure du logement qui représente 25% de la capacité des lits des hôtels classifiés du pays, du transport, et de l'héritage culturel et historique situé essentiellement dans la ville ancienne de Marrakech. Les plus importantes unités industrielles fonctionnent dans les secteurs du traitement agro-alimentaire, la chimie, le textile et le cuir. Avec 387 unités, représentant 5% des établissements industriels du pays, cette région contribue à 4% de l'emploi des permanents et à 3% de la production au niveau national. La somme de production, qui a atteint 5,7 milliards de DH en 2003, a connu une évolution de 4% par rapport à 2002. L'industrie agro-alimentaire a le plus grand poids dans la région, avec 60% de toute la production régionale. Le taux de chômage de la région est de 6,5% et reste inférieur à la moyenne du pays (10,8%). (Tableau 2).

**Tableau 2: Production industrielle par secteur**

(Unit: million DH)

Sector	2002	2003	
Industrie agro-alimentaire	3,410	3,436	60%
Industrie du textile et de cuir	500	604	11%
Industrie de produits chimique et para- chimique	1,452	1,571	27%
Industrie mécanique et métallique	122	110	2%
Industrie électrique et électronique	20	17	0%
Total	5,504	5,738	100%

Source: Le Maroc des Régions 2005, HCP, 2006

## II. Les différentes méthodes d'irrigation :

### 1. Les techniques d'irrigations :

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories : L'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Cette dernière est classée en deux types l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion. La figure ci-dessous présente une architecture de ces différentes méthodes d'irrigation pratiquées partout dans le monde (Azouggah, 2001).

La méthode d'irrigation la plus élémentaire consiste à transporter l'eau à partir de la source d'alimentation, e.g. un puits, à chaque plante avec un seau ou un arrosoir.



**Figure 4: Arrosage des plantes par un arrosoir**

❖ Les trois techniques les plus couramment utilisées sont :

- L'irrigation de surface ou gravitaire :
  - ✓ Irrigation par bassins
  - ✓ Irrigation par sillons/à la raie
  - ✓ Irrigation par planches
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation à la goutte à goutte.

## ✚ L'irrigation de surface ou gravitaire :

L'irrigation de surface 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).

→ **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. Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50 m<sup>2</sup> et cette technique est connue sous le nom "Robta". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements. (Figure 5)



**Figure 5: Bassin d'irrigation (catégorie : stockage en géomembrane)**

→ **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 transirrigation. (Figure 6)



**Figure 6: Irrigation par sillons**

→ Irrigation par planches :(irrigation par ruissellement) : consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. (Figure 7)



**Figure 7: Alimentation des planches par siphons**

✚ L'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. (Figure 8)



**Figure 8: Irrigation par aspersion**

✚ L'irrigation à la goutte à goutte :

Système « basse pression » (0,5 à 2 bars), par le biais des goutteurs, l'irrigation goutte à goutte consiste à apporter régulièrement et de façon localisée au niveau des racines, la juste quantité d'eau dont la plante a besoin. Les plus utilisés sont les goutteurs intégrés, les boutons et de moins en les goutteurs en ligne. Ces trois types de goutteurs sont des organes de distribution, dont la conception particulière permet de délivrer l'eau à faible débit, dans des conditions de régime turbulent. Ces différents goutteurs existent sous une forme autorégulant présentant l'avantage de délivrer un débit homogène, même quand la pression varie à l'intérieur d'une gamme. (Figure 9)



**Figure 9: Irrigation par goutte à goutte**

Un système d'irrigation goutte à goutte comprend (figure 10) :

- Une pompe
- Un système de filtration
- Un indicateur de débit
- Un ou plusieurs régulateurs de pression
- À Des tuyaux d'alimentation principale pour pouvoir rouler par-dessus :
- Des tuyaux d'alimentation secondaires
- Des tuyaux perforés (ou des tuyaux avec goutteurs)
- Une unité d'injection pour la fertigation qui peut être ajoutée car des engrais utilisables en agriculture biologique pour la fertigation sont maintenant disponibles.
- Des raccords qui permettent de réparer une fuite.

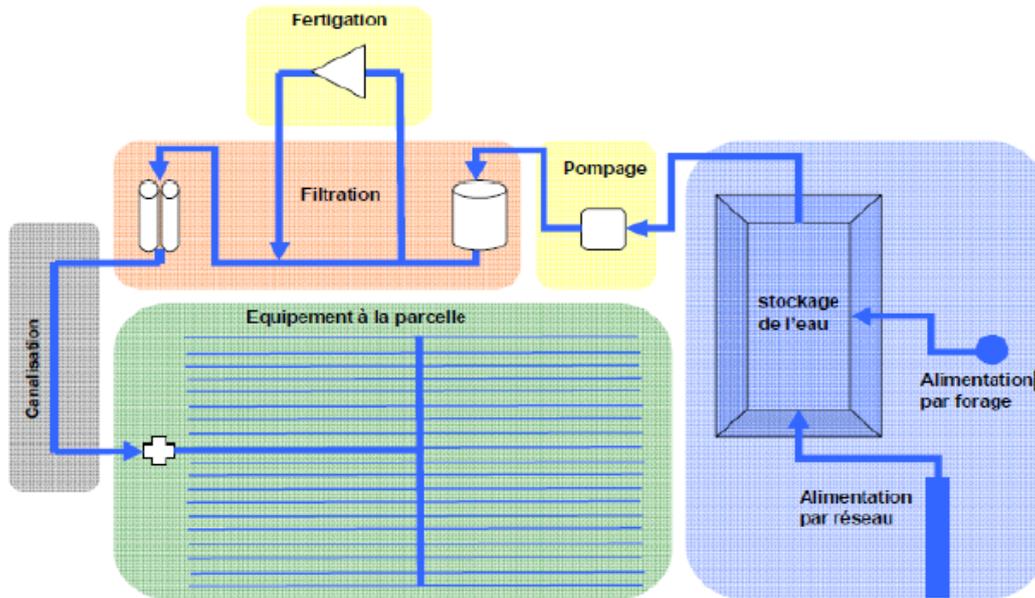


Figure 10: schéma générale d'un réseau d'irrigation localisée

## 2. Bilan sur les impacts des systèmes d'irrigation :

- ➔ Pour l'irrigation gravitaire caractérisé par des avantages et inconvénients (tableau 3) :

Tableau 3: les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénients</i>
techniques anciennes, bien connues	temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important
coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur	coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie...)
Pas d'apport énergétique extérieur	« pertes » d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanché les lits des branches principales
alimentation des nappes phréatiques	lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé
augmentation de la biodiversité	estimation du volume réellement consommé difficile
	faible efficacité
	nécessite un terrain plat ou un nivellement

- Pour l'irrigation à la goutte à goutte on trouve des avantages ainsi que des inconvénients comme ci-dessous (Tableau 4) :

**Tableau 4: les avantages et les inconvénients de l'irrigation à la goutte à goutte**

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénients</i>
Efficiencce du réseau supérieure à 90 %	Travail important et soigné de préparation du sol et de pose du matériel
Insensibilité au vent	Traitement préventif contre l'intrusion des racines à l'intérieur des goutteurs
Possibilité de mécanisation totale en cas de réseau enterré	Risque important de colmatage nécessitant un équipement performant de filtration, de régulation, ainsi qu'une soupape d'entrée et d'évacuation d'air en cas de réseau enterré
Possibilité d'apporter et de fractionner les	Nécessité d'une station de filtration

- Pour l'irrigation par aspersion il y a des avantages et inconvénients :

**Tableau 5: les avantage et les inconvénients de l'irrigation par aspersion**

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénients</i>
Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation)	Coûts d'investissement élevés
Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépassé 10 %	Exigence un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant permettant de garantir la maintenance des équipements
Bon rendement des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface	Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau
Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression	Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées
Possibilité de mélanger, facilement, des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation	Dépense énergétique élevée, parfois prohibitive dans les pays où l'énergie est chère

### 3. Le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI) :

#### 1. Le cadre stratégique :

Le PNEEI s'inscrit dans le cadre du Plan Maroc Vert 2008-2022 qui marque la volonté politique de faire de l'agriculture un moteur de la croissance de l'économie nationale.

Le PNEEI a été initié pour permettre au secteur de l'agriculture irriguée de faire face à la raréfaction des ressources en eau et de valoriser au mieux les ressources en eau limitée du pays.

PNEEI s'inscrit dans les priorités de la stratégie secteur de l'eau 2009-2030. Il marque la volonté des pouvoirs publics d'accorder plus d'intérêt à la gestion de la demande comme axe stratégique du développement intégré et durable du secteur de l'eau

([http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/plaquette ORMVAH\\_VF.pdf](http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/plaquette ORMVAH_VF.pdf)).

#### 2. Les objectifs et priorités :

Les priorités du PNEEI sont comme suit :

- Pour la collectivité nationale :
  - ✓ Economie et valorisation de l'eau.
  - ✓ Rentabilisation des investissements publics réalisés et à venir.
  - ✓ Développement durable du pays.
- Pour l'exploitation agricole :
  - ✓ Amélioration des revenus.
  - ✓ Réduction des risques.
  - ✓ Rentabilité financière des investissements.

Partant de ces considérations, les objectifs immédiats assignés au PNEEI sont comme suit :

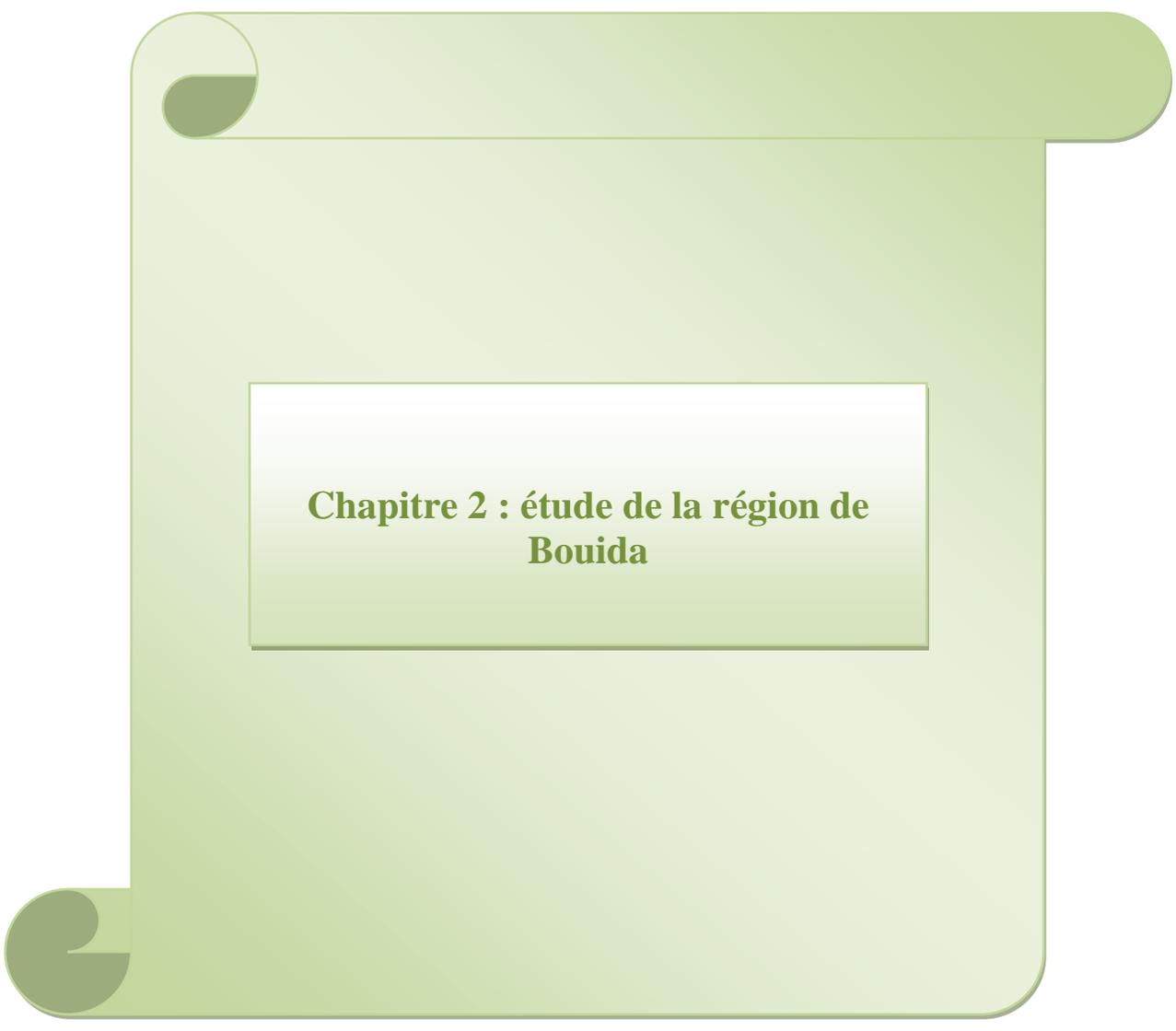
- **L'efficience** : technique en termes de réduction des pertes : (i) d'eau essentiellement, ce qui permet d'atténuer les déficits en eau superficielle et de diminuer la surexploitation des ressources en eau souterraine, (ii) d'énergie (de pompage) et (iii) de ressources financières.

- **L'efficacité** : en termes de rentabilité financière (pour les agriculteurs) et économiques pour le pays) à travers une valorisation de l'agriculture irriguée.
- **La durabilité** : à travers la sauvegarde du patrimoine hydro-agricole national, la conservation des ressources naturelles (eau, sol), en évitant les pertes d'engrais et de produits chimiques, et en jugulant les risques d'intrusion marine dans les nappes phréatiques des zones côtières.

### 3. Les risques de programme :

Les risques sont d'ordre naturel, institutionnel, technique, financier et commercial.

- Les risques naturels sont causés par les apports d'eau de plus en plus réduits aux barrages.
- Les risques institutionnels pourraient provenir du manque de coordination et de concertation entre les différentes institutions de l'État, ainsi que la faiblesse des associations représentant les agriculteurs et les irrigants (AUEA).
- Les risques financiers proviendraient des agriculteurs qui n'arriveraient pas à suivre le rythme des financements exigés par le passage à l'agriculture très intensive et moderne comme c'est le cas en irrigation localisée.
- Les risques techniques concerneraient l'extension des superficies irrigués et l'accroissement de la consommation globale de l'eau.
- Les risques commerciaux concernant la non disponibilité sur le marché des équipements adéquats et désirés d'irrigation avec propagation d'un mauvais matériel d'irrigation et le manque de débouchés pour les projections.



**Chapitre 2 : étude de la région de  
Bouida**

## I. Etat environnemental de la région :

### 1. Caractérisation de la zone d'étude BOUIDA-TASSAOUT AMONT :

Le périmètre de la Tessaout Amont est situé à l'extrémité orientale de la plaine du Haouz. Il s'étend sur une zone délimitée au Nord par les Jbilet, au Sud par le piémont du Haut Atlas, à l'Est par l'Oued Lakhdar et à l'Ouest par la limite du bassin de l'Oued Tensift. Il se situe à 70 Kilomètres à l'Est de Marrakech. C'est un ancien périmètre dont les terres ont toujours été irriguées d'une manière traditionnelle, à partir d'un canevas de trente séguias dérivées à partir d'Oued Tessaout. Le périmètre de mise en valeur de la Tessaout Amont s'étend sur une superficie de 52 000 ha, à une altitude de 570 à 740 m. Le périmètre est composé de sous-ensembles distincts (Figure 11) :

- Les secteurs traditionnels qui couvrent une superficie de 23 000 ha.
- Les secteurs modernes équipés en système moderne ; ils constituent le premier aménagement de grande hydraulique du Haouz et ont été mis en service entre 1970 et 1978. Ils couvrent une Superficie de 29 000 ha.

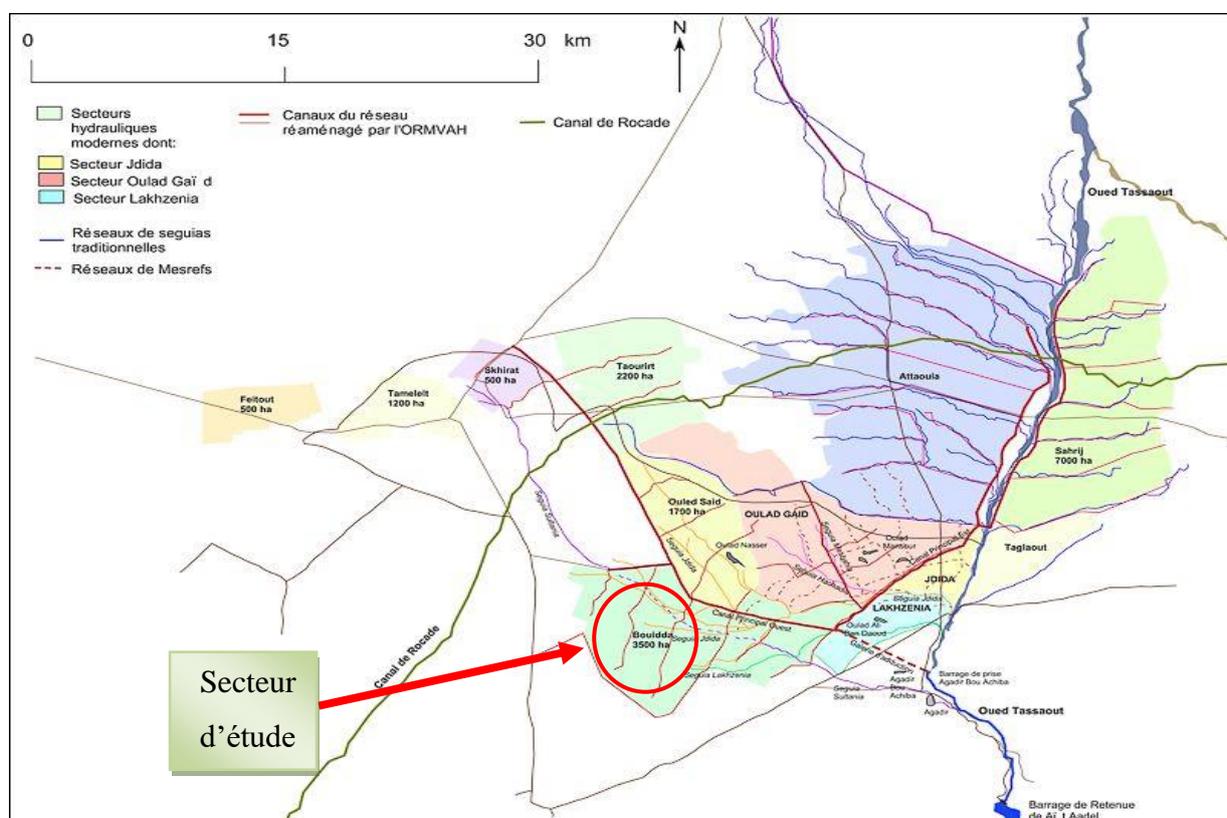
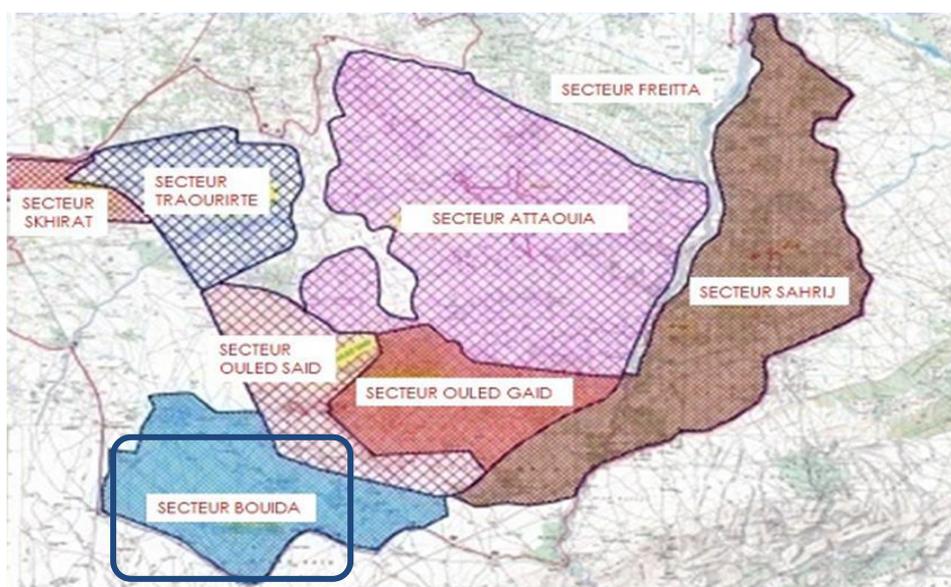


Figure 11 : Carte des réseaux d'eau de la zone d'action de l'ORMVAH d'Houz (source ORMVAH)

## 2. Localisation du secteur BOUIDA :

A l'intérieur du périmètre la Tassaout Amont ainsi délimité, il existe huit sous-secteurs : Sahrij, **Bouida**, Oulad Said, Oulad Gaid, Attaouia, Skhirat, Taourirte et Freita. Les canevras d'irrigation principaux constituent les seules limites entre chacune de ces zones situées sur une unité paysagique homogène (figure 12).



**Figure 12: Les périmètre de Tassaout amont (source ORMVAH)**

Le tableau ci-dessous montre la répartition superficielle de Tassaout amont :

**Tableau 6: sous-secteurs retenus pour la reconversion à l'irrigation localisée dans la zone de la Tassaout amont (source: ORMVAH)**

Sous-secteurs	Superficie en (Ha)	Superficie reconversion en Ha	Débit en tête d'adducteur conduite en l/s
Oulad gaid	3888	2200	1133
Skhirat-Taourirt-Oulad Saïd		5453	3840
<b>Bouida</b>		<b>3440</b>	<b>1720</b>
Sahrij	6639	4800	2440
Attaouia	3136		
Freita	3211	3211	1600
<b>Total</b>		<b>19184</b>	<b>10733</b>

Le secteur de la présente étude est consigné dans le tableau suivant :

**Tableau 7:sous-secteur de l'étude**

<b>Sous-secteurs</b>	<b>Superficie équipée (ha)</b>	<b>Type d'aménagement</b>	<b>Date de mise en service</b>
Bouida (G3-G4-M1-M2).	3 440	Gravitaire remembré	1973

Le secteur Bouida se situe sur la rive gauche du canal Ouest, il est découpé en unités selon le canal secondaire qui les irrigue : Ces unités caractérisées par un réseau gravitaire très ancien, peuvent être reconverties en système d'irrigation localisée moyennant une seule conduite d'adduction depuis le point K jusqu'au secondaire G3 pour profiter de la dénivelée offerte par le terrain naturel sans recours au pompage. Le secteur Bouida relève de la partie du périmètre objet d'aménagement de grande hydraulique dans la zone d'action de l'ORMVAH et concernera une superficie de 3440 hectares juste à l'amont du canal K, il bénéficiera à 1002 agriculteurs.

### **3. Géologie et géomorphologie :**

La plaine du Haouz est située entre la chaîne du Haut-Atlas et le massif des Jbilet. Le socle primaire a été arasé pendant le secondaire et déformé par les premiers mouvements atlasiques. Les mouvements tectoniques tertiaires ont provoqué un fossé entre l'Atlas et les Jbilet par suite d'un jeu de fractures et de flexures. (ABOURIDA, 2007).

Dans le Secteur Bouida le socle primaire est constitué de séries schisteuses modelées par l'orogénèse hercynienne. Les couvertures secondaires et paléogènes sont déposés en discordances sur une topographie très irrégulière. Certains dépôts ont un caractère purement continental, fruit de la désagrégation mécanique des roches et d'un très court transport par gravité. La majorité des sédiments par contre a subi le transport par l'eau, charrié par un réseau hydrographique au régime torrentiel. Les sédiments sont regroupés en d'immenses zones d'épandage et sont sans cesse retaillés par les changements des cours des oueds en système parfois complexe de cônes étagés ou emboîtés aux pentes parfois fortes (figure 13).

Carte géologique simplifiée du Haouz d'après carte géologique au 1/500000 Marrakech (in Thèse Doctorat Aahd Abouriba 2007 : Hydrogéologie de la nappe Haouz)

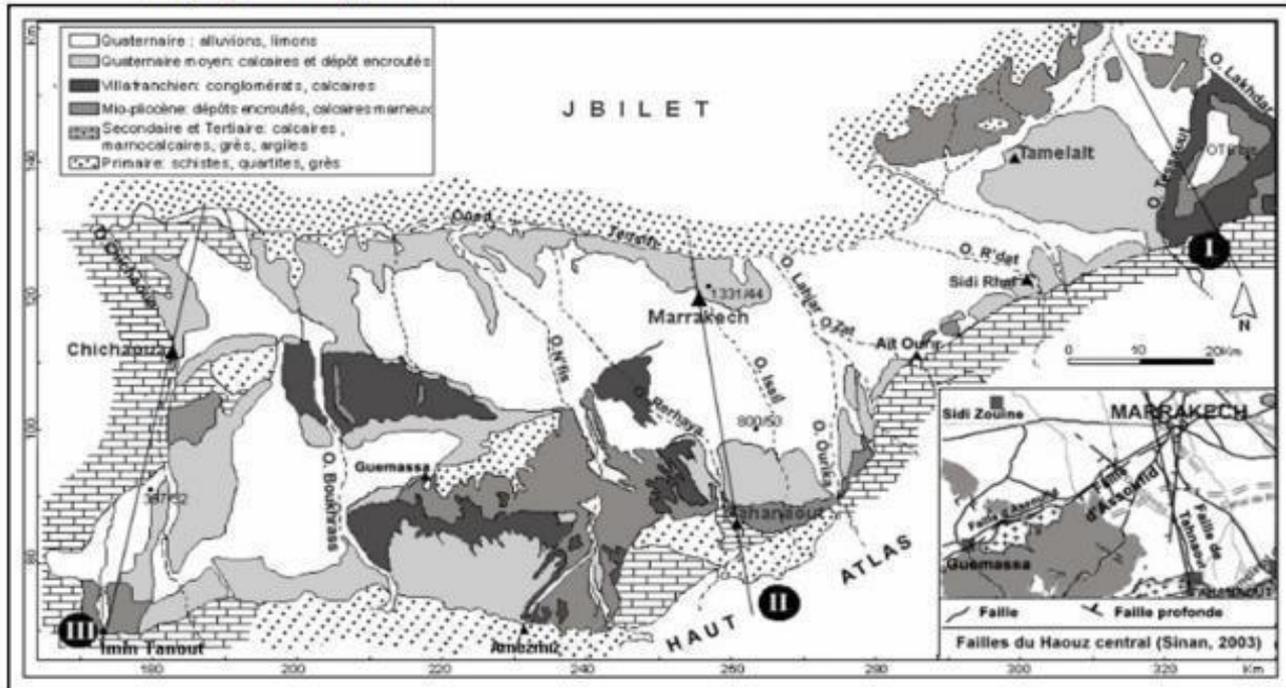


Figure 13: carte géologique du haouz (Abourida 2007)

#### 4. Climat :

Le climat de la Tessaout amont est de type méditerranéen aride chaud, caractérisé par une faible pluviosité, et une température élevée avec une forte évaporation.

- Les précipitations annuelles enregistrées dans le secteur Bouida sur 46 ans sont de l'ordre de 283 mm, les écarts à la moyenne sont très importants avec un maximum de 516 mm enregistré en 1995-1996. L'évapotranspiration (ET<sub>0</sub>) moyenne est de 1442 mm/an. On en déduit un déficit climatique accentué qui, sans mobilisation de l'eau et en absence d'irrigation, limite la production agricole.
- Les températures maximales moyennes mensuelles à El Kelâa des Sraghna sont élevées et varient entre 18°C en janvier, mois le plus froid et 40°C en juillet, mois le plus chaud.
- Pour la zone de Bouida les températures moyennes mensuelles comprises entre 11°C (Décembre-Janvier) et 27°C (Juillet-Août) (source ORMVAH)
- Les vents dominants sont de Nord ou Nord Est en hiver et d'Ouest en été. Le chergui souffle parfois pendant quelques jours apportant des vents brûlants.

## 5. Types de sols :

L'analyse de la carte pédologique de la zone d'action de l'ORMVAH a montré que le secteur irrigué Bouida est caractérisé par une nette dominance des sols iso humiques avec une prépondérance des sols châtaîns subtropicaux suivis de bruns iso humiques subtropicaux. En troisième position, on trouve les sols bruns calcaires et les sols peu évolués d'apport alluvial. (Figure 14)

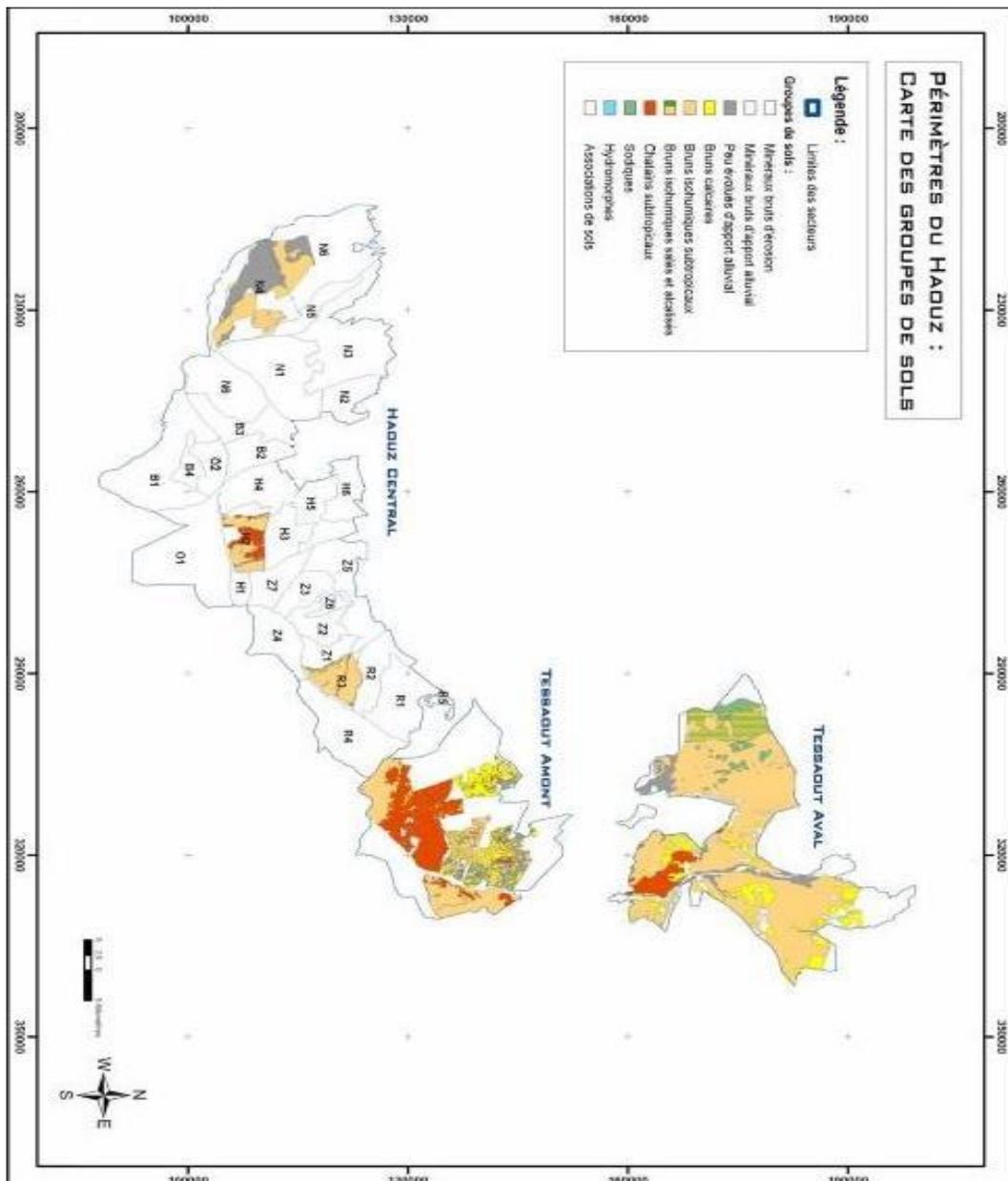


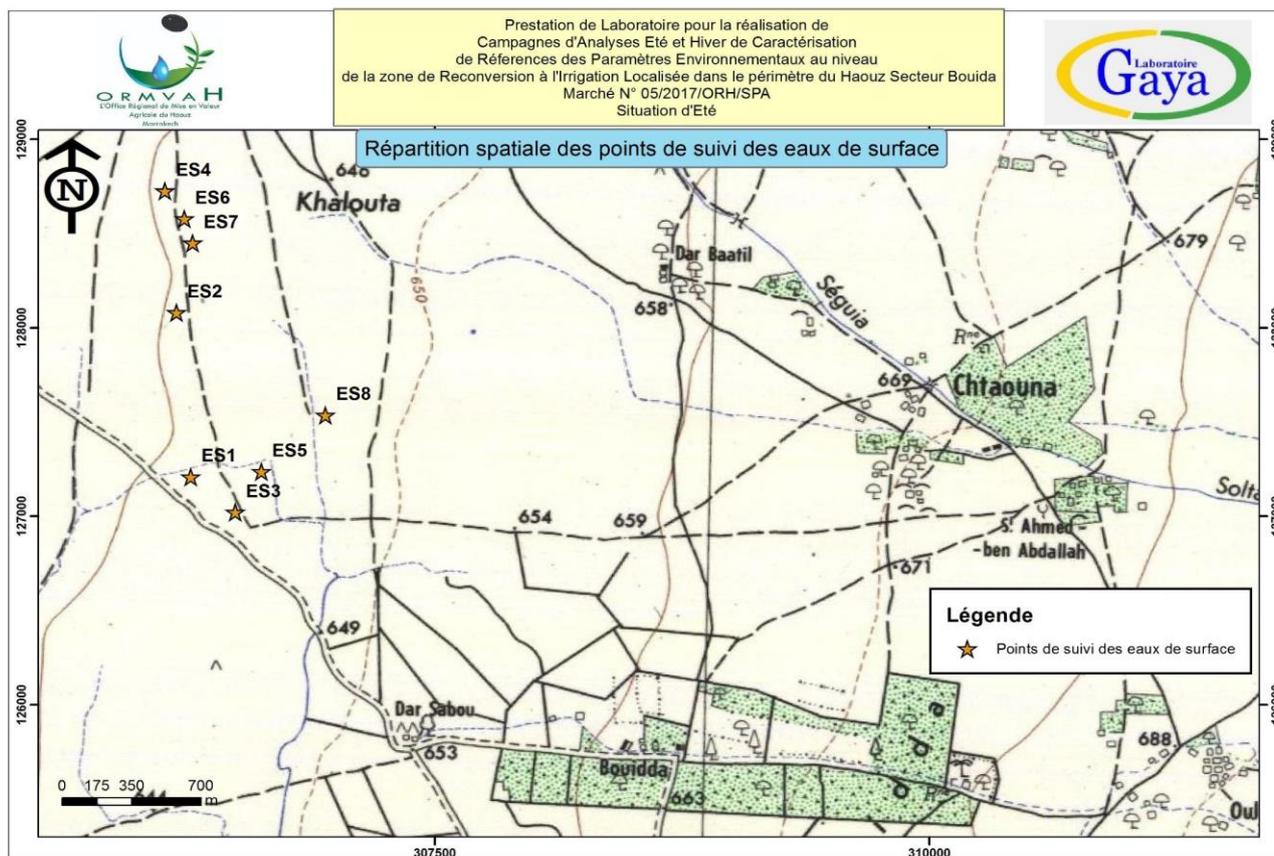
Figure 14: carte pédologique de la zone d'action de l'ORMVAH du Haouz (source ORMVAH)

## 6. Ressources en eau :

Le périmètre de la Tassaout amont est le premier des aménagements de “grande hydraulique” moderne du Haouz, et ses secteurs ont été mis en service entre 1969 et 1978. Il représente 52000 ha, irrigués à partir de l’eau de l’oued Tassaout, régularisé par le barrage Moulay Youssef (250 millions de m<sup>3</sup> /an). Il comprend 30 000 ha de secteurs équipés d’un aménagement intégral (canaux primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires avec aménagement foncier), et 22 000 ha de secteurs réalimentés, et dont les adductions primaires ont été améliorées. Les eaux alimentant la Tassaout amont sont régularisées par le barrage de Moulay Youssef et le barrage de compensation de Timinoutine sur l’oued Tassaout. Des prélèvements sont effectués en cours par des séguías. L’irrigation dans la Tassaout amont est à 100% gravitaire. Le mode d’irrigation pratiqué par les agriculteurs est appelé localement la « Robta ». Ce mode consiste à laisser déborder la séguías, l’eau avance et inonde la parcelle. Cette méthode engendre la dégradation du nivellement et un gaspillage d’eau qui à son tour aboutit à un mauvais drainage qui cause la salinisation et l’alcalinisation des sols. (Tableau 8)

**Tableau 8: les apports moyens annuels dans le bassin versant alimentant le barrage My Youssef**

<b>Barrage</b>	<b>Superficie BV (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Apport 1941- 2006 (Mm<sup>3</sup>/an)</b>	<b>Apport 1980- 2006 (Mm<sup>3</sup>/an)</b>	<b>% diminution</b>
Complexe My Youssef Timinoutine	1441	268	205	23



**Figure 15: répartition spatiale des points de suivi des eaux de surface**

## **7. Ressource en eaux d'irrigation :**

### ❖ Réseau d'irrigation :

Les eaux alimentant la Tessaout Amont sont régularisées par le barrage de Moulay Youssef et le barrage de compensation de Timinoutine sur la Tessaout.

Les eaux sont lâchées de ce barrage à la demande et transitent dans le lit mineur de La Tessaout jusqu'au seuil d'Agadir Bou Achiba.

Des prélèvements sont effectués en cours par une trentaine de séguia alimentant des périmètres de PMH.

Les débits prélevés sont très difficiles à évaluer et donnent lieu à des incertitudes quant au débit entrant dans le périmètre de la Tessaout Amont.

Les eaux dérivées par le barrage d'Agadir Bou Achiba transitent par une galerie de 4,25 Km de longueur et 17 m<sup>3</sup>/s de débit. Cette galerie débouche dans un ouvrage appelé « point K »

constitué d'un bassin de dissipation équipé d'une vanne Amil et d'une batterie de modules à masques alimentant le canal Ouest d'un côté et le canal Est d'un autre. A l'aval du seuil de prise d'Agadir Bou Achiba, la totalité des ouvrages de transport et de distribution des canaux primaires et secondaires est constituée de canaux revêtus et/ou autoportés.

❖ Dotations en eau du secteur Bouida :

Dotation de la Tessaout amont :

La dotation théorique pour les secteurs de la Tessaout Amont est de 6000 m<sup>3</sup>/ha.

Les dotations réelles ont été examinées sur la base de l'historique de fourniture en eau au niveau du sous-secteur Bouida.

Analyse des dotations réelles pour le sous-secteur Bouida Le calcul de la dotation réelle au niveau de chaque sous-secteur a été faite en se basant sur une analyse fréquentielle sur une série des 22 dernières années.

La série des données des dotations réelles allouées au sous-secteur Bouida pendant les 12 dernières années est donnée en détail en annexes, le récapitulatif est donné dans le tableau suivant (Tableau 9) :

**Tableau 9:dotation annuelles allouées au sous-secteur Bouida (source ORMVAH)**

Année	Dotation en m <sup>3</sup> /ha
1999-2000	4459
2000-2001	2553
2001-2002	1781
2002-2003	2266
2003-2004	3996
2004-2005	5177
2005-2006	3773
2006-2007	4097
2007-2008	3246
2008-2009	4394
2009-2010	4938
2010-2011	5850

D'après l'analyse fréquentielle sur les 10 dernières années (2001-2011), la dotation garantie 8 années sur 10 est de 3 050 m<sup>3</sup>/ha.

## **II. Etat social de la région :**

### **1. Population :**

Il n'y a pas de statistiques du nombre d'habitants dans le secteur d'irrigation visé par ce projet.

On peut simplement estimer le nombre de personnes qui vivent de ces terres en utilisant un ratio de 6 personnes par foyer soit environ 6000 habitants avec un nombre d'exploitations potentiellement bénéficiaires d'environ 1002 relevant du secteur Bouida (CMV 405).

### **2. Activités économiques :**

Les principales activités économiques sont l'agriculture et l'élevage. Il n'y a pas de grandes entreprises agroindustrielles mais la zone se développe rapidement surtout grâce au développement de la culture de l'olivier et de la fabrication de l'huile d'olive.

### **3. Le statut foncier des terres :**

Le statut foncier se caractérise par la prédominance du statut Melk (65%) suivi par le Domaine et les coopératives de la Réforme Agraire (24%). Le mode de faire valoir direct concerne environ 75% des superficies. La plupart des exploitations dans le secteur Bouida sont petites à moyennes, 77% ont une superficie comprise entre 2 et 10 ha. La superficie totale à reconverter atteint 3 440 ha. (Source ORMVAH) (Tableau 10 et 11).

**Tableau 10: répartition des statuts juridiques (source : ORMVAH)**

<b>Statut</b>	<b>Surfaces %</b>
Melk	65
Habous	1
Collectif	10
Lotis. Réforme Agraire	24

**Tableau 11: Typologie des exploitations-secteur Boudia**

<b>Classes de taille</b>	<b>Superficie %</b>
0 et 2 ha	18
2 et 5 ha	24
5 et 10 ha	35
10 et 20 ha	11
> 20 ha	12
<b>Total</b>	<b>100%</b>

### **III. Description de la reconversion :**

#### **1. Ouvrages actuels :**

##### ❖ Réseau d'irrigation :

Le secteur Boudia à équiper en irrigation localisée dans le Tessaout Amont est desservi actuellement par le canal Ouest qui prend son départ au point K alimenté par les eaux du barrage My Youssef. La zone du projet est irriguée à partir de 4 secondaires G3, G4, M1 et M2, le réseau de distribution de l'eau est composé de 65 tertiaires ou prises équipés de modules à masque.

L'application de l'eau à la parcelle normalement devrait se faire par deux techniques à la raie ou au calant en utilisant des siphons, mais actuellement la pratique selon la technique traditionnelle dite « Robta » est celle qui prédomine.

##### ❖ Réseaux de drainage :

L'équipement de ce secteur remembré et aménagé depuis 1979, comporte des canaux secondaires, tertiaires et quaternaires avec un réseau d'assainissement comportant des colatures pour l'évacuation des eaux sauvages et excédentaires.

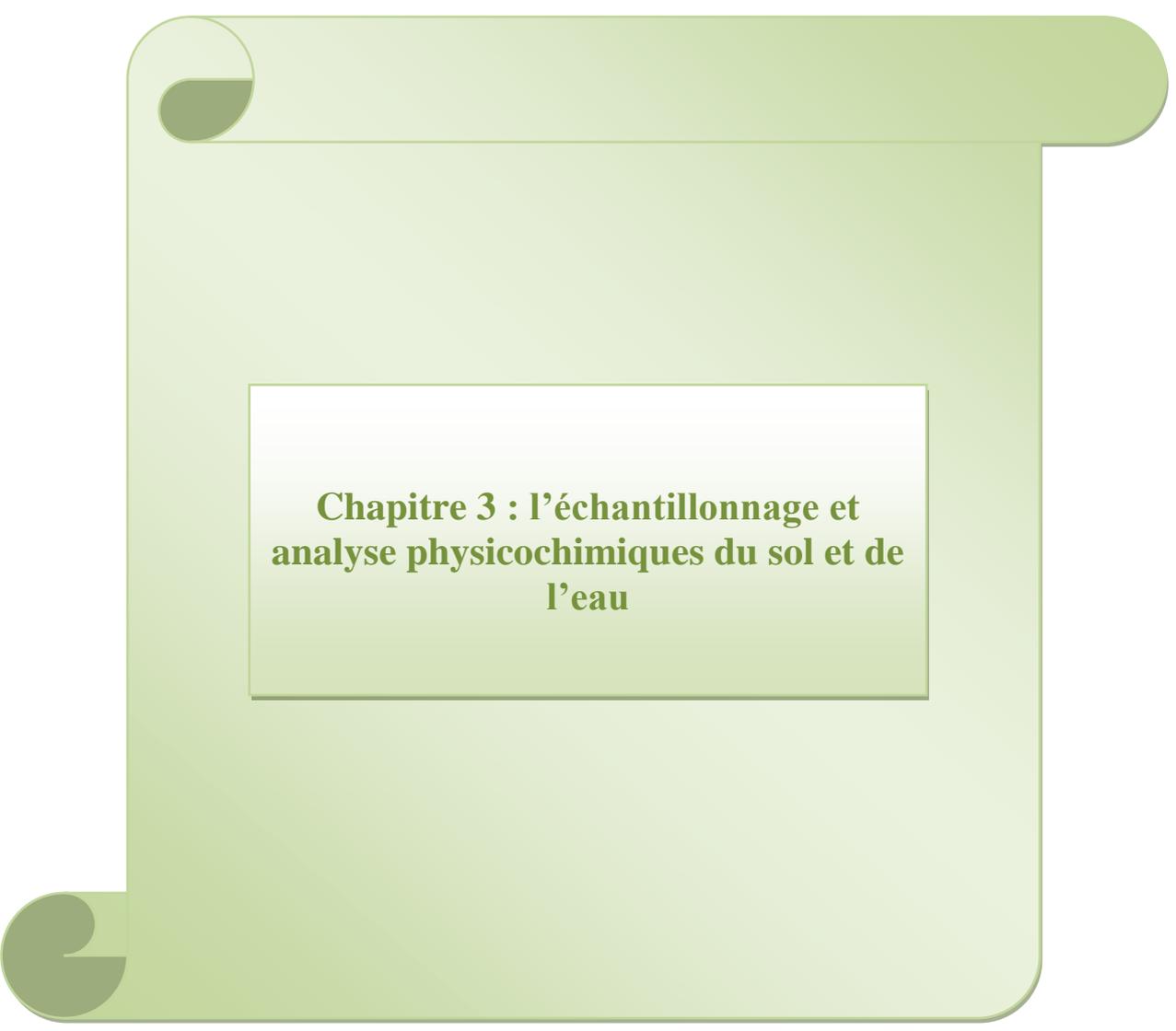
#### **2. Gestion actuelle de l'irrigation :**

Le programme d'irrigation fait ressortir la dotation d'eau annuelle qui sera allouée à chaque secteur ainsi que sa modulation durant les 12 mois de l'année en fonction bien sûr d'une occupation du sol fictive à laquelle l'agriculteur doit se rapprocher le plus souvent.

Une fois les programmes établis, ils sont soumis pour approbation aux AUEA (Association des usagers des eaux agricoles) et seront par la suite mis en application.

La programmation se fait sur la base d'une dotation uniforme à l'hectare, abstraction faite sur l'occupation des sols.

Avec cette approche, la distribution de l'eau est fondée sur une répartition équitable de la ressource disponible tout en tenant compte de la capacité de transport des ouvrages calculée sur les hypothèses culturelles du projet.



**Chapitre 3 : l'échantillonnage et  
analyse physicochimiques du sol et de  
l'eau**

## I. Échantillonnage :

Le travail est subdivisé en trois phases à savoir :

### ➤ **Premier phase : prélèvements et mesure in situ**

Cette phase a consisté à la localisation des sites de prélèvements en commun accord avec le maitre d'ouvrage :

- Composante sol : 20 point
- Eaux souterrains : 15 points
- Eaux de surface : 8 points

Cette partie concernera les prélèvements des échantillons pour mesure au laboratoire et les mesures in situ, il a été piloté par le chef de projet ainsi qu'un ingénieur pédologue et deux techniciens préleveurs expérimentés.

### ➤ **Deuxième phase : Analyse au laboratoire**

Les analyses au laboratoire ont porté sur l'ensemble de paramètres mentionné dans l'offre. Ces analyses ont été conduites selon les normes marocaines et internationales en vigueur. Cette partie a été pilotée par le chef de projet, le responsable de laboratoire : Ingénieur en industrie agro-alimentaire, ainsi que les techniciennes de laboratoires. (Voire II et III)

### ➤ **Troisième phase : Interprétation des résultats d'analyses et élaboration des rapports**

#### ⇒ **Objectif :**

Les quatre principaux objectifs de l'échantillonnage du sol et des eaux sont les suivants :

- ✓ Échantillonnage visant à déterminer la qualité globale du sol ou des eaux de surfaces ou souterraines,
- ✓ Échantillonnage visant à préparer une cartographie de la qualité des sols ou des eaux, • échantillonnage visant à appuyer une action légale ou règlementaire,
- ✓ Échantillonnage dans le cadre d'une évaluation des risques.

## **1. Les techniques :**

### **➤ Echantillonnage du sol :**

L'échantillon de sol prélevé est de 400g

Le choix de la zone d'échantillonnage peut influencer les analyses de sol. Ainsi, il faut prélever un échantillon dans chaque champ si ces derniers n'occupent qu'une faible superficie, en revanche si la superficie est grande, les champs doivent être divisés en zones d'échantillonnage de plus petite dimension.

### **➤ Profondeur d'échantillonnage :**

Dans le cas des analyses visant la gestion des éléments nutritifs, on prélève normalement les échantillons à une profondeur d'environ 15 cm, car la majorité des racines se développent jusqu'à cette profondeur et que le travail du sol assure le mélange des éléments nutritifs jusqu'à environ 15 cm.

Les couches inférieures du sol contiennent habituellement moins d'éléments nutritifs, un échantillonnage plus profond risquerait de ne pas être représentatif du champ.

Si notre but d'échantillonnage était la connaissance des nitrates disponibles pour la culture, il fallait prélever un échantillon d'une profondeur de 30cm, car les nitrates se déplacent plus facilement que les autres éléments nutritifs dans l'eau du sol.

Dans le cas des mesures du PH, il est plus utile d'échantillonner près de la surface, d'une profondeur comprise entre 2cm et 5cm, pour but d'évaluer l'acidification de la couche de surface lorsque l'azote est appliqué.

## **2. Préparation de l'échantillon :**

La préparation des échantillons pour analyse passe par trois étapes :

- À la réception de l'échantillon, il faut briser les grosses mottes de terre et sécher à l'air ambiant ou à l'étuve à 37 °C dans une pièce libre de poussière.
- Après séchage, enlever les roches et les débris végétaux et réduire les agrégats à l'aide d'un broyeur ou d'un mortier.
- Broyer et tamiser les échantillons à 2 mm pour l'analyse de tous les éléments.

## II. Les analyses physicochimiques du sol :

### 1. Analyse granulométrique :

#### ➤ But de l'essai Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63mm, à l'exclusion des filets.

NB : il faut éviter la confusion entre la granulométrie qui s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité qui concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

#### ➤ Principe de l'essai analyse granulométrique :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série des tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis. (Les démentions du tamisage : 0.08, 0.16, 0.25, 0.31, 0.5, 0.63, 1.25, 1.6, 2, 2.5 et 3.15), voire la figure 16.

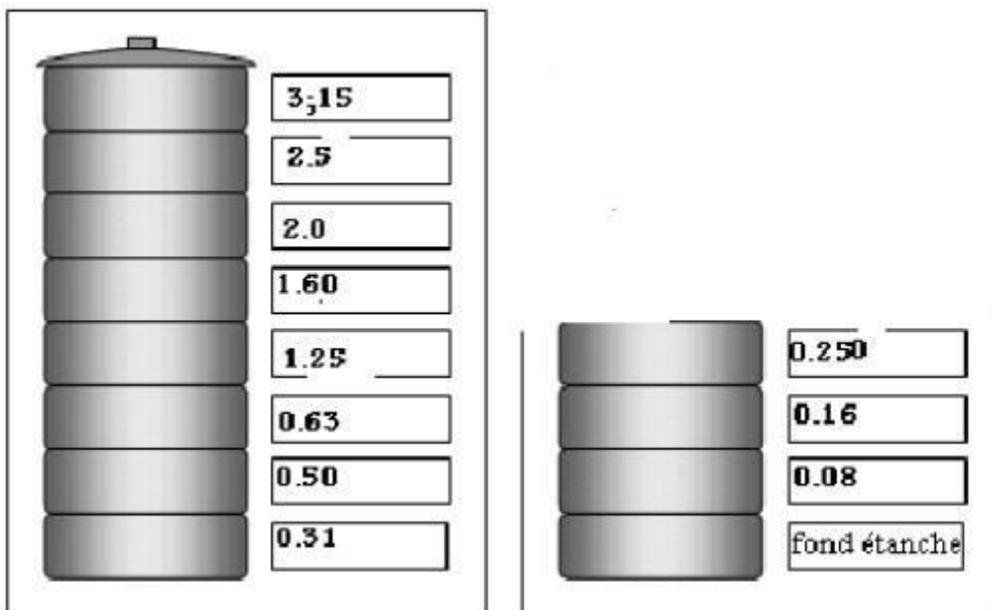


Figure 16: série de tamis

## 2. Mesure de la conductivité électrique :

### ❖ But et principe de l'essai :

La Conductivité électrique de la pâte saturée (CE) est une méthode qui a servi de standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol. (Figure 17)

La salinité globale de la pâte saturée est déterminée par la mesure de la (CE) exprimée en dS/m et corrigée à une température 25 °C. (Figure 18)

### ❖ Matériel utilisé :



**Figure 17: un flacon et l'agitateur mécanique**



**Figure 18: conductimètre**

❖ Mode opératoire :

- Peser 10g de la terre, les verser dans un flacon d'agitation, puis ajouter 50ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 20min.
- Etalonner l'appareil (conductimètre) par une solution KCL 0.01N avant de faire la mesure.

### 3. Mesure du PH du sol :

❖ But de l'essai :

Le pH (ou potentiel Hydrogène) caractérise la réaction acide ( $\text{pH} < 7$ ), neutre ou basique (alcaline ;  $\text{pH} > 7$ ) d'un milieu, sur une échelle de 1 à 14. La plupart des sols se situent entre 4 et 9.

Le pH du sol est l'aspect le plus important pour déterminer la disponibilité de nutriments pour les cultures. Les niveaux de pH dans les contenants de pulvérisation déterminent l'efficacité des pesticides.

❖ Appareillage :



**Figure 19: pH mètre et papier de pH**

❖ Mode opératoire :

- Peser 10g de terre tamisée à 2mm dans un bécher de 50ml.
- Ajouter 25ml d'eau distillée.
- Laisser en contact 4 heures en agitant de temps en temps avec une baguette de verre.

- Au moment de prendre la mesure, agiter énergiquement pendant quelques minutes à l'aide de l'agitateur magnétique.
- Après étalonnage du PH-mètre, introduire avec précaution l'électrode de verre dans la suspension, agitateur en marche.
- Lire le PH lorsque l'aiguille du PH-mètre est stabilisée (figure 20).
- Rincer l'électrode soigneusement après la mesure.

#### **4. Protocole du dosage de la matière organique :**

##### ❖ But de l'essai :

Cette manipulation consiste à déterminer la teneur en carbone des sols par oxydation par voie humide de la matière organique.

##### ❖ Mode opératoire :

Oxydation :

Mesurer 10ml de  $K_2Cr_2O_7$  par une éprouvette ou pipette de 10ml.

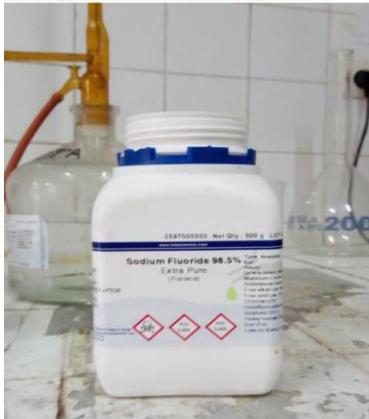
- Ajouter 20ml d' $H_2SO_4$ .
- Agiter une minute en évitant de disperser l'échantillon de sur les parois de l'erenmeyer.
- Laisser reposer(s'oxyder) pendant 30min pour laisser l'oxydation se développer.
- Ajouter 100ml d'eau distillée pour stopper la réaction.
- Laisser décanter.

Le dosage :

- On prélève 25 ml de la solution.
- On ajoute 5 g de NaF.
- On ajoute 3 gouttes de chlorhydrate de diphénylamine.
- On verse la solution de sel de Mohr dans une burette et on titre l'excès de bichromate.



Prélever 25ml de la solution (cuillère)



Ajouter 5g de NaF



Ajouter 3 gouttes de chlorhydrate de diphénylamine

Puis on verse la solution du sel de Mohr.



**Figure 20 : protocole de traitement de la matière organique**

### **III. Les analyses physico-chimiques de l'eau :**

#### **1. Le but des analyses pour Les eaux destinées à l'irrigation :**

Au Maroc, l'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées.

De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies afin de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles.
- Protéger les consommateurs des produits agricoles.
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols.
- Protéger le matériel d'irrigation.
- Maintenir des rendements acceptables.

## 2. Mesure du PH de l'eau :

### ❖ But et principe de l'essai :

Le pH d'une solution est le cologarithme décimal de l'activité de la solution en ions hydrogène ; il s'exprime en unités de pH.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci.

### ❖ Mode opératoire :

Une fois que l'appareil (figure 21) a été étalonné, laver les électrodes et le récipient de mesure, d'abord à l'eau déminéralisée ou distillée, puis avec la solution d'essai en opérant comme précédemment. Homogénéiser la solution d'essai, en introduire un volume suffisant dans le récipient de mesure et y plonger les électrodes. Agiter légèrement la solution d'essai. Vérifier que l'indication donnée par le pH-mètre est stable et la relever.

## 3. La conductivité électrique :

### ❖ But et principe de l'essai :

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité, électrique.

L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm) exprimé souvent en micro siemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ou millisiemens (mS/cm). La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en solide dissout sera importante, plus la conductivité sera élevée. Généralement, le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante :

- $\mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$  (partie par million),
- Ou  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$  correspond à la concentration en solide dissous.

### ❖ Mode opératoire :

On mesure la conductivité en faisant passer un courant alternatif de très basse tension entre deux électrodes. On plonge la cellule de mesure dans l'eau et on lit la valeur. Le résultat de

mesure est le plus souvent indiqué en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Une élévation de la température augmente la mobilité des ions dans l'eau, la valeur mesurée est alors plus élevée. Le résultat de la mesure doit toujours comporter l'indication de la température à laquelle elle a été faite, surtout si elle est différente de la température de référence de  $20^\circ\text{C}$ . L'instrument de mesure qui possède une sonde de température incorporée, corrige automatiquement la valeur obtenue en fonction de la température de l'eau.



**Figure 21: photo illustrant le conductivimètre**

#### **4. Le bilan ionique :**

L'analyse chimique des eaux d'irrigation permettra d'évaluer la concentration des sels dissous par le dosage volumétrique de ces ions (les chlorures, les bicarbonates, les carbonates, le calcium, le magnésium et les sulfates) et par Spectrophotomètre à flamme pour le sodium et le potassium.

⇒ Les chlorures :

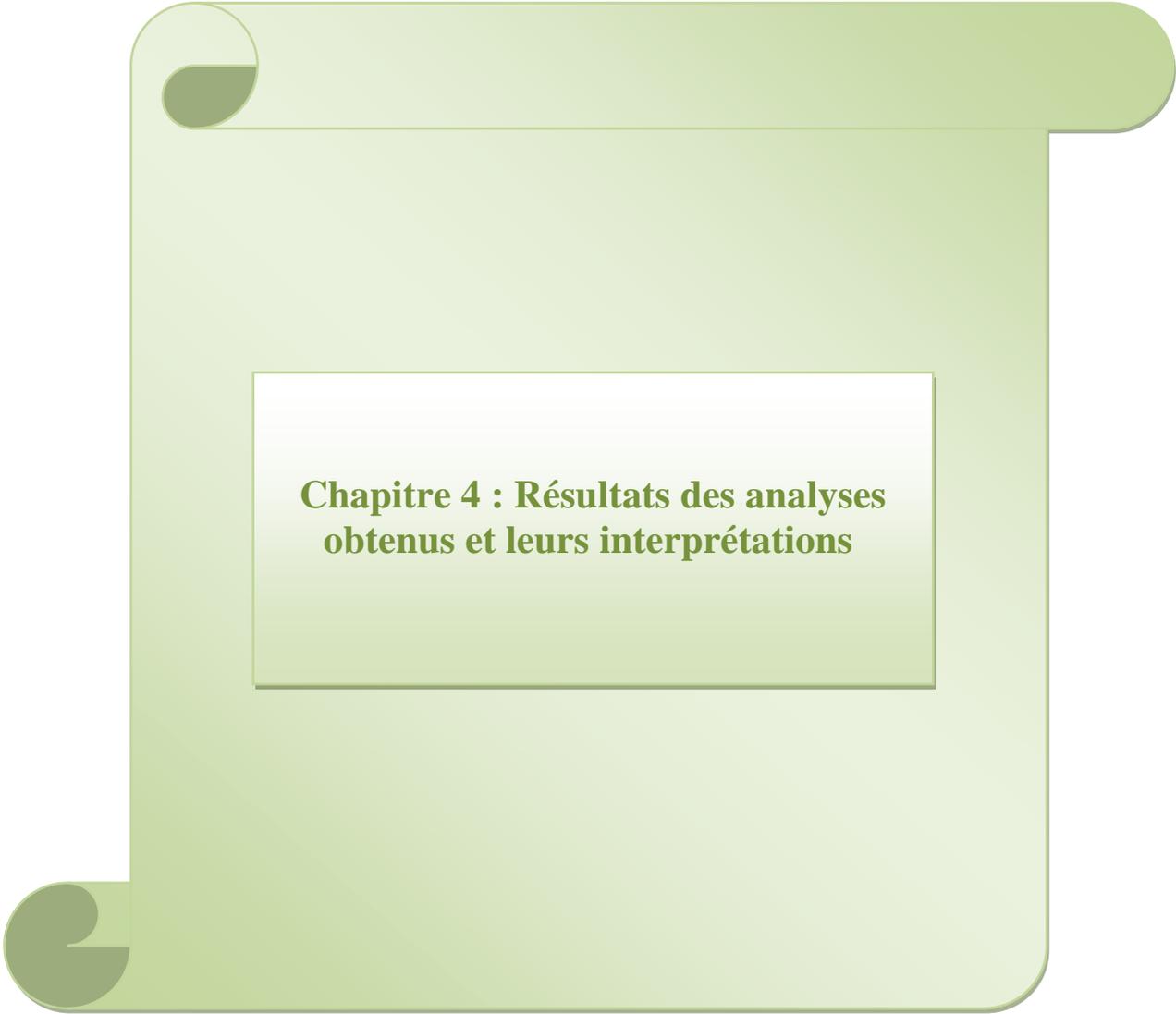
Le dosage des ions  $\text{Cl}^-$  se fait par une solution titrée de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ , 0.02N) en présence de chromate de potassium ( $\text{KCrO}_4$ ), Les chlorures vont se précipiter sous forme de chlorure d'Argent ( $\text{AgCl}$ ).

⇒ Magnésium :

Les ions  $Mg^{2+}$  sont dosés par complexométrie (E.D.T.A) après l'ajout de la solution tampon et le NET comme indicateur coloré.

⇒ Sulfate :

Après l'ébullition et en présence des chlorures de baryum ( $BaCl_2$ ), les ions  $SO_4^{2-}$  sont titrés par l'acide (E.D.T.A).



**Chapitre 4 : Résultats des analyses  
obtenus et leurs interprétations**

## **1. Caractéristique des paramètres du sol :**

### **1. Analyse granulométrique :**

#### **PRÉPATION DE L'ÉCHANTILLON DE SOL :**

Voici les étapes de la préparation de chaque échantillon de sol :

1. Faire sécher l'échantillon de sol à la température de la pièce.
2. Briser mécaniquement les agrégats avec un marteau en caoutchouc.
3. Tamiser le sol avec un tamis No 10 (2 mm).
4. Réduire une deuxième fois la fraction retenue sur le tamis No 10 avec un pilon ou marteau en caoutchouc jusqu'à ce que les particules de sol soient à grain unique.
5. Tamiser à nouveau sur le tamis No 10 et peser les portions retenues et passantes. La taille de l'échantillon dépend du diamètre de la plus grosse particule.

#### **➤ Résultats :**

Les résultats de l'analyse granulométrique sont représentés sur le tableau suivant (tableau 13) :

**Tableau 12 : exemple de l'analyse granulométrique**

<b>Tamis (mm)</b>	<b>Refus (g)</b>	<b>Refus cumulés (g)</b>	<b>Refus cumulés (%)</b>	<b>Tamisat cumulés (%)</b>
5	0	0	0	100
25	161	161	16.10	83.90
1.25	136	297	29.70	70.3
0.63	177	474	47.40	52.6
0.315	304	778	77.80	22.20
0.16	152	930	93	7
0.08	54	984	98.40	1.60
Fond	7.5	991.5	99.15	0.85

REFUS : sur un tamis la quantité de matériau qui est retenue

TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

Refus partiel : pesée de chaque tamis.

Refus cumulé : cumulée de chaque tamis.

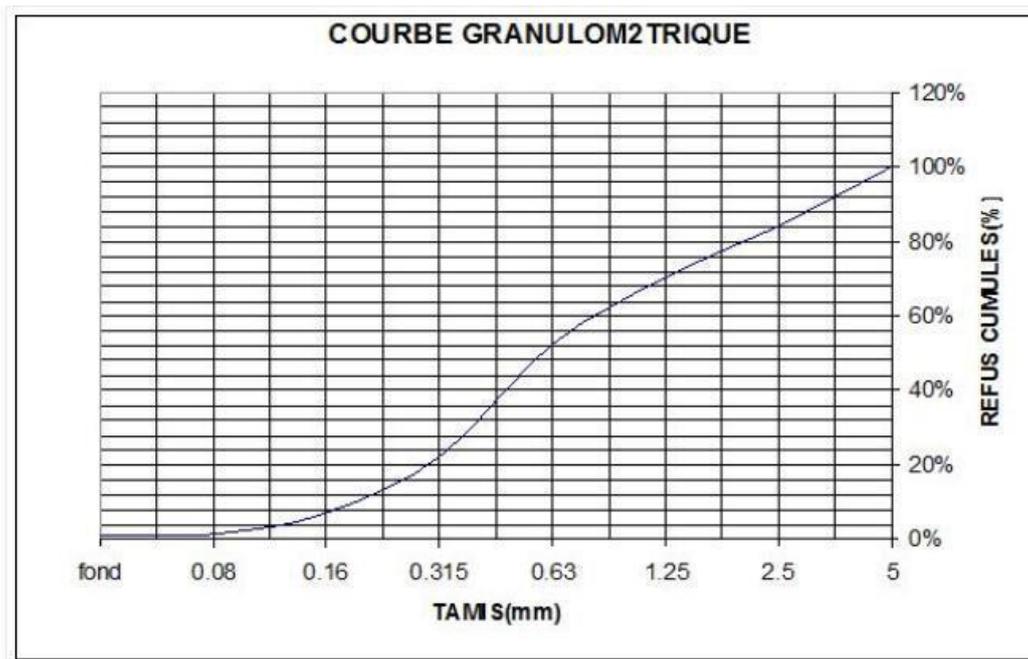
➤ **Analyse des résultats d'analyse granulométrique :**

Qu'est-ce qu'une courbe granulométrique ?

C'est une représentation graphique de la distribution de la population des grains en fonction de leur diamètre. Celui-ci est figure sur l'axe des abscisses sur une échelle logarithmique tandis qu'en ordonnée sont reportes les pourcentages cumulés des tamisats.

**Caractéristiques d'une courbe granulométriques :**

- Une courbe granulométrique (figure 22) de forme régulière atteste d'une origine unique des grains.
- Les irrégularités d'une courbe granulométrique indiquent un mélange des grains d'origine différente ou une variation brusque des conditions de genèse ou de dépôts.



**Figure 22 : courbe granulométrique**

### **Interprétation :**

Cette courbe nous représente le refus cumulé en pourcentage (%) en fonction du tamis en millimètre (mm), on observe qu'au fur et à mesure la valeur du tamis augmente, le pourcentage du refus cumulé augmente aussi, ce qui nous donne la propriété de la proportionnalité des deux paramètres.

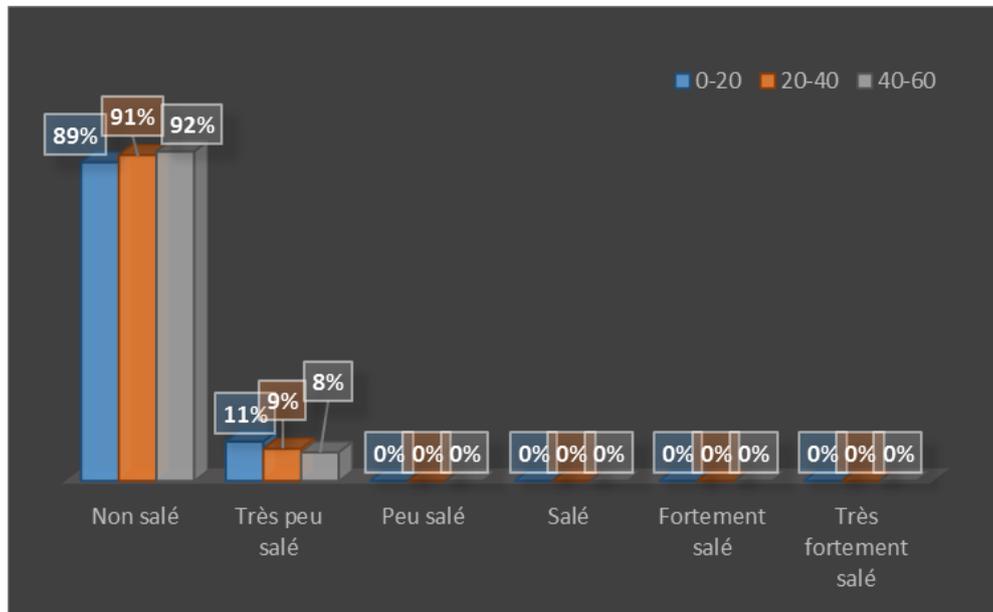
### **2. Conductivité électrique de l'extrait à la pâte saturé :**

La mesure de la conductivité électrique, traduit la concentration de sels solubles contenus dans le milieu. Elle nous renseigne sur la composition globale en sels dans le sol. (Figure 23)

Une conductivité électrique élevée indique une forte concentration en sels dans la solution du sol ce qui augmente la pression osmotique dans la zone racinaire et entraîne une incapacité des racines à absorber l'eau, ce qui implique une mauvaise adsorption des éléments nutritifs, donc une chute de rendement. Certains sels sont nocifs ou toxiques pour les plantes quand ils sont en grande quantité dans la solution du sol (Bore, sodium chlorures).

La conductivité électrique de la pâte saturée mesure la salinité dans la zone des racines à la capacité au champ. Elle permet une estimation de la quantité de sels de la solution du sol. Cette conductivité est appréciée par une lecture en mS/cm ou dS/m.

**Répartition globale de la conductivité des échantillons de sols :** Les tableaux 14 et 15 en dessous nous renseignent sur l'état de la salinité des sols, et précisément pour chacun des horizons dans la zone de l'étude.



**Figure 23 : salinité globale des échantillons de sol par profondeur**

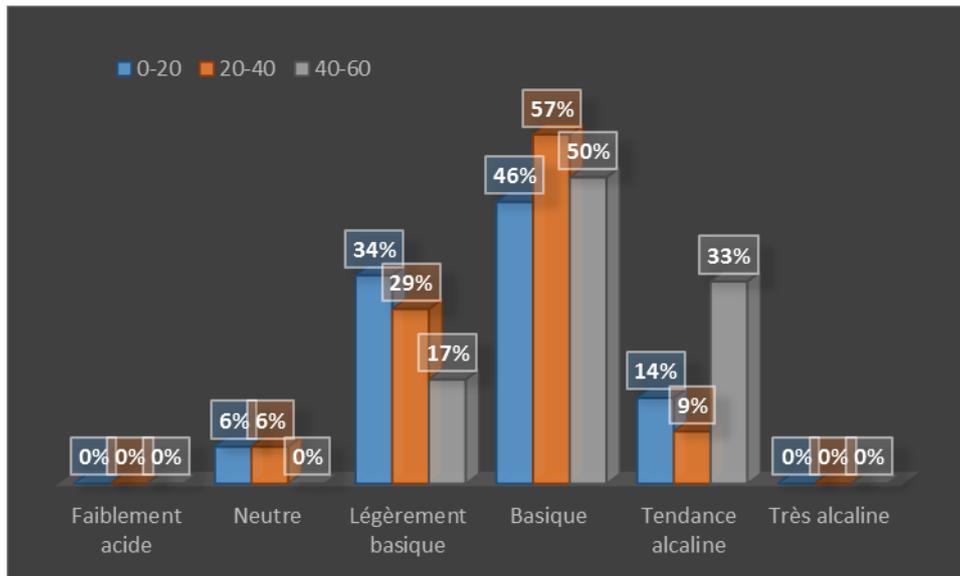
En général et selon les tableaux n°16, on constate que la moyenne des conductivités de tous les points d'observations est de 1,28mS/cm, oscillants entre un minimum de 0,54mS/cm et un maximum de 2,73 mS/cm.

### 3. pH des sols :

Le pH traduit l'état de saturation du complexe absorbant et de la solution du sol en cations échangeables ou solubles. Il nous renseigne sur le pouvoir acidifiant du Sol. Les sols dont le complexe est saturé en bases échangeables ont un pH basique ; les sols désaturés en cations échangeables ont un pH acide.

L'impact négatif d'un pH fortement acide ou fortement basique est l'inhibition d'absorption des éléments nutritifs par la plante, puis il affecte l'activité enzymatique des plantes.

Quand le pH du sol devient fortement alcalin (pH > 8.5), il traduit souvent un taux élevé en calcium sur le complexe absorbant.



**Figure 24 : PH des sols par horizon**

Le pH des sols sur le secteur est compris entre la valeur max 8,88 et la valeur min de 7,03 (tableau : 17).

Le pH moyen dans les horizons de surface est de 8,09, celui des horizons 20-40cm est de 8,09, par contre celui du dernier horizon 40-60cm est de 8,33.

De ces moyennes on peut conclure que le pH moyen des sols du secteur est un pH moyennement basique de l'ordre de 8,12.

#### 4. Taux de matière organique des sols :

La matière organique joue un rôle important dans la fertilité du sol. Elle intervient dans :

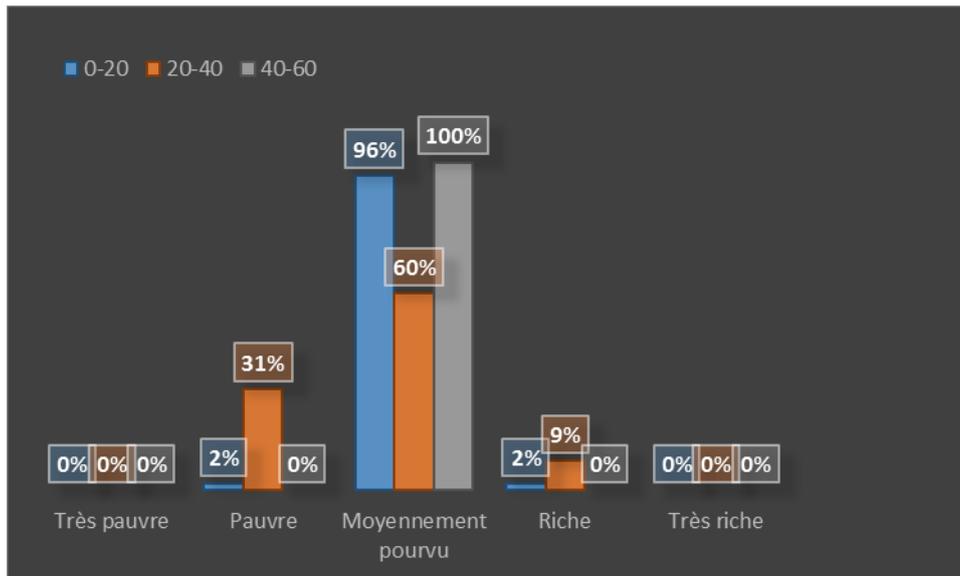
La stabilité structurale du sol.

L'augmentation de la capacité de rétention en eau du sol.

La fixation des éléments minéraux par le complexe argilo-humique.

L'impact négatif c'est la mauvaise structure, et la pauvreté en éléments fertilisants.

La matière organique fournit par minéralisation des éléments minéraux facilement assimilables.



**Figure 25 : taux de la matière organique par horizon de sols**

- Le Taux moyen de matière organique sur l'ensemble des échantillons tout horizon confondu est de 2.10 %. Cette moyenne oscille entre un minimum de 1.28% et un maximum de 3,34% (tableau 19).
- Pour les horizons de surfaces (0-20cm), la teneur moyenne en matière organique est de 2.14%, les valeurs sont comprises entre un minimum de 1.34 mg/l et un maximum de 3.20 mg/l (tableau n°20).
- Pour les horizons (20-40cm et 40-60cm), la teneur moyenne en matière organique est de 1.97% et 2.38% respectivement (tableau n°20).

#### 5. Synthèse sur l'état de référence des sols du secteur Bouida :

Après ces analyses qui effectués dans les échantillons du sol de la région de Bouida, on constate que le pH des sols sur le secteur est compris entre une valeur maximale de 8.88 et une valeur minimale de 7,03 donc les sols du secteur ont un pH généralement basique à légèrement basique. Ainsi, la salinité des sols affiche des conductivités de la pâte saturée inférieure à 4mS/cm, alors il y a aucun problème de salinité n'est observé, mais le suivi de ces paramètres sera très important lors des prochaines campagnes et pour le taux de la matière organique est moyenne sur l'ensemble des échantillons tous les horizons confondus sont de 2.10%.

Le taux est compris entre la valeur min de 1.28% et la valeur max de 3,34%, alors on observe que l'apport de fumure organique et l'enfouissement de résidus de récolte permettront de

relever la biomasse du sol, améliorer la structure du sol et augmenter la rétention de l'eau et enfin, l'alcalinité des sols du secteur d'étude sont majoritairement non salins c'est-à-dire pauvres en sodium donc Les zones salines nécessitent un lessivage efficace.

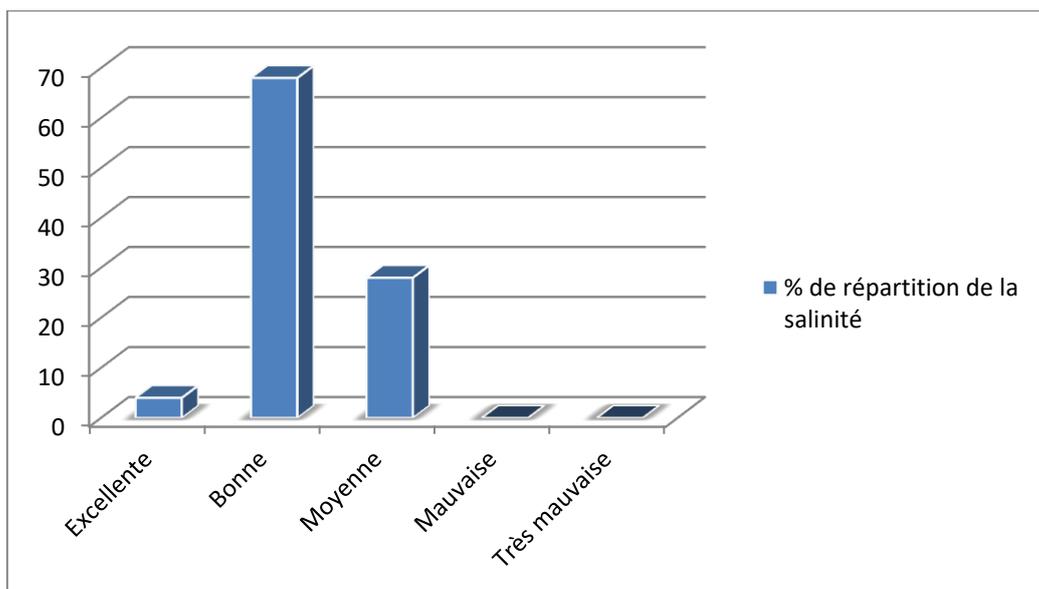
## 2. Caractéristiques des paramètres des eaux souterraines :

⇒ Hauteur piézométrique des eaux souterraines :

La Hauteur piézométrique moyenne des eaux souterraines est de 80,08m.

### 1. Conductivité électrique des eaux souterraines :

La conductivité électrique moyenne des échantillons d'eaux souterraines analysés est 1,18 mS/cm. Les valeurs de la conductivité des eaux souterraines sont comprises entre un minima de 0.74 mS/cm et maxima de 1.61 mS/cm.



**Figure 26: classe de conductivité des eaux souterraine**

Suivant la grille d'évaluation de la qualité des eaux souterraines du secteur présentent des valeurs de salinité inférieure à 4 mS/cm (2.6 g/L) avec **4% d'excellente qualité, 28% de qualité hydro chimique moyenne et 68% de bonne qualité.**

Les eaux souterraines du secteur sont non salées. Elles présentent des restrictions modérées pour l'irrigation. Les conductivités des eaux souterraines dans le secteur restent en majorité inférieures à 3 mS/cm.

## 2. PH des eaux souterraines :

Les pH des eaux souterraines sont compris entre 7,11 et 7,44. Ces valeurs sont dans les limites normales pour les eaux aptes pour l'irrigation. La norme d'aptitude à l'irrigation est fixée entre le pH 6.5 et 8.4 (Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation : Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement).

### Répartition des pH des eaux souterraines :

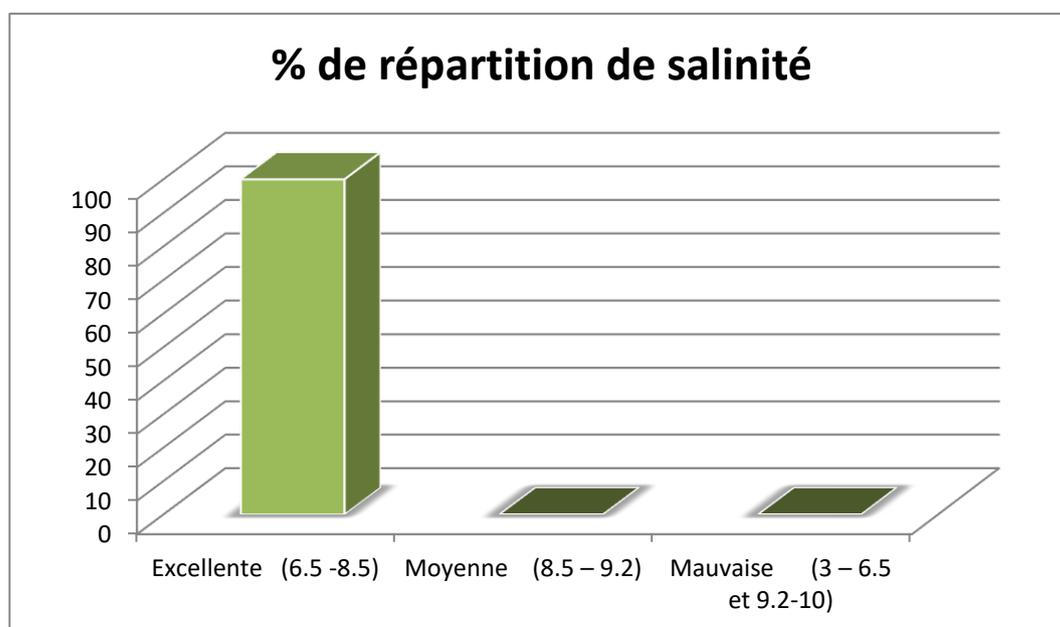


Figure 27: classe de la salinité des eaux souterraines

Les eaux souterraines du secteur sont dans la classe de qualité excellente pour le paramètre pH suivant la grille d'évaluation globale de la qualité des eaux souterraines.

## 3. Le bilan ionique des eaux :

Pour le paramètre chlorures les eaux souterraines sont dans la classe de qualité excellente et bonne :

- ✓ Pour la zone de Bouida la teneur en chlorures est inférieure à 200mg/l est égale à 88.75mg/l.
- ✓ Les eaux souterraines du secteur sont dans la classe de qualité Excellente à Bonne pour le paramètre teneur en sulfates : la teneur reste inférieure à 200 mg/l pour tous les sites analysés
- ✓ La zone de Bouida a aussi une excellente qualité concernant la teneur en magnésium avec une valeur de 9.86 mg/l.

#### 4. Etat de référence des eaux souterraines :

Pour les caractéristiques des eaux souterraines dans le secteur Bouida, on constate que les valeurs de la salinité ne présentent pas une grande variabilité, alors les eaux souterraines du secteur sont non salées (conductivité électrique faible), elles ne présentent pas des restrictions pour l'irrigation.

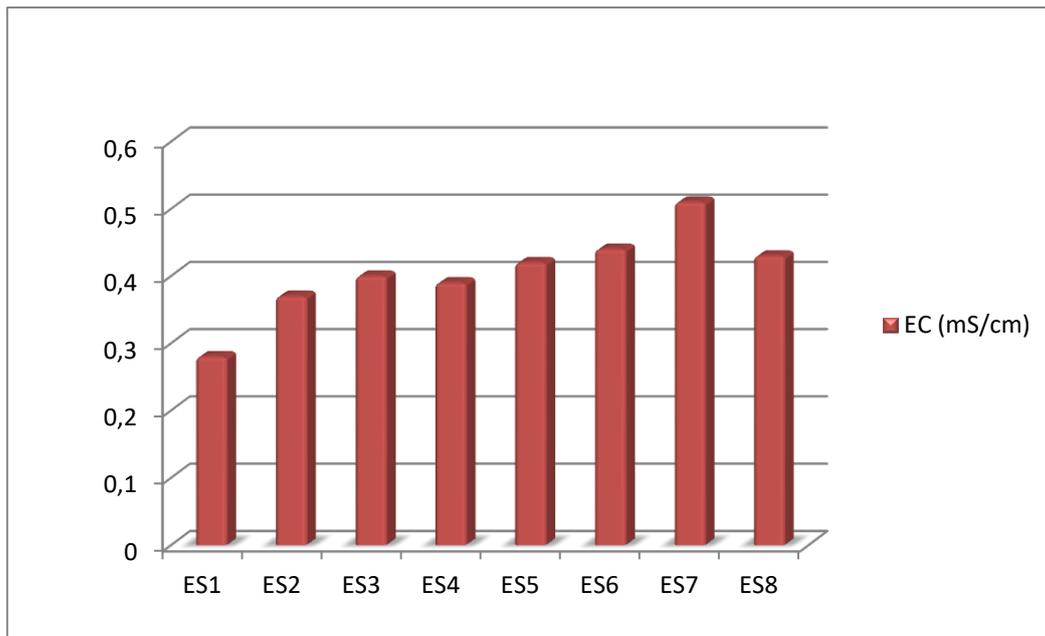
Ainsi, le pH des eaux souterraines du secteur est dans la classe de qualité excellente pour le paramètre pH, donc Les eaux souterraines ont des pH qui ne posent aucune contrainte pour l'irrigation. Les valeurs comprises dans les limites d'aptitude à l'irrigation fixées entre 6,5 et 8,4.

### 3. Caractéristiques du paramètre des eaux de surface :

- ❖ Analyses chimiques des eaux de surface :

#### 1. Conductivité électrique des eaux de la surface :

Selon les résultats mentionnés sur le tableau n°26 et sur la figure n° 29 : les eaux des surfaces prélevées au niveau de la station et du réseau d'irrigation ne sont pas salées : la conductivité électrique est variable entre les stations et ne dépasse pas 0,51 mS/cm sur tous les sites.



**Figure 28: salinité de l'eau dans les canaux d'irrigation**

#### **Aptitude à l'irrigation :**

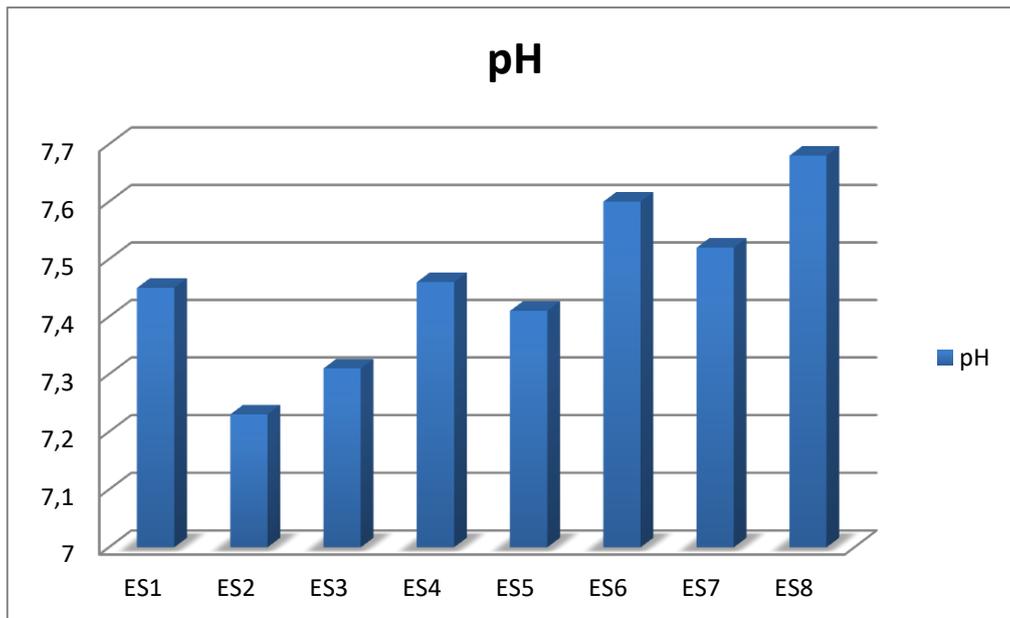
Les conductivités électriques des eaux de surface sont inférieures à 3 mS/cm : les eaux de surface en général ne présentent aucune restriction pour l'irrigation avec une moyenne de 0.41 ms/cm.

#### **Interprétation des résultats :**

Les eaux de surface ne sont pas salées. La conductivité électrique ne dépasse pas 3 mS/cm donc les eaux de surface ne présentent pas de risque de salinisation des terres.

#### **2. pH des eaux :**

Le pH de l'eau dans les canaux d'irrigation est compris entre 7,23 et 7,68. (Figure 29)



**Figure 29: pH des eaux superficielle**

Le pH est dans la gamme normale d'eau apte à l'irrigation. La norme est fixée entre pH 6.5 et 8.4. Dans la grille d'appréciation de la qualité globale des eaux superficielles, l'eau de surface au niveau du secteur sont dans la classe de qualité excellente pour le paramètre pH. (Tableau des pH sur annexe)



**CONCLUSIONS SUR L'ETAT  
DES SOLS ET DES EAUX  
D'IRRIGATION**

## Etat de référence des sols et des eaux :

### ❖ Le sol :

- Les sols du secteur Bouida en été ont un pH généralement basique à légèrement basique.
- Les sols affichent des conductivités de la pâte saturée inférieure à 4mS/cm ainsi aucun problème de salinité n'est observé, mais le suivi de ces paramètres sera très important lors des prochaines campagnes.
- Le Taux moyen de matière organique sur l'ensemble des échantillons tous les horizons confondus est de 2.10%.
- Les sols du secteur d'étude sont majoritairement non salins c'est-à-dire pauvres en sodium.
- Les terres du secteur sont majoritairement très stables à stable. Soit 73,15% des sols des sites d'observations sont très stable à stable.

### ❖ Les Ressources en eau :

#### Qualité des eaux d'irrigation :

- Les ressources en eaux de surface utilisées sur le secteur sont aptes pour l'irrigation car la salinité est faible.
- Les eaux souterraines ne présentent pas des risques de salinisation, elles ont des pH qui ne posent aucune contrainte pour l'irrigation. Les valeurs comprises dans les limites d'aptitude à l'irrigation fixées entre 6.5 et 8.
- Les puits analysés ne renferment pas des traces de résidu.

#### Effet de l'irrigation localisé dans le secteur :

Le système d'irrigation localisé permet de réduire le volume d'eau apporté aux cultures. En valeur absolue on réduit la quantité de sels apportés aux sols par l'eau d'irrigation.

Au niveau du bulbe humide l'apport d'eau par l'irrigation permet de lessiver les sels vers le pourtour du bulbe humide. Au centre de la bulle humide les sels sont lessivés et la salinité reste faible. Sur le pourtour de la bulle humide les sels auront tendance à s'accumuler. Faute d'un lessivage périodique, la salinité progressera vers le centre de la bulle humide dans les zones racinaires ce qui peut affecter à la longue la capacité d'absorption des racines. A l'échelle de la parcelle, l'irrigation localisée n'irrigue pas la totalité de la parcelle. Le volume

d'eau de drainage est fortement réduit voir absente. Faute de lessivage la totalité de sels apportés par les eaux d'irrigation s'accumulent dans le sol après chaque irrigation. Les risques de salinité des sols à long terme seront plus élevés dans le système d'irrigation localisé si mesures agronomiques d'accompagnement ne sont pas prises pour éliminer les sels.

## Bibliographie :

- **ORMVAH**, (2017) : Présentation de laboratoire pour la réalisation de campagnes d'analyses de caractérisation de référence des paramètres environnementaux, rapport d'enquête du secteur Bouda.
- **ORMVAH** (2010) : Etude de la qualité des eaux d'irrigation des secteurs concernés par le projet de reconversion des systèmes d'irrigation existants à l'irrigation localisé, Rapport interne, Marrakech.
- **BERROUCH H.** (2011) : Etude de la qualité des eaux d'irrigation et du sol dans le périmètre de Saada. Mémoire de fin d'études.
- Direction de l'Agriculture, du commerce et des forêts, 1951

## Webographie :

- <http://www.canaux-et-territoire.info/d2/index.php?post/2009/12/24/38-les-techniques-d-irrigation-i-irrigation-gravitaire>
- <http://saidi.ma/memoires/Kabbaj-elmostage.pdf>
- <http://cours.digischool.fr/biologie/Rapport-Lirrigation-goute-a-goute-avantages-et-inconvenients-12519.html>
- <http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/plaquette ORMVAH VF.pdf>
- [http://www.fourragesmieux.be/Documents\\_telechargeables/L\\_echantillonnage\\_des\\_sol\\_en\\_agriculture.pdf](http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/L_echantillonnage_des_sol_en_agriculture.pdf)
- <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/06-032.htm>
- <http://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/faq/23749-sol-pedologie-definition>
- [http://www.unifa.fr/fichiers/cd\\_ferti/dossiers/pdf/PI/2\\_SolConstituants.pdf](http://www.unifa.fr/fichiers/cd_ferti/dossiers/pdf/PI/2_SolConstituants.pdf)
- <https://www.jarrige.fr/la-composition-du-sol/>
- [http://www.grr.ulaval.ca/gae\\_3001/Labos/Docs/Analyse\\_granulo.pdf](http://www.grr.ulaval.ca/gae_3001/Labos/Docs/Analyse_granulo.pdf)
- <https://kita44.files.wordpress.com/2013/11/tp-calcimc3a9trie.docx>.
- [https://www.memoireonline.com/11/13/7973/m\\_Etude-de-la-salinite-des-sols-par-la-methode-de-detection-electromagnetique-dans-le-perimetre22.html](https://www.memoireonline.com/11/13/7973/m_Etude-de-la-salinite-des-sols-par-la-methode-de-detection-electromagnetique-dans-le-perimetre22.html)
- [http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/fp\\_sol\\_analyse.php3](http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/fp_sol_analyse.php3)
- <http://www.oiv.int/public/medias/2640/oiv-ma-bs-13.pdf>

## **La liste des annexes :**

<b>Annexe 1: les résultats d'analyses de sol .....</b>	<b>70</b>
<b>Annexe 2: les normes d'interprétation des sols .....</b>	<b>71</b>
<b>Annexe 3: les résultats d'analyse d'eau .....</b>	<b>73</b>
<b>Annexe 4: les normes d'interprétation des eaux.....</b>	<b>75</b>

## Annexes :

### Annexe 1: les résultats d'analyses de sol

Statistiques globales des analyses du sol Boudia :

	<b>EC ms/cm</b>	<b>%Matière organique</b>	<b>PH</b>
<b>MIN</b>	<b>0,54</b>	<b>1,28</b>	<b>7,03</b>
<b>MAX</b>	<b>2,73</b>	<b>3,34</b>	<b>8,88</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1,25</b>	<b>2,10</b>	<b>8,12</b>

Les statistiques des résultats par profil 0-20cm :

	<b>EC ms/cm</b>	<b>%Matière organique</b>	<b>PH</b>
<b>MIN</b>	<b>0.61</b>	<b>1.34</b>	<b>7.19</b>
<b>MAX</b>	<b>2.73</b>	<b>3.20</b>	<b>8.78</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1.28</b>	<b>2.14</b>	<b>8.09</b>

Les statistiques des résultats par profil 20-40cm :

	<b>EC ms/cm</b>	<b>%Matière organique</b>	<b>PH</b>
<b>MIN</b>	<b>0.54</b>	<b>1.28</b>	<b>7.03</b>
<b>MAX</b>	<b>2.04</b>	<b>3.34</b>	<b>8.88</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1.23</b>	<b>1.97</b>	<b>8.09</b>

Les statistiques des résultats par profil 40-60cm :

	<b>EC ms/cm</b>	<b>%Matière organique</b>	<b>PH</b>
<b>MIN</b>	<b>0.66</b>	<b>1.7</b>	<b>7.64</b>
<b>MAX</b>	<b>2.03</b>	<b>2.99</b>	<b>8.86</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1.25</b>	<b>2.38</b>	<b>8.33</b>

## Annexe 2: les normes d'interprétation des sols

Normes d'interprétation du pH :

Classe	Interprétation
6.0 à 6.5	Faiblement acide
6.5 à 7.5	Neutre
7.5 à 8.0	légèrement basique
8.0 à 8.5	Basique
8.5 à 9.0	Tendance alcaline
> 9.0	Très alcaline

**Tableau 13: répartition globale du PH par profil**

pH	0 – 20cm	20 – 40cm	40 – 60cm
<b>MIN</b>	7,19	7,03	7,64
<b>MAX</b>	8,78	8,88	8,86
<b>MOYENNE</b>	8,09	8,09	8,33

**Tableau 14: répartition globale du PH du sol par classe et par profil**

Classe	Interprétation	0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
6.0 à 6.5	Faiblement acide	-	-	-
6.5 à 7.5	Neutre	6%	6%	0
7.5 à 8.0	Légèrement basique	34%	28,50%	17%
8.0 à 8.5	Basique	46%	57%	50%
8.5 à 9.0	Tendance alcaline	14%	8,50%	33%
> 9.0	Très alcaline	-	-	-

Normes d'interprétation de la CE pâte saturée :

Classe (dS/m)	Interprétation
< 2	Non salé
2 à 4	Très peu salé
4 à 8	Peu salé
8 à 16	Salé
16 à 32	Fortement salé
> 32	Très fortement salé

**Tableau 15: répartition de la conductivité par profil**

Classe (mS/cm)	Interprétation	0-20cm	20-40cm	40-60cm
< 2	Non salé	89,00%	91,00%	92,00%
2 à 4	Très peu salé	11,00%	9,00%	8,00%
4 à 8	Peu salé	0,00%	0,00%	0,00%
8 à 16	Salé	0,00%	0,00%	0,00%
16 à 32	Fortement salé	0,00%	0,00%	0,00%
> 32	Très fortement salé	0,00%	0,00%	0,00%

**Tableau 16: répartition globale de la conductivité**

Classe (mS/cm)	Interprétation	%	Moyenne
< 2	Non salé	90,25 %	1,15 ms/cm
2 à 4	Très peu salé	9,75%	2,24 ms/cm
4 à 8	Peu salé	-	-
8 à 16	Salé	-	-
16 à 32	Fortement salé	-	-
> 32	Très fortement salé	-	-

**Tableau 17: répartition globale de la conductivité électrique par profil**

Conductivité (mS/cm)	0 – 20cm	20 – 40cm	40 – 60cm
<b>MIN</b>	<b>0,61</b>	<b>0,54</b>	<b>0,66</b>
<b>MAX</b>	<b>2,73</b>	<b>2,04</b>	<b>2,03</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>1,28</b>	<b>1,23</b>	<b>1,25</b>

Normes d'interprétation de la matière organique :

Teneurs de MO en %	Appréciation
> 6%	Très riche
3% à 6%	Riche
1,5% à 3%	Moyennement pourvu
0,7% à 1.5%	Pauvre
< 0.7%	Très pauvre

**Tableau 18: statistique des teneurs en matière organique par horizon**

Matière organique	0 – 20cm	20-40cm	40-60cm
<b>MIN</b>	<b>1,34</b>	<b>1,28</b>	<b>1,70</b>
<b>MAX</b>	<b>3,20</b>	<b>3,34</b>	<b>2,99</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>2,14</b>	<b>1,97</b>	<b>2,38</b>

**Tableau 19: répartition de la matière organique par horizon et par classe**

Teneur en matière organique %	Appréciation	0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
< 0.7%	Très pauvre	-	-	-
1.5% à 0.7%	Pauvre	2%	31%	-
1.5% à 3%	Moyennement pourvu	96%	60%	100%
6% à 3%	Riche	2%	9%	-
> 6%	Très riche	-	-	-

**Annexe 3: les résultats d'analyse d'eau****Tableau 20: répartition de la conductivité électrique dans la zone d'étude**

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
CE (mS/cm)	0.1 - 0.75	0.75 – 1.3	1.3 – 2.7	2.7 – 3.0	3.0 - 7.0
% de répartition	4	68	28	0	0

**Tableau 21: répartition de la salinité des eaux souterraines**

Salinité	Aucune restriction pour l'irrigation	Restriction modérée	Forte restriction pour l'irrigation
CE (mS/cm)	< 0.75	0.75 à 3.0	> 3
% de répartition	0	100	0

**Tableau 22: sites des prélèvements et de suivi des paramètres des eaux de surface**

Ressources	Raisonnement de choix des points de suivi	Nombre de points	Paramètres de caractérisation de l'Etat initial
Eaux superficielles	Les stations de pompage desservant le secteur Bouida. Les eaux sur quelques points des canaux d'irrigation.	8 Stations	Mesure au laboratoire : CE, pH, Ca et Mg

Résultats d'analyses des paramètres des eaux souterraines :

Sites	pH	EC (mS/cm)
B1	7,23	1,13
B2	7,29	1,32
B3	7,42	1,24
B4	7,38	1,61
B5	7,26	1,23
B6	7,4	1,08
B7	7,2	1,54
B8	7,11	1,27
B9	7,21	1,21
B10	7,24	1,52
B11	7,3	1,43
B12	7,12	1,1
B13	7,3	1,16
B14	7,18	1,05
B15	7,24	1,13

Statistiques des résultats d'analyses des paramètres des eaux souterraines :

	<b>EC ms/cm</b>	<b>PH</b>
<b>MIN</b>	7.11	0.74
<b>MAX</b>	7.44	1.61
<b>MOYENNE</b>	7.25	1.18

**Tableau 23: sites de prélèvements et de suivi des paramètres des eaux souterraines**

<b>Ressources</b>	<b>Raisonnement de choix des points de suivi</b>	<b>Nombre de points</b>	<b>Paramètres de caractérisation de l'Etat initial</b>
<b>Eaux souterrains</b>	-Représentativité spatiale de l'ensemble de secteur. -Accessibilité aux points de suivi des eaux souterraines.	15 puits	<b>Mesure in situ :</b> Niveau piézométrique Mesure au laboratoire : CE, pH, Ca et Mg

**Tableau 24: la répartition du pH dans la zone d'étude**

<b>Classe de qualité</b>	<b>Excellente</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Mauvaise</b>
pH	6.5 -8.5	8.5 – 9.2	3 – 6.5 et 9.2-10
% de répartition	100	0	0

#### **Annexe 4: les normes d'interprétation des eaux**

Grille d'évaluation de la qualité des eaux souterraines : paramètre CE (Normes Ministère Energie, Mines Eaux et Environnement) :

<b>Classe de qualité</b>	<b>Excellente</b>	<b>Bonne</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Mauvaise</b>	<b>Très mauvaise</b>
CE (mS/cm)	0.1 -0.75	0.75 – 1.3	1.3 – 2.7	2.7 – 3.0	3.0 7.0

Grille d'évaluation de la qualité des eaux souterraines : paramètre pH (Normes Ministère  
Energie, Mines Eaux et Environnement :

Classe de qualité	Excellente	Moyenne	Mauvaise
pH	6,5 -8,5	8,5 – 9,2	3,0 – 6,5 et 9,2 – 10,0