

Université Abdelhamid Ben
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Tachour El-Alia

Haloui Samira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

**Spécialité : GESTION CONSERVATOIRE DES EAUX, DES SOLS ET DE
L'ENVIRONNEMENT**

THÈME

*Evolution de la conductivité hydraulique dans un sol aménagé et non
aménagé par la méthode de Porchet au niveau de station d'El-Hmadna
(INRAA)*

Soutenu publiquement le 16 /09/2018

DEVANT LE JURY

Président	Bouelam Abdelkader	Université de Mostaganem
Encadreur	Haddad Ahmed	Université de Mostaganem
Examineur	Tahri Miloud	Université de Mostaganem
Co-encadreur	Gorine Mohammed	INRAA,Hmadna ,Relizane

REMERCIEMENT

AU TERME DE CE MODESTE TRAVAIL,
JE TIENS À EXPRIMER MES VIFS ET SINCÈRES
REMERCIEMENTS À TOUS CEUX QUI DE
PRÈS OU DE LOIN M'ONT PERMIS D'ÉLABORER CE
PRÉSENT MÉMOIRE ET PLUS PARTICULIÈREMENT À
M HADAD , M GORINE ET POUR SON AIDE ET
ASSISTANCE.

AUX MEMBRES DE JURY QUI M'ONT FAIT L'HONNEUR
DE L'EXAMINER.

A TOUTES LES PERSONNES AUX QUELLES J'ÉPROUVE
UN TRÈS GRAND RESPECT ET QUI M'ONT PERMIS
D'ACQUÉRIR DE GRANDES CONNAISSANCES. JE VOUS
SOUHAITE TOUT LE BONHEUR.

DÉDICACE

C'EST AVEC UNE GRANDE MODESTIE ET UN PLAISIR QUE JE DÉDIE

CE TRAVAIL À :

MES PARENT, TU ES L'EXEMPLE DE DÉVOUEMENT QUI N'A PAS CESSÉ DE

M'ENCOURAGER ET DE PRIER POUR MOI

MA FAMILLE HALOUI

À TOUTES MES AMIES SURTOUT MON BINÔME SARAH

DÉDICACE

C'EST AVEC UNE GRANDE MODESTIE ET UN PLAISIR
QUE JE DÉDIE

CE TRAVAIL À :

MES PARENT, TU ES L'EXEMPLE DE DÉVOUEMENT QUI
N'A PAS CESSÉ DE

M'ENCOURAGER ET DE PRIER POUR MOI

MA FAMILLE TACHOUR

A MA PROMOTION DE MESTER 2

A TOUTES MES AMIES SURTOUT

SOFIA ,SAMIRA, TAOUSSE ET ISMAIL

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Les mots des abréviations

Résumé

Introduction1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité sur le sol et l'eau

1. Définition du sol	3
1.2 Les horizons des Sols	4
1.2.1 Texture.....	4
1.2.2 Structure.....	5
1.3 Propriété des sols	6
1.3.1 Réaction chimique du sol (le pH).....	6
1.3.1.2 Définition du pH.	6
1.3.1.3 Mesure du pH	7
1.3.1.4 Normes d'interprétation du pH	7
1.3.2 La conductivité électrique CE	7
1.3.2.1 Définition	7
1.3.3 La densité apparente	8
2. Définition de l'eau	8
2.1 Caractérisation de l'eau du sol.....	9
2.2 L'infiltration de l'eau dans le sol.....	10
2.3 Méthode de Porchet	10
2.4 Perméabilité du sol	11

Chapitre II :La salinisation des sols

1-Les sols salés	13
2.Les sols salés dans le monde et en Algérie.....	13
2.1 Sols salés dans le monde.....	13
2.2 En Algérie	14

Chapitre III: Présentation de la zone d'étude

1 -Présentation de site d'étude	16
2- Conditions climatiques	18
2.1- Précipitations et températures	19

2.2-Humidité	21
2.3 -Vent	22
3 - Géologie et géomorphologie	22
3-1 Les glaciers colluvionnaires	23
3-2 La plaine alluviale	23
3-3 Les lits des oueds actuels	23
3-4 La Sebkha de Benzine.....	24
3-5 La Gaa	24
4 - Ressources en eau	26
4-1 Les ressources en eaux superficielles	26
5- Hydrologie et hydrogéologie	28
6- Périmètre irrigué	29
7-Drainage	30
8-Occupation du sol	32

Partie Expérimental

Chapitre IV : Matériel et Méthode

1- Situation de la Parcelle d'étude	33
2- Echantillonnage et dispositif sur le terrain.....	33
3- Méthodes d'analyse	34
3.1 Paramètres physiques et chimiques	34
3.1.1 Granulométrie	34
3.1.2 Densité apparente	34
3.1.3 Conductivité électrique	34
3.1.4 Humidité	35
3.2-Caractérisation des profils.....	35
3.2.1 Caractérisation du profil C2P1	35
- Données générales	
- Description morphologique du profil	
3.2.2 Caractérisation du profil C2P2	35
- Données générales	
- Description morphologique du profil	
3.2.3 Caractérisation du profil C1P3.....	36
- Données générales	
- Description morphologique du profil	

3.2.4	Caractérisation du profil C1P4.....	37
	- Données générales	
	- Description morphologique du profil	
3.2.5	Caractérisation du profil B2P5.....	37
	- Données générales	
	- Description morphologique du profil	
3-2-6	Caractérisation du profil B2P6.....	38
	- Données générales	
	- Description morphologique du profil	
3.3-	Le matériel utilisé	39
	Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude comprend :	
3.4-	La méthode choisie (méthode de porchet) :	39

Chapitre V

Résultat et discussion :

1-	Analyses granulométriques du sol.....	41
1.2.	La conductivité électrique (CE):	42
1.3.	L'humidité H.....	42
1.4	La densité apparente.....	43
1.5	La conductivité hydraulique.....	43
	Conclusion.....	47

Référence bibliographiques

Liste du tableau

Liste du tableau

Tableau N :1 Classe de perméabilité en fonction de la valeur de K (CTGREF. 1979)

Tableau N :2 Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Tableau N :3 Superficies des zones arides d'Algérie en 103 Km² (Le Houerou, 1995)

Tableau N :4 Données pluviométriques (2000-2016), (Source :station de l'INRAA Hmadna)

Tableau N :5 Humidité de la station de Hmadna (Avril2016-Mars 2017)

Tableau N :6 Le vent de la station d'El Hmadna (Avril 2016- Mars 2017)

Tableau N : 7 Résultats des analyses granulométriques du sol

Tableau N : 8 les résultats de la densité apparente dans un sol aménagé

Tableau N : 9 les résultats de la conductivité électrique dans un sol aménagé

Tableau N : 10 les résultats de la densité apparente dans un sol non aménagé

Tableau N : 11 les résultats de la conductivité électrique dans un sol non aménagé

Tableau N : 12 les résultats de l'humidité dans un sol non aménagé

Listes des figures

Fig . 1- Les trois phases d'un sol moyen (Robert et Cheverry ;1996).....	3
Fig . 2- Profil hydrique (Note de cours physique du sol).....	9
Fig. 3 - Evolution général du régime d'infiltration et de l'infiltration cumulative au cours	10
Fig .4- Carte de la situation géographique du site d'étude (épingle en jaune)	16
Fig .5- Localisation de site d'étude (Google Earth 2016).....	17
Fig. 6- Image aérienne de l'INRAA El Hmadna (Google Earth, 2016).....	17
Fig .7- Carte des étages bioclimatiques du bassin de Chélif.....	18
Fig .8- Histogramme des Température moyennes mensuelle (2000 à 2016) Station INRAA Hmadna Relizane.....	20
Fig .9- Diagramme ombrothermique de la station climatique d'El Hmadna (2000- 2016).....	21
Fig.10- Carte des sols du site d'Hmadna (Durand, 1956).....	25
Fig .11- Réseau hydrographique et principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas- Chélif.....	27
Fig.12- Qualité des eaux des barrages de Gargar et de Merdjet Sidi Abed (ABH- CZ-Chleff zaherz 2002).....	28
Fig.13- Ressources en eau souterraines dans le bassin hydrographique Chlef- Zahrez (Source :ABH-CZ ,2006).....	29
Fig.14- Principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif.....	30
Fig .15- Schéma des réseaux de drainage (INRAA-EL Hmadna).....	31
Fig.16- localisation de la zone d'étude.....	33
Fig.17- représentation graphique de la conductivité hydraulique en fonction de temps dans un sol aménagé	44
Fig.18-- représentation graphique de la conductivité hydraulique en fonction de temps dans un sol non aménagé	45

Résumé

L'objectif de ce travail qui consiste à déterminer in situ la conductivité hydraulique de différentes parcelles aménagées et non aménagées au niveau de la station expérimentale INRAA Hmadna, en adoptant la méthode de Porchet. Il envisage l'étude de la variation spatiale de ce paramètre au niveau de chaque profil afin de classer les sols de la région selon leur capacité d'infiltration. En pratique, des trous sont réalisés à la profondeur 60 cm. Ils sont remplis d'eau claire afin de mesurer la vitesse d'absorption. Dans le terrain, il faut mesurer le volume d'eau introduit pendant la durée du test, volume nécessaire pour maintenir le niveau constant dans le trou. L'interprétation des résultats des analyses du sol obtenues remarque que les valeurs de la conductivité hydraulique sont bien engendrées dans la gamme des sols moyennement perméables à l'exception d'une parcelle qui est peu perméable. On tire une conclusion que nous n'avons noté aucune différence sur le plan de la perméabilité du sol pour les deux parcelles étudiées et pour les différents profils. La tendance de la cinétique de l'infiltration au niveau du sol se manifeste suivant une allure décroissante jusqu'à la saturation du sol.

Les mots clé : Sol, conductivité hydraulique, perméabilité, méthode porchet, sol aménagé et non aménagé

الهدف من هذا العمل هو تحديد الموصلية الهيدروليكية للعديد من قطع الأراضي المبنية والمتخلفة في المحطة التجريبية

INRAA Hmadna

، اعتماد طريق

. وينظر في دراسة التباين المكاني لهذه المعلمة على مستوى كل بروفيل من أجل تصنيف تربة المنطقة وفقاً لقدرتها على Porchet التسلسل. في الممارسة، يتم إجراء ثقوب على عمق 60 سم. وهي مملوءة بالمياه النقية لقياس معدل الامتصاص في الحقل. فمن الضروري قياس حجم المياه التي أدخلت خلال مدة الاختبار، الحجم اللازم للحفاظ على المستوى الثابت في الحفرة. إن تفسير نتائج تحاليل التربة التي تم الحصول عليها يشير إلى أن قيم الموصلية الهيدروليكية يتم توليدها بشكل جيد في نطاق التربة القابلة للنمو بشكل معتدل باستثناء قطعة غير قابلة للاختراق بشكل كبير. نخلص إلى أننا لم نلاحظ أي اختلاف في نفاذية التربة للقطعتين المدرستين وللمحطات المختلفة. يتجلى اتجاه حركية تسلسل التربة بمعدل تنازلي لتسبغ التربة.

INTRODUCTION

La cinétique des processus de transfert d'eau dans le sol intéresse de nombreux domaines d'étude parmi lesquels l'agronomie, le génie civil, la protection de l'environnement et bien entendu, la physique du sol. La gestion raisonnée des fertilisants et pesticides pour la protection des eaux souterraines ne peut être menée à bien sans la connaissance des paramètres permettant de prédire la dynamique de l'eau dans les couches de surface. La lutte contre l'érosion et pour le maintien de la fertilité des sols exige la quantification des phénomènes de ruissellement de surface. La conductivité hydraulique K du sol constitue, pour les modèles mécanistes de transfert d'eau et de soluté, un paramètre incontournable.

En raison de la sensibilité des propriétés hydrodynamiques à la structure du sol, la mesure in situ présente un avantage déterminant sur les méthodes de laboratoire (**Hussen et Warrik, 1993**). Les méthodes de terrain permettant une mesure rapide et non destructive répondent donc à un besoin tout à fait essentiel. L'essai d'infiltration de l'eau dans le sol par la méthode de Porchet consiste à creuser un trou dans un sol, puis à le saturer d'eau pendant un certain temps.

Le sol est en permanence soumis à des flux hydriques qui s'y infiltrent plus ou moins profondément. Ces mouvements se font latéralement mais aussi verticalement sous l'effet de la gravité, de la capillarité, de l'évapotranspiration...etc. L'évaluation de ces flux à une importance considérable dans de nombreux domaines : connaître et mesurer les quantités d'eau qui ruissellent, celles qui vont servir à l'alimentation des plantes, celles qui vont s'évaporer ou pénétrer en profondeur pour remplir les nappes souterraines (**Thomas, 2011**).

Généralement, la pédogenèse des sols est dominée par l'action de l'eau et des sels. En effet, les sols de la plaine du Bas Cheliff soumis le plus souvent à l'action d'une nappe phréatique moins profonde, qui souffre actuellement d'une dégradation d'origine naturelle et anthropique. Cette dégradation est causée généralement par les eaux d'irrigation chargées en sel, la fluctuation de la nappe souterraine et élévation du pourcentage en argile.

Dans ce contexte nous avons inscrit ce travail qui consiste à déterminer in situ la perméabilité de différentes parcelles au niveau de la station expérimentale INRAA Hmadna, en adoptant la méthode de Porchet. Il envisage l'étude de la variation spatiale de ce paramètre au niveau de chaque profil a fin de classer les sols de la région selon leur capacité d'infiltration.

Cette classification sert à résoudre plusieurs problématiques à titre d'exemple : la construction de système de drainage, le transfert des polluants dans les eaux souterraines et la remonté des nappes, ...etc.

Le manuscrit est construit de cinq chapitres, dont la première, est une approche bibliographique faisant l'état des connaissances sur les principales notions des sols et l'eau. Le deuxième chapitre portes sur les sols salés et de leur situation dans le monde et en Algérie Dans le troisième chapitre essentiellement sur la présentation de la zone d'étude. Nous avons abordé la méthodologie de travail choisie et le matériel utilisé. Dans le quatrième chapitre. En fin dans le dernier chapitre, nous avons présenté et discuté les résultats obtenus achevés par une conclusion.

Chapitre I .Généralité sur le sol et l'eau

1. Définition du sol

Le sol peut être défini comme un système poreux à trois phases dépendantes les unes des autres.

La phase solide (matrice), composé de deux sortes d'élément :

- a) Les éléments minéraux constitués de particules de taille et de forme diverse (graviers, sables, limons, argiles, oxydes de fer, d'aluminium, etc.....)
 - b) Les éléments organiques constitués de débris végétaux ou animaux en état de décomposition plus ou moins avancée
- La phase liquide appelé aussi solution du sol, composée de l'eau du sol additionnée de substance dissoute provenant de l'altération des roches, de la décomposition des matières organiques et des apports par l'Homme.
 - La phase gazeuse, représentée par l'air du sol de composition assez similaire à celle de l'air atmosphérique (N_2 , O_2 , CO_2 , traces de gaze rares et vapeur d'eau) avec toutefois davantage de CO_2 et moins d' O_2 , étant donné l'activité biologique dans le sol.

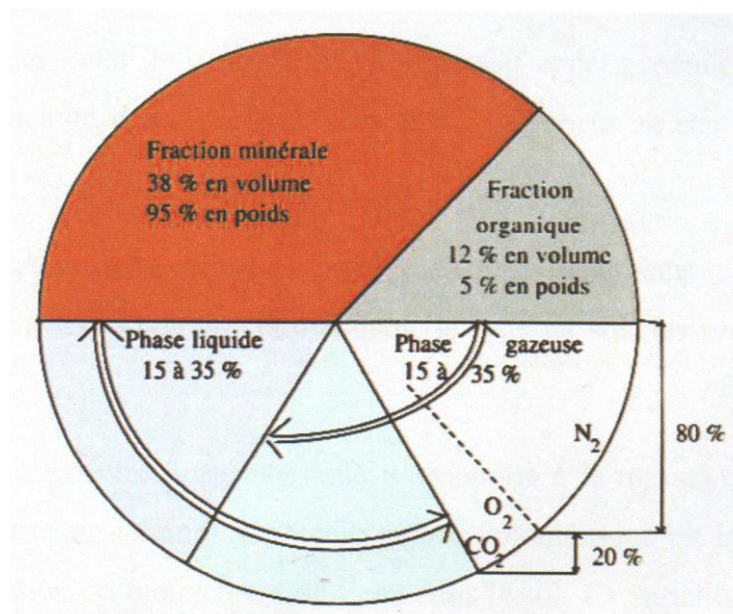


Fig.1 Les trois phases de la d'un sol moyen (Robert et Cheverry ,1996)

L'importance relative des phases liquide et gazeuse, ainsi que leurs compositions, varient fortement dans le temps et l'espace. Lorsque la fraction gazeuse est absente, on parle de

milieu saturé et dans le cas où les trois phases sont présentes, le sol est dit non saturé (**Mermoude, 1995**).

1.2 Les horizons des Sols

Le sol, appelé «couverture pédologique» dans le Référentiel Pédologique (**Baize et Girard, 1995**) est généralement divisé en plusieurs strates, appelés «horizons». La couverture pédologique résulte de l'action combinée de facteurs climatiques, de l'activité biologique, du relief, de l'eau et du substrat à travers le temps (**Baize D., Jabiol B. (1995)**).

Ces horizons ont des caractéristiques distinctes induites par les processus de formation du sol. Les horizons majeurs sont notés O, A, E, B et C. Chaque sol ne contient pas Chaque horizon, c'est fonction de son niveau de développement. L'épaisseur des horizons varie selon les sols.

On distingue généralement cinq types d'horizons :

Horizon A: est un horizon de surface, constitué surtout de matières organiques et soumis un fort lessivage qui l'appauvrit en éléments fins et en fer.

Horizon B: est un horizon enrichi par illuvion en éléments fins et amorphes: argiles, oxydes de fer et d'aluminium, humus. Cet horizon est souvent appelé horizon «structural» ou d'altération différant de la roche mère par son plus fort degré d'altération (présence de Fe_2O_3 libre) (**Feller C., 1998**).

L'horizon C: est un horizon correspondant au matériau originel à partir duquel se forment les horizons A et B supérieurs. Il est peu différent de l'horizon RM désignant la roche mère non altérée.

L'horizon G: est un horizon de couleur gris verdâtre, caractéristique des sols hydromorphes, riche en fer ferreux, avec des taches de couleur rouille (fer ferrique) se formant au contact de l'oxygène encore présent dans la zone de battance de la nappe phréatique (**Girard M., Walter C., Rémy J., Berthelin J., Morel J. 2005**).

L'horizon G: roche dure sous jacente

1.2.1 Texture

Selon (**Girard M., Walter C., Rémy J., Berthelin J., Morel J. 2005**), la texture du sol dérive du mot tissu, tissage du latin « texture » et concerne uniquement la phase solide, exprime le mode d'arrangement des constituants des roches et renseigne sur la gamme de tailles des particules élémentaires du sol d'une manière qualitative (matériau sol grossier et rugueux ou fin et moelleux) et (**Baize D. 2000**), ce terme désigne la façon selon laquelle s'arrangent géométriquement et durablement les éléments solides élémentaires (sables, limons, argiles, matières organiques) dans le sol en formant ou non des volumes

élémentaires macroscopiques appelés agrégats. (**Anguela T. P., 2004**), affirme que même si le concept de structure du sol soit universel, il fait l'objet de plusieurs définitions, et il est possible de classer ces définitions selon trois tendances, une définition simplifiée de la structure comme étant la manière d'assemblage les divers constituants du sol, une deuxième définition fait intervenir les liaisons établies entre les particules constitutives du sol et enfin une conception plus générale intégrant les propriétés déterminantes de la structure. Ceci induit éventuellement selon (**Henin S., 1976,**) à deux grandes subdivisions. La première concerne la forme et la dimension des particules, la seconde les conséquences de leur assemblage quantitative (proportion des divers tailles des particules) (**Gras R., 1988**). Selon la texture du sol, deux catégories sont respectivement désignés : un sol à texture fine ou légère si les particules sont petites (<2 m) possédant des propriétés colloïdales, et à texture grossière ou lourde comportant des particules suffisamment grandes (**Hillel D., 1988**), comprises entre 2 et 50 m (**Gras R., 1988**)

En fait, la connaissance de la texture du sol est très importante car cette dernière conditionne le comportement du sol et détermine les propriétés physiques et chimiques ainsi qu'hydrauliques (propriétés de rétention en eau, la conductivité hydraulique) (**Kholladi M., kholladi. M.N., 2009**)

1.2.2 Structure

La reconnaissance de la structure demeure une étape pertinente dans chaque étude du sol, en effet, plusieurs définitions sont adoptées dans la littérature scientifique, pour

Toutes ces définitions de la notion de la structure du sol peuvent s'appliquer selon (**Annabi M., 2005**), aux assemblages des particules élémentaires d'argile (quelques micromètres) aux éléments structuraux (de quelques micromètres à quelques centimètres) jusqu'aux unités pédologiques.

Alors que pour (**Baize D., Jabiol B. 1995**), la structure est une propriété qui s'exprime plus ou moins et différemment au cours du temps, selon des cycles saisonniers ou même plus courts, selon les accidents météorologiques. (**Hillel D., 1988**) note à ce propos que la structure du sol est l'arrangement géométrique de ses éléments solides dans le sol en place.

Selon (**Musy, A., et Soutter, M. 1991**), la définition de la structure peut se faire selon deux approches complémentaires: la première se base essentiellement sur le mode d'arrangement des éléments constitutifs de la phase solide du sol, alors que la seconde s'oriente vers la description du réseau des agrégats générée par la structuration du sol. Pour

les deux approches, l'analyse se base essentiellement sur des critères géométriques dont leur évaluation se fait par des méthodes non destructives.

Pour avoir une approche complète et globale, la structure du sol devait être décrite par l'association des ses particules constitutives à différentes échelles (**Hillel D.,1988,**). Mais pour de multiples raisons, historiques, techniques et scientifiques, on limite souvent l'étude de la structure du sol aux échelles des assemblages des particules élémentaires appelées agrégats(**Calvet, R. 2003**).(Kholladi M., kholladi. M.N., 2009). Définit les agrégats comme des assemblages de particules primaires liées entre elles d'une manière plus intense qu'avec les particules qui les entourent. Les agrégats sont donc délimités par des surfaces de moindre résistance qui prennent naissance sous l'action de perturbations mécaniques d'origine naturelle (pédogenèse) ou anthropique (travail du sol) (**Calvet, R. 2003**).Ces agrégats assemblés donneraient naissance à des volumes de taille de plus en plus importante : ce sont les agglomérats ou les mottes que l'on peut observer en étudiant morphologiquement la forme et la taille ; des éléments structuraux visibles sur le terrain (**Henin S., 1976,**) . De ce fait on distingue une microstructure caractérisée par la distribution des agrégats en fonction de leurs tailles, et une macrostructure correspondant à la distribution des mottes.

1.3Propriété des sols

1.3.1 Réaction chimique du sol (le pH)

1.3.1.2 Définition du pH

Le pH est une des premières caractéristiques du sol étudiée dans le cadre d'un état de fertilité. En effet, il est une expression des conditions physico-chimiques qui président en partie à la structuration du sol (porosité pour l'eau et pour l'air), à l'activité microbienne (humification et minéralisation de la matière organique) et à la disponibilité des éléments majeurs ou des oligoéléments (**Colinet et al., 2005**).

Les sols peuvent avoir une réaction acide ou alcaline; d'autres peuvent être neutres. On mesure la réaction chimique du sol d'après la valeur de son pH. La valeur du pH varie de 0 à 14, le pH = 7 correspondant à une réaction neutre. Des valeurs inférieures à 7 indiquent que le sol est acide; des valeurs supérieures à 7 indiquent que le sol est alcalin. Plus le pH s'éloigne de la neutralité, plus fortes sont l'acidité ou l'alcalinité.

1.3.1.3 Mesure du pH

La méthode la plus exacte pour mesurer le pH du sol consiste à utiliser un pH mètre électrique qui donne directement la valeur du pH quand on plonge des électrodes en verre dans une solution obtenue en mélangeant une part d'échantillon de sol avec deux parts d'eau distillée. Les laboratoires d'analyse des sols possèdent cet appareil.

Pour obtenir une idée générale du pH du sol, on peut utiliser sur le terrain du papier de tournesol et des révélateurs de couleur. Le papier de tournesol, qui vire au rouge dans une solution acide et au bleu dans une solution alcaline. On en trempe une partie dans une suspension de sol composée d'une part de sol et de deux parts d'eau distillée. Suivant le mode d'emploi, on mélange normalement un petit échantillon de sol avec un peu d'eau distillée et un produit chimique. On y ajoute quelques gouttes d'un indicateur. La couleur de la solution change, et on se reporte au tableau coloré fourni avec la trousse d'analyse pour voir à quelle valeur de pH correspond la couleur obtenue.

1.3.1.4 Normes d'interprétation du pH

Pour avoir de bonnes conditions de production, le pH du sol ne doit être ni trop acide ni trop alcalin. Il devrait se situer de préférence entre pH 6,5 et pH 8,5. Les sols ayant un pH inférieur à 5,5 sont trop acides et les sols ayant un pH supérieur à 9,5 sont trop alcalins.

En effet, lorsque le pH est près de la neutralité (pH=7), la disponibilité des éléments nutritifs essentiels contenus dans le sol est maximale. La plante peut alors puiser tout l'azote le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et les oligoéléments nécessaires à sa croissance. Par contre, si le pH est trop acide (pH), certains éléments toxique deviennent disponible, tel l'aluminium, le fer, le cuivre et le zinc .ceux-ci prennent la place des éléments nutritifs essentiels dans le métabolisme de la plante et peuvent grandement l'affecter.

1.3.2 La conductivité électrique CE

1.3.2.1 Définition

La salinité est quantifiée en termes de la concentration totale de ces sels solubles, ou plus concrètement, en termes de conductivité électrique de la solution, parce que les deux sont étroitement liés (USSSL, 1954).

La conductivité, inverse d'une résistivité (en ohms), a longtemps été exprimée en mhos (en inversant l'ordre des lettres). Dans le système international on se réfère désormais

au Siemens (S), et à ses subdivisions (milli = m et micro = μ), pour exprimer une conductivité électrique (**FAO, 1988**):

$$1\text{dS/m} = 1\text{mS/cm} = 1\text{mmhos / cm} = 0.1\text{ S/m} = 1000\ \mu\text{S/cm}.$$

1.3.3 La densité apparente :

La densité apparente est un poids par unité de volume, normalement exprimé en gamme par centimètre cube (g/cm³). L'eau a une densité de 1g/cm³ (à 4°). Deux types de mesures de densité sont utilisés généralement pour les sols. La densité réelle (d_r) correspond à la densité d'une terre sèche désagrégée : la moyenne pour le sol est de 2,65g/cm³ la densité apparente (d_a) correspond au poids sec d'un volume du sol séché à 105°C. Ce volume comprend aussi bien les solides que les pores. Elle est mesurée par la méthode des cylindres en utilisant les échantillons non perturbés. Connaissant le poids sec constant des échantillons à 105°C et le volume des cylindres des prélèvements utilisés (**Blake et Hartage, 1986**). La densité apparente du sol traduit globalement l'état de compaction du matériau et indirectement, la porosité totale (**Alongo et Kambele, 2013**).

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est, en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (**Chawel, 1977**). Elle permet, en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la des racines (**Maertens, 1964**), la cohésion de horizon (**Yoro, 1983 ; Yogo et Assa, 1986**), et la réserve en eau du sol (**Henin et al, 1969**).

2. Définition de l'eau

L'eau est retenue principalement dans les pores ou par interaction avec les minéraux argileux. La quantité d'eau retenue dépend de plusieurs facteurs: la nature des constituants du sol, sa structure et des conditions climatiques (température, humidité, etc.). Elle est donc très variable, à la fois dans l'espace et dans le temps. Cet aspect quantitatif de rétention est complété par un aspect énergétique lié à l'intensité avec laquelle l'eau retenue à diverses contraintes (pression, gravité) qui déterminent sa mobilité et par conséquent son transport et sa biodisponibilité.

L'eau joue un rôle très important dans tous les phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui se produisent dans le sol. La disponibilité de l'eau dans le sol peut être divisée en quatre niveaux:

- Le niveau de saturation en eau,
- La capacité de champ,

- Le point de flétrissement,
- Le niveau extra sec.

2.1 Caractérisation de l'eau du sol

Pour caractériser l'état de l'eau dans le sol, on fait appel généralement à deux types d'informations : la quantité d'eau présente dans le sol (la teneur en eau du sol) et son état énergétique.

La teneur en eau du sol exprime la quantité d'eau présente dans le sol en un moment donné. Elle varie selon les conditions climatiques, le type de sol, les prélèvements par les végétaux.

On distingue la teneur en eau massique W (rapporté à la masse) et la teneur en eau volumétrique θ (rapporté au volume). La teneur en eau volumétrique est la plus utilisée dans les modèles de simulation du mouvement de l'eau dans le sol. La variation de cette dernière en fonction de la profondeur constitue le profil hydrique d'un sol qui varie avec le temps.

Le stock d'eau à une profondeur z donnée, correspond à la surface délimitée par le profil hydrique, l'axe des abscisses, l'axe des ordonnées et la droite $y=z$ (**figure .2**)

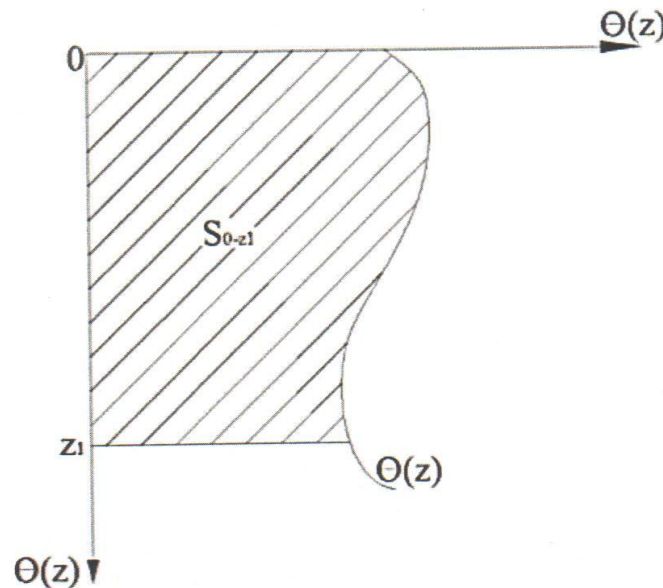


Fig.2 Profil hydrique (Note de cours physique du sol)

2.2 L'infiltration de l'eau dans le sol

D'une manière générale, l'infiltration qualifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol lorsque celui-ci reçoit une averse ou s'il est soumis à une submersion. L'eau d'infiltration remplit en premier lieu les interstices du sol et des forces de succion (Musy et Higy, 2003). Le flux $i(t)$ d'eau qui pénètre dans le sol en surface est appelé Régime d'infiltration. Il est exprimé en mm /h. Il dépend fortement du régime d'alimentation (irrigation, pluie) et des propriétés du sol. Le volume total d'eau infiltrée pendant une période donnée est désigné par l'infiltration cumulative $I(t)$ Elle est égale à l'intégrale dans le temps du régime d'infiltration.

$$I(t) = \int i(t) \cdot dt$$

La conductivité hydraulique à la saturation est la limite du taux d'infiltration lorsque le temps tend vers l'infinie comme le montre la figure 3 (Musy et Higy, 2003).

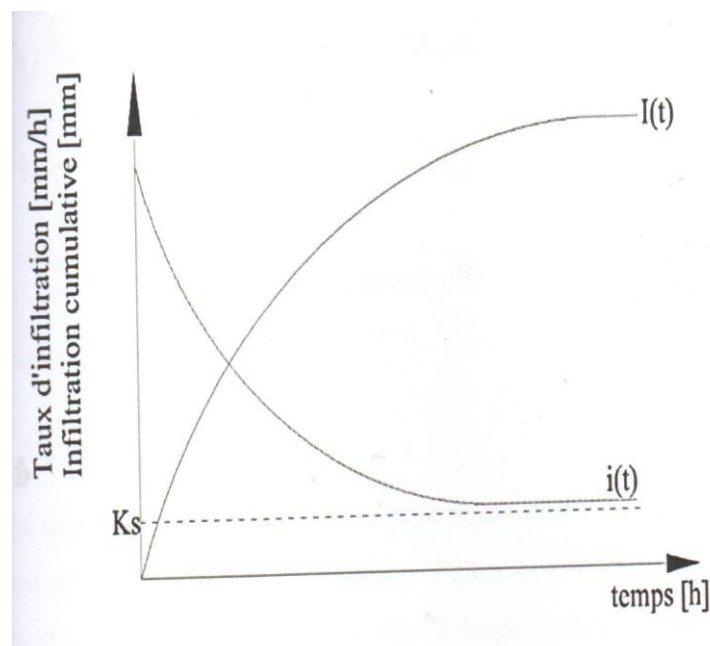


Fig. 3 Evolution générale du régime d'infiltration et de l'infiltration cumulative au cours du temps

2.3 Méthode de Porchet :

La méthode de Porchet porte le nom de son concepteur qui l'a mis au point pour déterminer la perméabilité en place. Aux États-Unis, on utilise une méthode ressemblante appelée « percolation rate » ou test de percolation.

Cette méthode peut se faire à niveau variable dont on suit l'abaissement du niveau de l'eau en fonction du temps dans le trou. Ou à niveau constant là où le principe est de suivre le volume d'eau à apporter dans le trou pour pouvoir garder un niveau d'eau constant (Colombani et al, 1973 ; Roederer, 1987 ; Chossat, 2005).

La méthode Porchet, bien qu'elle ne donne pas des résultats exacts en valeur absolue, est, dans la plupart des cas, très satisfaisante du point de vue ordre de grandeur, elle est de plus commode d'emploi sur le terrain.

Tableau N-1 Classe de perméabilité en fonction de la valeur de K (CTGREF. 1979)

cm.s^{-1}	mm.h^{-1}	m.s^{-1}	m.j^{-1}
Sols imperméables			
10^{-5}	0,36	10^{-7}	0,0087
Sols peu perméables			
10^{-4}	3,6	10^{-6}	0,0864
Sols moyennement perméables			
10^{-3}	36	10^{-5}	0,864
Sols perméables			
10^{-2}	360	10^{-4}	8,64
Sols très perméables			

2.4 Perméabilité du sol :

Le terme perméabilité que nous utilisons ici correspond en fait à la vitesse de filtration définie par DARCY et RITTER dans leur formule expérimentale

$Q = KSI$ connue sous le nom de « Loi de Darcy », le coefficient IC. ou coefficient de Darcy a les dimensions d'une vitesse. PORCHET définissait le coefficient de perméabilité k comme la fraction du volume' de sol accessible à l'eau en mouvement, c'est-à-dire comme le rapport entre le volume d'eau qui s'écoule du sol saturé (volume d'eau libre ou gravitaire) et le volume total du dit sol (assimilation à la porosité efficace). En réalité k coefficient de perméabilité a les dimensions d'une surface, dépend de la porosité et de la granulométrie du sol ; il est lié à IC par l'équation :

$$K = ky/\mu$$

Y et μ étant respectivement le poids spécifique et la viscosité du fluide, ici l'eau. Pour des raisons de commodité et de concision, nous préférons continuer à utiliser le terme

«perméabilité» (OU« coefficient de perméabilité»), au lieu de « vitesse de filtration» ou de (coefficient de Darcy) pour désigner le coefficient K

Selon les utilisateurs, l'emploi d'un coefficient de perméabilité est variable. Par exemple, l'ingénieur de Génie rural l'utilisera pour déterminer les possibilités et les modalités de l'irrigation et du drainage sur les sols travaillés. Pour les hydrologie il s'agit essentiellement d'évaluer la capacité d'infiltration d'un sol travaillé ou naturel vis-à-vis de l'eau de pluie, et à l'occasion, d'évaluer les possibilités de déplacement de l'eau dans le sol au niveau des nappes phréatiques. Nous nous limitons dans cet article à la mesure des perméabilités en place. En effet, si la mesure au laboratoire sur un échantillon remanié donne une valeur de la perméabilité caractéristique d'un sol et peut aider au classement des sols, la perméabilité ainsi déterminée n'a qu'un lointain rapport avec la perméabilité en place. Il y a bien des méthodes de prélèvement d'échantillons intacts en place pour la mesure au laboratoire, mais ces méthodes sont longues, délicates et coûteuses et sont en définitive peu adaptées à des mesures en grande série, nécessaires à l'hydrologue travaillant sur un bassin versant d'une certaine importance. Deux méthodes assez dissemblables sont disponibles : la méthode de Muntz et la méthode Porchet.

Dans le cadre d'une étude de synthèse des bassins versants représentatifs de l'O.R.S.T.O.M. en Afrique de l'Ouest, les hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. ont tenté de définir un certain nombre de paramètres du sol susceptibles d'avoir une influence sur le cycle hydrologique(**DUBREUI, 1967**) . La perméabilité étant l'un de ces paramètres, sa mesure avait été préconisée selon la méthode Porchet pour des raisons de commodité(**DUBREUIL, 1967**) . En effet, le matériel nécessaire est simple, la méthode ne nécessite qu'une quantité d'eau raisonnable. Cependant, assez rapidement, l'emploi de la méthode Porchet nous a paru critiquable pour les raisons suivantes: l'eau utilisée s'infiltrant à partir d'un trou creusé dans le sol étudié, l'infiltration se fait horizontalement ou au moins obliquement ; la couche superficielle qui peut bien souvent être définie comme une « croûte » est détruite. Tout cela correspond plut& mal avec l'infiltration d'une eau de pluie tombant sur un sol intact. Enfin, comme nous le verrons plus loin, l'interprétation qui était faite des essais Porchet nous a paru également insuffisante. Cela nous a conduit à mener, parallèlement aux mesures Porchet, des mesures par la méthode de Muntz qui semble suivre un schéma mieux comparable à l'infiltration de la pluie sur un bassin. Nous avons ainsi défini un nouvel appareillage de mesure Muntz décrit ci-après.

Chapitre II. La salinisation des sols :

1- Les sols sales :

Les sols salés contiennent des sels plus solubles que le gypse susceptibles de passer dans la solution du sol en quantité assez importante pour affecter la croissance des plantes. En conséquence, les sols calcaires ne sont pas des sols salés, même si le carbonate de calcium est un sel comme un autre au plan chimique (**Jean Paul Legros, 2007**).

On parlera en général de sol salé lorsque la concentration en sels des solutions dépasse 0,5 g/l. Cette concentration est le plus souvent mesurée par la conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée qui correspond à 4 dS.m (**Robert, 1996**).

2. Les sols salés dans le monde et en Algérie

2.1 Sols salés dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent une grande ampleur pour l'agriculture. Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (**Durand, 1983 ; FAO, 2005**). La surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectares (**Tableau 2**), soit 23 % des terres

Cultivées (**FAO, 2008**). **Wri (2002)**, propose un classement des zones arides basé sur les valeurs du rapport ratio précipitation annuelle/évapotranspiration potentielle moyenne annuelle, le monde est de ce fait, divisé en :

- Zone hyper aride couvrant environ 11 millions de Kilomètres carrés, soit 8% des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- Zones arides, semi-arides et subhumides sèches qui couvrent près de 54 millions de kilomètres carrés principalement concentrées en Asie et Afrique

Tableau 2 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie(millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

2.2 En Algérie :

Les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983). Les sols salins sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de la Mina près de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords de certains chotts comme le chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà (Durand, 1983). D'après (Halitim, 1988), dans les régions arides, les sols représentent environ 25 % de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares (Hamdi, 1999). Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (Daoud, 1999).

La classification bioclimatique d'Emberger et sauvage a été largement adoptée en régions Méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide

On distingue selon Nedjraoui (2003) :

- Le semi- aride : 300- 600 mm.

- L'aride : 300- 100 mm.

- Le Saharien < 100 mm qui occupe 89,5% la superficie totale de l'Algérie. La superficie

Des zones arides en Algérie selon Le Houerou (1995) est de 216000 Km², et 386000 Km² de zones hyper arides supérieur (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Superficies des zones arides d'Algérie en 103 Km² (Le Houerou, 1995)

Pluviosité moyenne	Superficie
Semi- aride à humide P> 400	181
Arde supérieur 400> P> 300	59
Arde moyenne 300> P> 200	70
Arde inférieur 200> P> 100	87
Zone aride total	216
Hyper aride supérieur	386

1 -Présentation de site d'étude :

La zone d'étude est la station expérimental de l'Institut Natinal de recherche Agronomique d'El Hmadna INRAA .D'une superficie de77 ha,elle est située a3Km de la partie nord-ouest de la ville d'El Hmadna. Elle se trouve dans la plaine du Bas-Chellif au nord-ouest de l'Algérie.Elle se situe à 270Km d'Alger, a environ 70Km dz la ville de Chlef et 30Km de la Relizane.

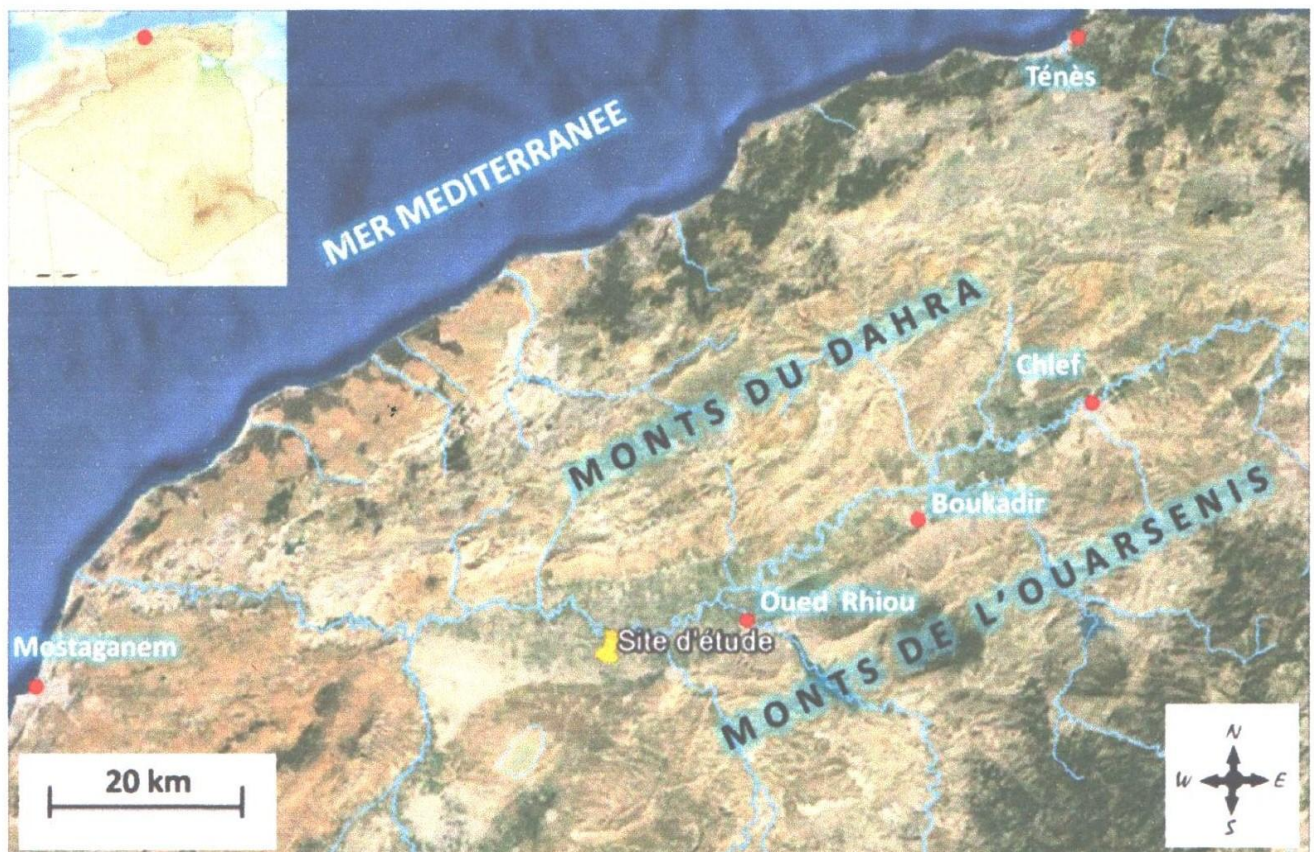


Fig.4 Carte de la situation géographique du site d'étude (épingle en jaune)



Fig. 5 Localisation de site d'étude (Google Earth2016)



Fig.6 Image aérienne de l'INRAA El Hmadna (Google Erath, 2016)

2- Conditions climatiques :

Le climat de la région d'El Hmadna est spécifique, contrasté, caractérisé par des étés très chauds et températures basses en hiver. D'après la carte des étages bioclimatiques du bassin du Cheliff (figure 7), l'étage bioclimatique de la région de Hmadna est aride (indiqué dans la figure 7 en point rouge). Selon l'NSID (2005), l'évapotranspiration potentielle annuelle de la région est de l'ordre de 1600 mm /an

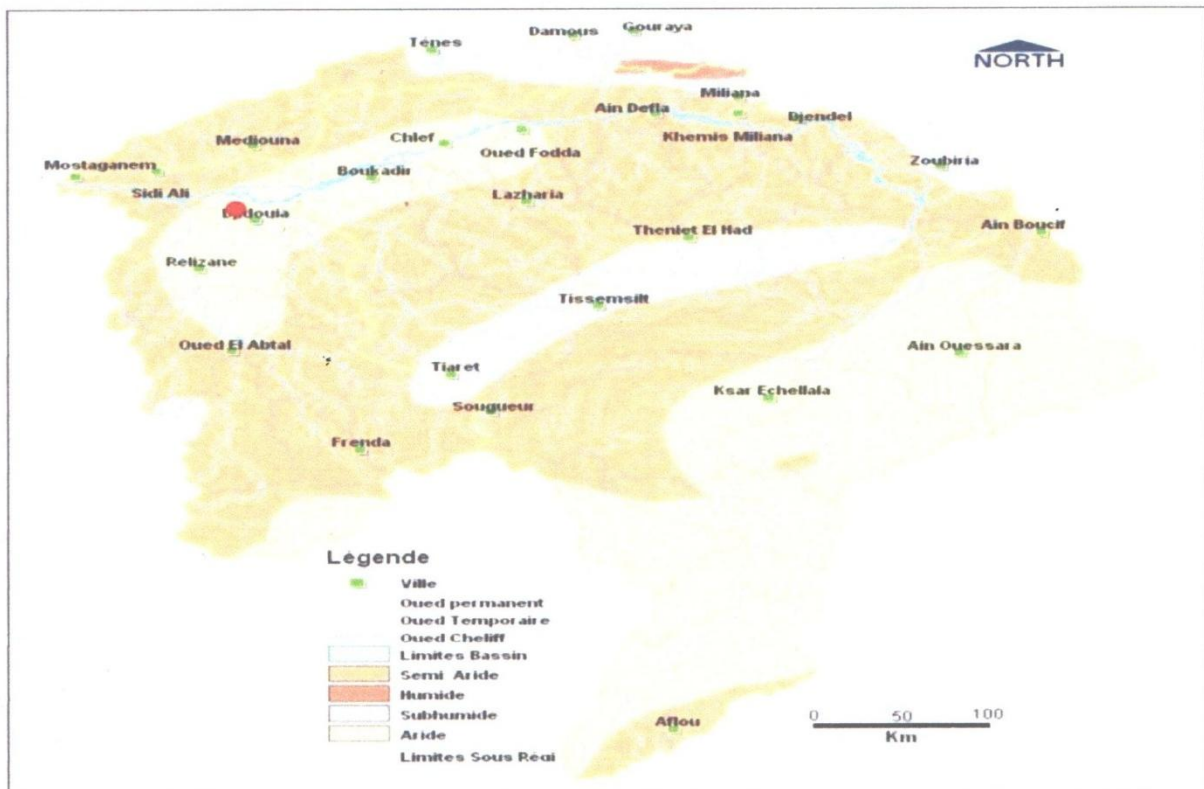


Fig.7 Carte des étages bioclimatiques du bassin de Chélif

2.1- Précipitations et températures :

Le tableau 4 représente les précipitations moyennes mensuelles de la région de Hmadna, calculée sur une période allant de 2000 à 2016

Tableau 4 - Données pluviométriques (2000-2016), (Source : station de l'INRAA Hmadna)

Mois	P (mm). 2000-2016
Janvier	39,72
Février	38,62
Mars	30,28
Avril	36,54
Mai	24,53
Juin	2,35
Juillet	0,57
Aout	3,37
Septembre	14,45
Octobre	30,49
Novembre	58,71
Décembre	34,79
Somme	314,44

L'analyse du tableau 4 montre que le mois de novembre est celui le plus pluvieux avec 58,71mm, alors que la faible pluviosité enregistrée durant le mois de juillet avec une pluviométrie égale à 0,57 mm .La pluviométrie total annuelle est de 314 ,44mm, dont 93 ,4

Tombent entre octobre et mai. En général, le climat de la région d'El Hmadna est caractérisé par une faible pluviosité répartie avec une grande irrégularité durant toute l'année.

Les températures moyennes mensuelles da la région de Hmadna, enregistrées durant la période 200 à2016, sont mentionnées dans la **figure 8**

La région thermique de la région est caractérisée par des températures élevées en été relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de juillet et aout, ou elles atteignent un maximum capillaire de la nappe qui se trouve parfois à un mètre de profondeur.

Les basses températures se manifestent au mois de janvier avec une température moyenne de 10,97°C

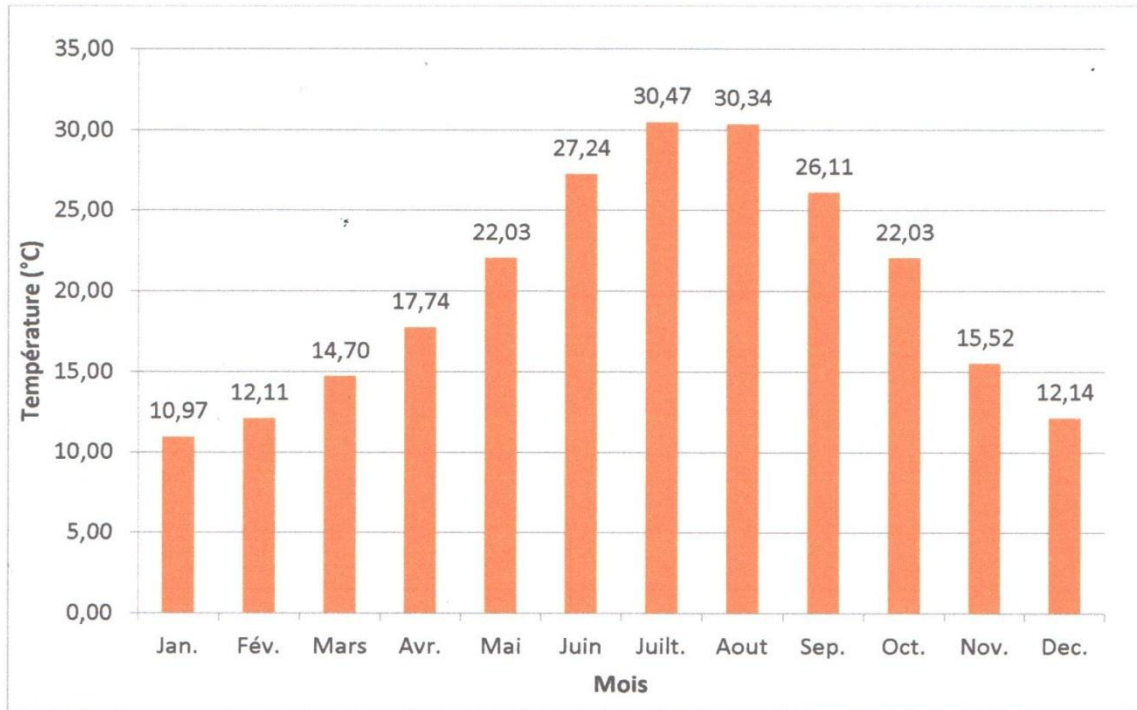


Fig. 8 Histogramme des Température moyennes mensuelle (2000 à 2016) Station INRAA Hmadna Relizane

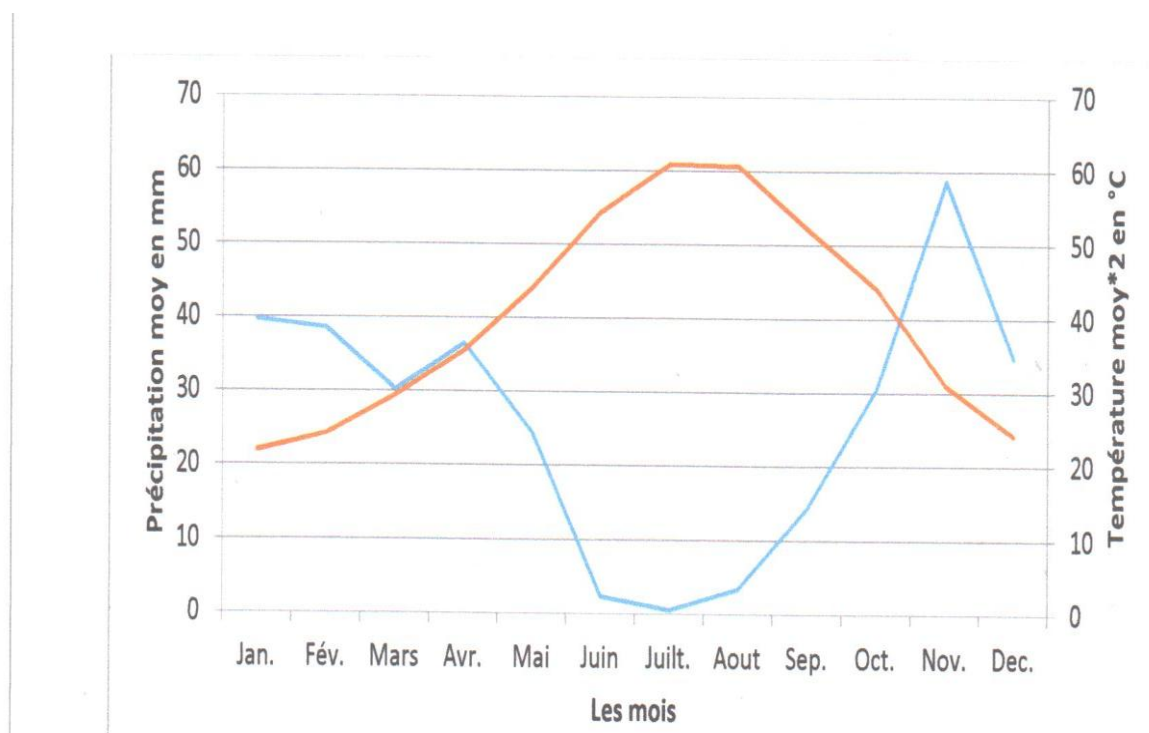


Fig. 9 Diagramme ombrothermique de la station climatique d'El Hmadna (2000-2016)

Le diagramme ombrothermique de la station d'El Hmadna, présenté dans la figure 9, montre une période de sécheresse qui s'étale du mois d'avril vers le mois d'octobre.

2.2-Humidité :

L'humidité relative de l'aire généralement plus élevée le matin durant toute l'année, elle est l'ordre de 66 à 84 % en hiver et près de 40% en été (tableau 5). Elle peut compenser relativement l'absence ou la rareté des précipitations en favorisant le développement des plantes.

Tableau N 5 - Humidité de la station de Hmadna (Avril2016-Mars 2017)

Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct.	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars
H%	61,6	48,1	36,6	39,2	43	44,5	54,9	66,5	84,2	76,5	67,2	63,6

2.3 -Vent :

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température (**Ozenda, 1982**).

D'après les observations effectuées à la station du d'El Hmadna (**tableau 6**), il ressort que le vent dominant est le vent de l'ouest. Sa vitesse moyenne varie de 6 ,1 à 11 ,9 Km /h, jouent le rôle de la dégradation mécanique du sol et agit sur l'amplitude de la température.

Tableau N 6 - Le vent de la station d'El Hmadna (Avril 2016- Mars 2017)

Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars
V (Km /h)	8,7	9,9	11	10,6	10	8,9	8,3	10,7	6,1	9,8	11,9	9,6

3 -Géologie et géomorphologie :

La plaine est relativement jeune parce qu'elle date seulement du quaternaire, c'est un synclinal comblé dur Harbin (quaternaire) encadré au Nord et au sud par des collines de l'âge Miocène pliocène (tertiaire). En conséquence, ces bordures fournissent directement par 2rosion les alluvions de la plaine du Bas-Chellif (**McDonald etBNEDER ,1990**).

Vers le sud,l'oued Rhiou et l'oued Djidouia traversent les collines,comprennent de schistes et de marnes salés, ce qui justifie la haute salinité des sols alluviaux de la plaine ainsi que le niveau de la salinité des eaux de la retenue du barrage Gargar. (**McDonalet BNEDER, 1990**).

Au Nord, les collines de Dahra sont composées principalement par les marnes et de limon argileux qui change vers l'ouest en sables et des conglomérats plus grossiers .Encore une fois, certains de ces lits sont salés.

Les collines de l'Est du Bas-Chellif sont plus récentes que le Dahra et le massif de l'Ouarsenis, d'âge Villafranchien et sont composées de limons calcaires intercalés de sables, extrêmement tendres, une érosion sévère à ravines profondes.

Les principales formations géomorphologie sont :

3-1 Les glaciers colluvionnaires :

Assez étroits de 3% à 5% qui se retrouvent en bordure de la plaine ou les formations récente sont dominantes. La présence des croutes calcaires qui caractérisent les formations plus anciennes est peu fréquente .Dans le cas échéant, on les retrouve par conséquent sur le piémont du Sud des villes tel que : Oued Rhioi et de Djidiouia. Ils sont constitués par des matériaux en Provence des calcaires du Miocène supérieur.

3-2 Laplaine alluviale :

Le Bas-Chéelif est une plaine alluviale datant du bien. Les alluvions qui la continuent sont d'une épaisseur considérable (plusieurs dizaines de mètres),les matériaux récents originaires des bassins versants du Chéelif, de l'oued Rhioi et de l'oued Djidiouia sont ces constituants principaux (dominance des schistes et des marnes du Miocène et du Pliocène souvent riche en sels).

Alors la plaine ces formations récentes constituent la plaine proprement dite avec une pente très faible et des sols non évolués.

3-3 Les lits des oueds actuels :

Les lits d'oueds sont encaissés dans la terrasse alluviale du Rharbien à un niveau inférieur à 10 mètres. Les bords sont très escarpés et très abrupts.

L'oued Chlef est le principe oued de la plaine, il la traverse d'Est en Ouest. Au moment des grandes crues, il déborde sur les terrasses récentes en déposant en bordure de ses berges des bourrelets alluviaux le plus souvent sableux connus sous le nom de formations actuelles et qualifiés de formation modernes par Gaucher (1947).

L'oued Rhioi et l'oued Djidiouia forment des cônes de déjection assez étendus en contact avec la plaine du Bas- Chéelif. Certains cours d'eau qui n'ont pu creuser leur lit jusqu'à l'oued Chlef, forment des cônes de déjection en pleine plaine.

3-4 La Sebkha de Benzine

C'est une dépression naturelle (cuvette elliptique de 5Km de long sur près de 3km de large, bordée au nord de falaise d'environ 15m) cavée dans la région de Benziane au Nord de la ville d'Oued El Djimaa. Boulaine (1957) avait retenu l'hypothèse selon laquelle la sebkha a été formée par déflation éolienne d'une zone où s'étaient formés des sols salés à la suite de mouvement tectoniques par la combinaison d'un creusement au centre du bassin et d'une accumulation en bordure d'un bourrelet éolien.

En hiver, elle est recouverte par une couche d'eau d'environ 30cm d'eau en son centre, en été, il y a accumulation des sels qui apparaissent sous forme d'une épaisse croûte blanchâtre. En plus de la sebkha de Benziane, il existe d'autres cuvettes qui sont la Daya, la dépression du Douar Djérada, elle entourées de reliefs assez élevés que l'on appelle des lunettes **(Boulaine ,1957)**.

3-5 La Gaa :

C'est un relief caractéristique dans cette partie des plaines du Chélif qui domine Merdj Sidi Abed d'une dizaine de mètres. Cette formation marque la limite entre la plaine du Bas-Chélif et la plaine du Moyen-Chélif. A ce niveau, la plaine alluviale est très étroite et ne fait que 2 à 3 Km de large. Cette colline fait partie d'une série d'autres collines qu'on retrouve dans les autres plaines du Chélif (Moyen et Haut-Chélif). Les formations géologiques de ces collines sont continentales du Pliocène supérieur, du Villafranchien et du Quaternaire moyen, dont le matériau est un mélange de limon, de sable, de cailloux et de galets.

Les travaux réalisés par Durand (1956) ont montré que les sols du site de Hmadna sont tous des Solontchaks solonetz à caractère sodique magnésique et calcique. Ils présentent pour la grande majorité une texture très fine en surface et des textures à dominance limoneuse dans les horizons sous-jacents. L'analyse des résultats morphologiques et analytiques fait par Hadj Miloud (2010) sur un profil situé dans la station de Hmadna a montré qu'il correspond à : Hypersalic Vertic Gleyic Solonchak (Sodic, Chloridic, Clayic), selon la classification mondiale de la **WRB(2006)**.

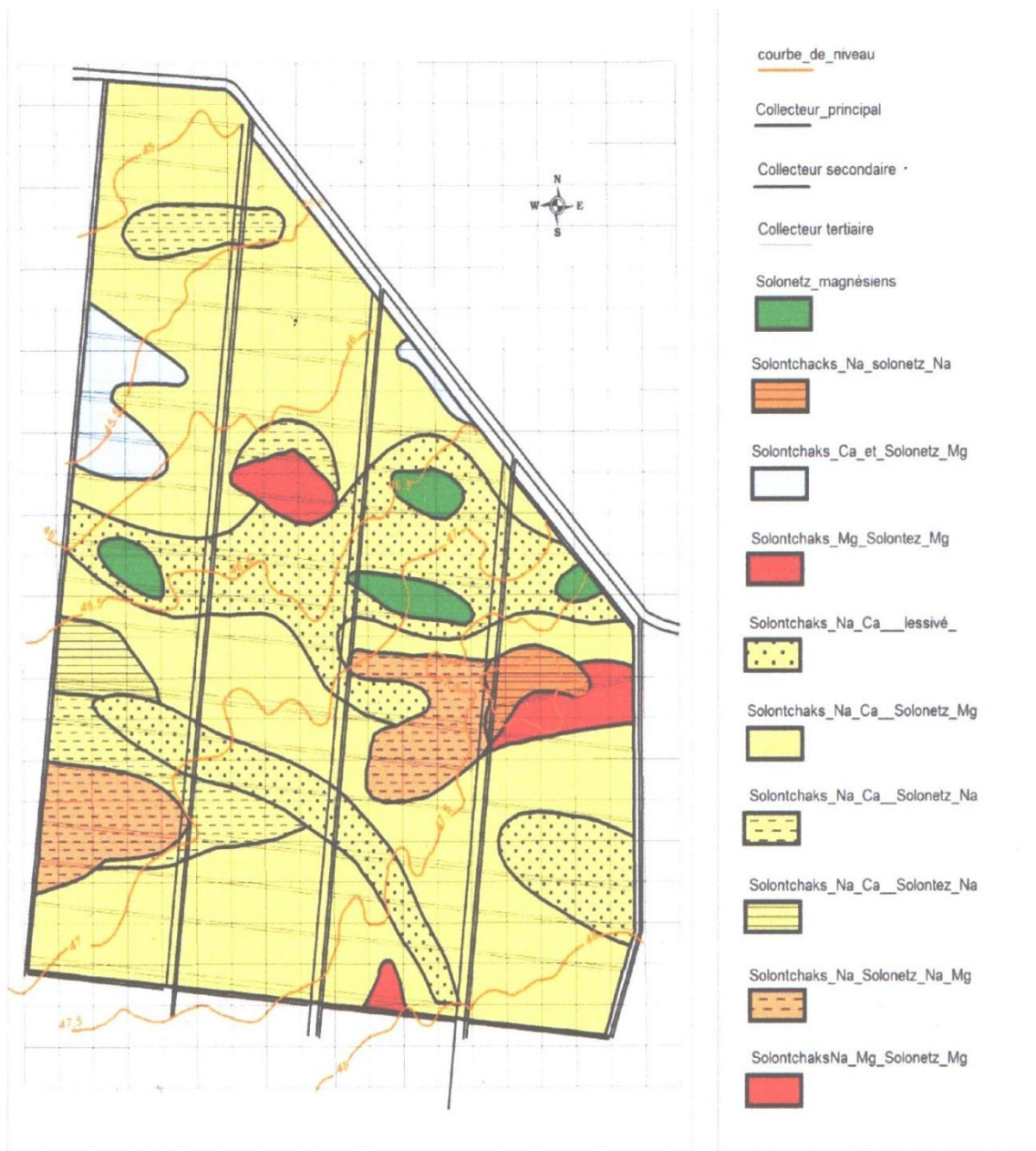


Fig. 10 Carte des sols du site d'Hmadna (Durand, 1956)

4-Ressources en eau :

La plaine du Bas-Chélif comporte des potentialités importantes en eau, mais comme c'est le cas de plusieurs régions d'Algérie la plaine n'en profite pas (**Douaoui, 2005**).

4-1 Les ressources en eaux superficielles :

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues :

- Le barrage de Gargar sur Oued Rhio : d'une capacité théorique de 450Hm³, il est l'un des plus grands barrages d'Algérie.
- La retenue de la Merdjet Sidi Abed, un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 50Hm³, elle remplit en hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'oued Chleff, ainsi elle était dévasée en 2005.

En plus, le Bas-Chélif pourrait aussi être alimenté à partir des autres ressources en eau superficielle du bassin du Chélif, telles que les eaux non conventionnelles excédentaires du Chélif.

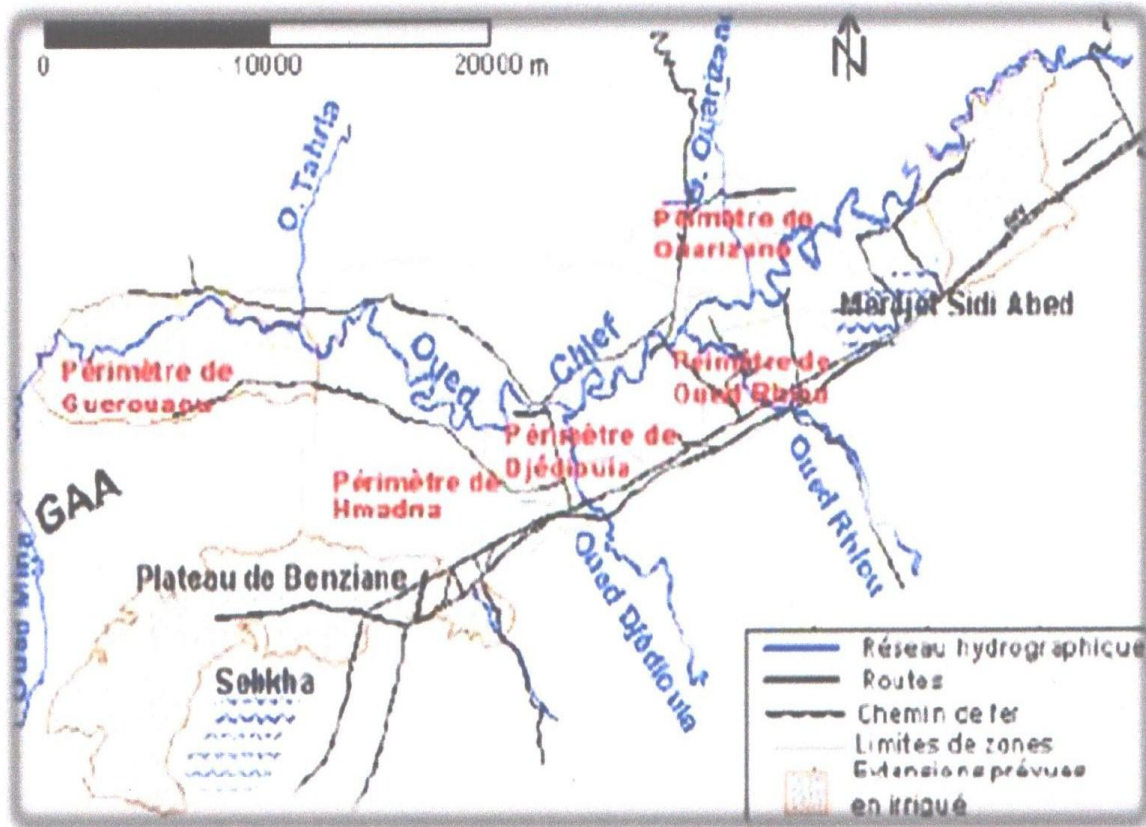
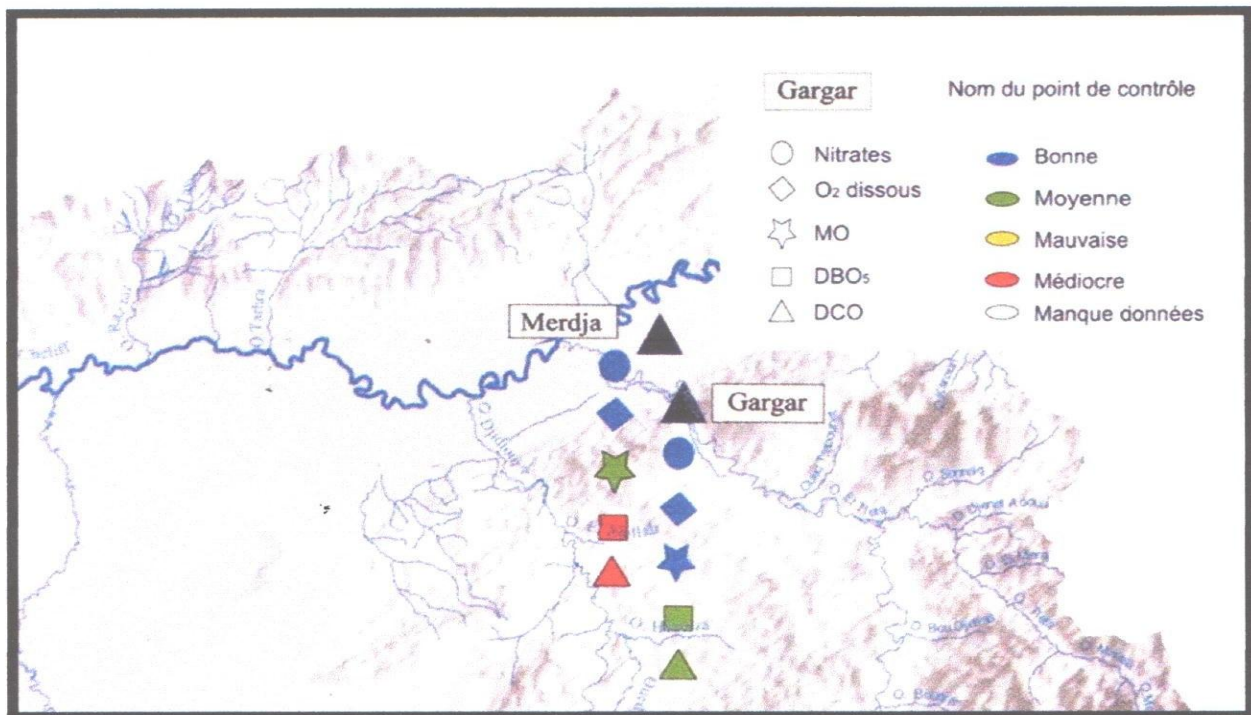


Fig. 11 Réseau hydrographique et principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif

La qualité de l'eau des cours d'eau dans le bassin de Chélif est aussi en discutée, elle est en générale plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5g/l environ pour les débits les plus forts et 2g/l pour les débits d'étiage.

La (**figure 11**) nous renseigne sur la qualité des eaux du barrage de Gargar et de Merdjet Sidi Abed pour l'année 2002.



**Fig. 12 Qualité des eaux des barrages de Gargar et de Merdjjet Sidi Abed
(ABH- CZ-Chleff zaherz 2002)**

5- Hydrologie et hydrogéologie :

Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

- Le Miocène calcaire : affleure le long de la limite sud de la plaine.

La description lithologiques ont montré l'existence de zones fracture productivités entre 37et 60m de profondeur.

- Le Pliocène marin : c'est un site d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine. On le retrouve dans la région d'Ouarizane à plus de 55 de profondeur et dans la région de Sebkhia et Benziane à plus de 400m de profondeur.

- Le Quaternaire-Pliocène continental : il est constitué de sédiment à base d'argile, de marnes des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est très variable selon les régions ou elle peut aller jusqu'à 300m alors que la moyenne est de 70m. **(Douaoui, 2005).**

La figure suivante nous donne quelque chiffre.

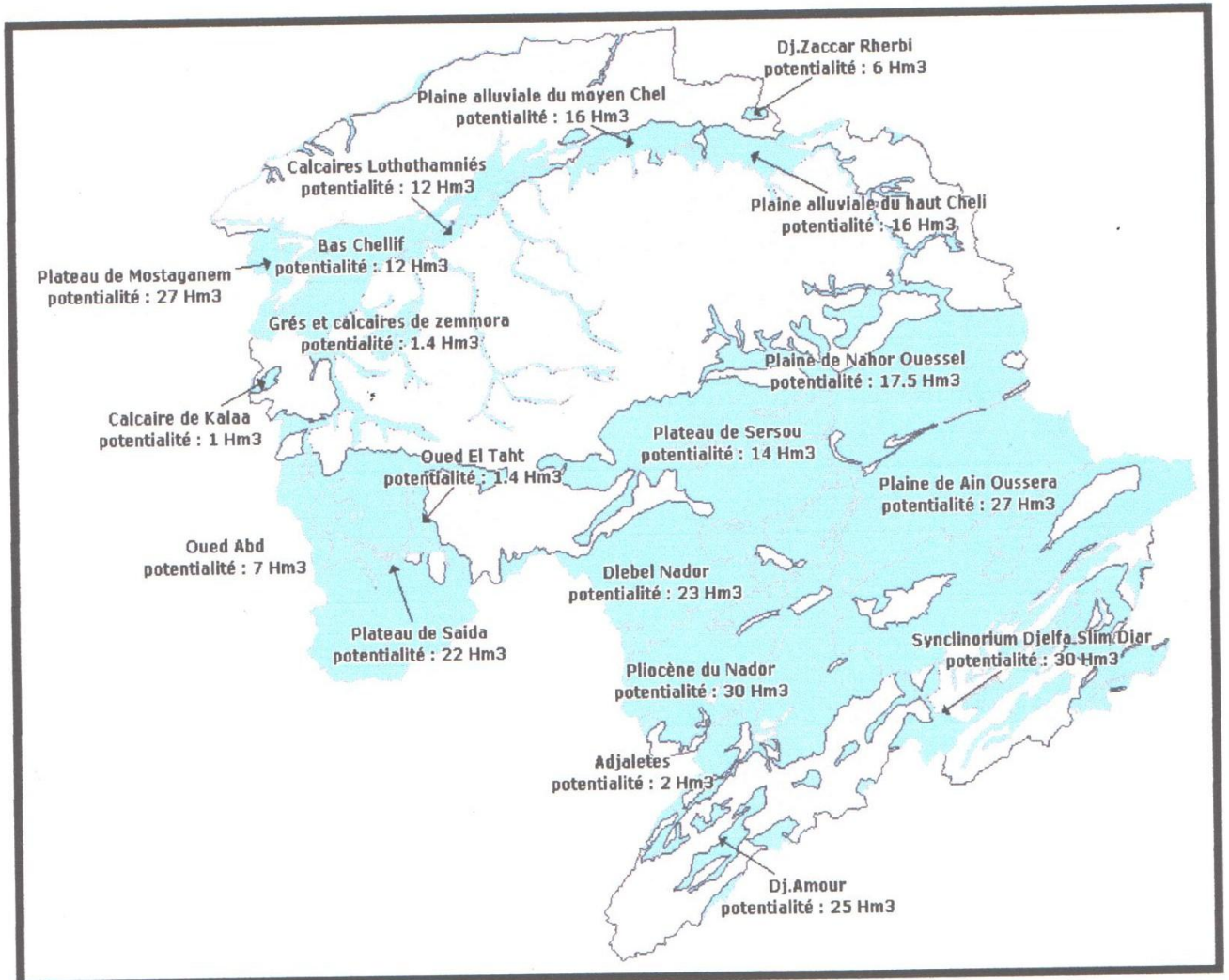


Fig. 13 Ressources en eau souterraines dans le bassin hydrographique Chlef-Zahrez (Source :ABH-CZ ,2006

6-Périmètre irrigué :

Hmadna dont l'eau d'irrigation est la plus mauvaise qui montre les sols les plus dégradés(Douaoui et Hartani, 2007).

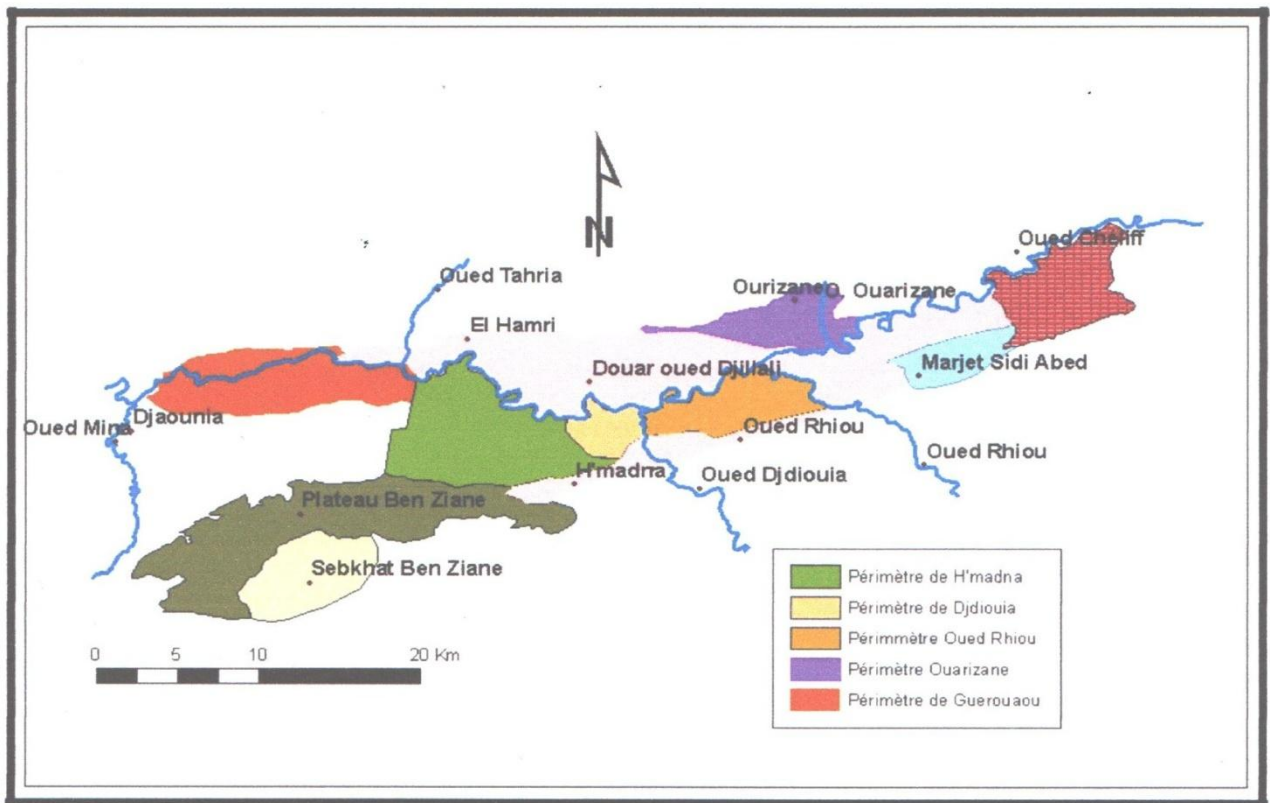


Fig. 14 Principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chéliff

7-Drainage :

Le réseau de drainage dans le site de Hmadna est composé de types de système de drainage. Le premier est un ancien système de drainage à ciel ouvert installé durant les années 1946-1947, et le deuxième est un nouveau système de drainage souterrain installé 2001.

Il est utile de noter que le nouveau système de drainage ne couvre qu'une petite partie qui se trouve au sud –est du site de Hmadna.

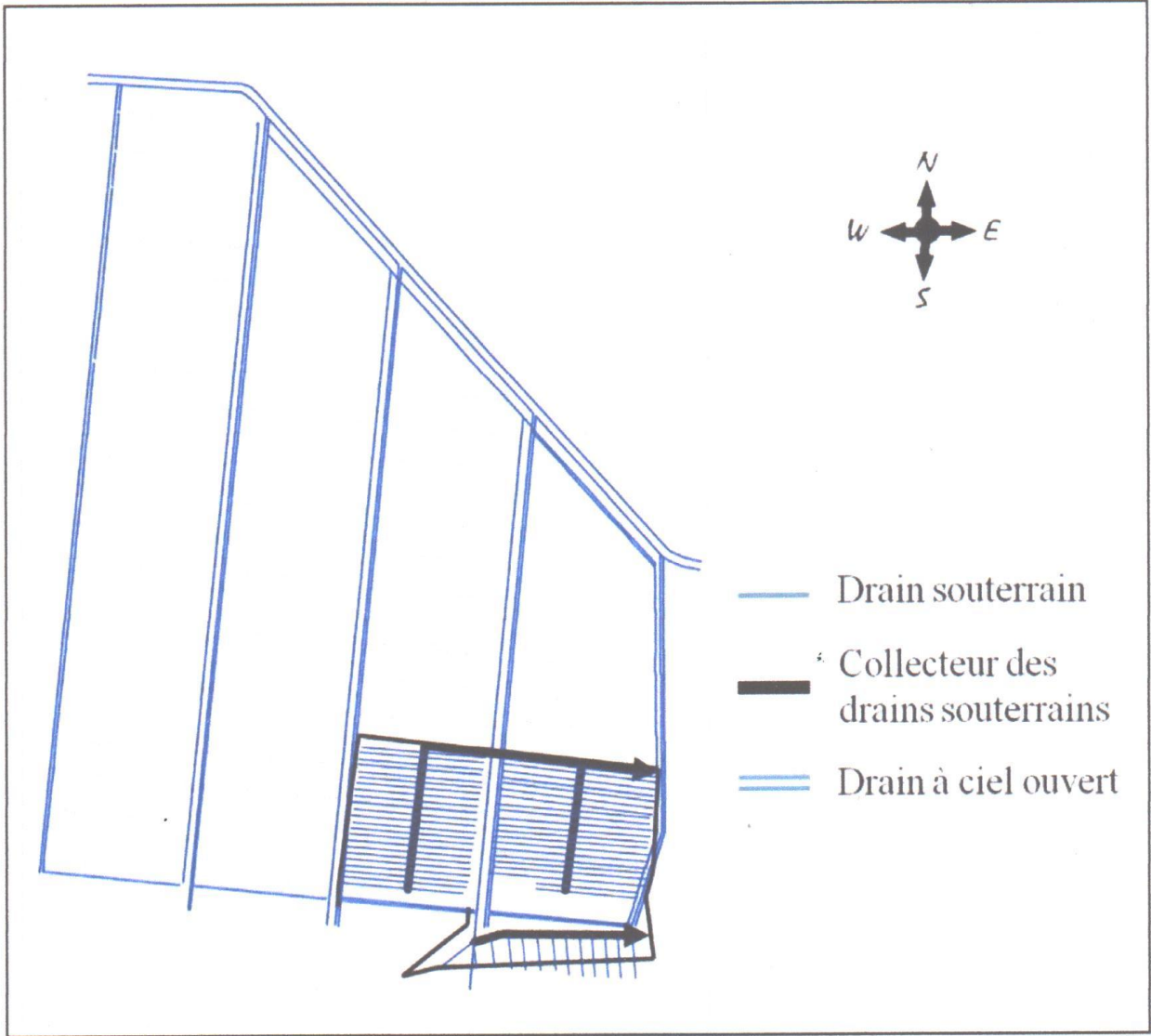


Fig. 15 Schéma des réseaux de drainage (INRAA-EL Hmadna)

8-Occupation du sol :

Les sols du Bas-Chélif sont, soit occupés par l'agriculture, soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte. L'agriculture concerne essentiellement :

- Les verges d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle : ces vergers sont irrigués et sa localisation le plus souvent dans les périmètres des Oued Rhiou ,Djédiouia et Ouarizane .
- Les cultures maraichères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) sont cultivées dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds.
- Les cultures céréalières en sec principalement sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane.

On les retrouve également dans les périmètres irrigués :

Selon l'étude de Mc Donald et BNEDER (1990), ces types de cultures occupent respectivement : orge 20% blé 8,5% olivier 3,6% melon, pastèque et artichaut 6,7% de la surface agricole utile. Les sols très salés abandonnés sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation.

Aujourd'hui la plupart des exploitations agricoles ont un statut juridique privé et ont un système de production maraichage-céréale-élevage ou arboriculture-céréale-élevage.

1- Situation de la Parcelle d'étude :

La station d'EL Hmadna est choisie pour étudier le phénomène hydrodynamique, ainsi que l'évolution de la conductivité hydraulique dans un sol aménagé et non aménagé par la méthode de Porchet. La parcelle d'étude se trouve dans la station d'El Hmadna, située dans la région de rélizane, Sa localisation est donnée

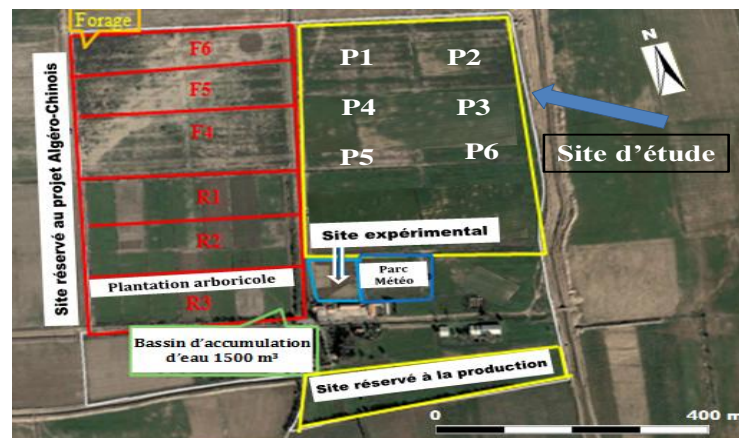


Fig16. Localisation de la zone d'étude

-2 Echantillonnage et dispositif sur le terrain :

Toute étude approfondie de sol commence par une étude spatiale du terrain dirigée qui va localiser les sites des fosses pédologiques et la détermination des horizons. Ce travail de terrain fait partie des volets de cartographie et de description des profils de l'étude. Nous nous limiterons donc au seul problème du prélèvement. En rappel, le prélèvement des échantillons des horizons est une opération fondamentale au même titre que la description du profil ; les résultats analytiques n'ont de valeur que dans la mesure où les échantillons sont représentatifs du sol étudié, et donc correctement prélevés.

3. Méthodes d'analyse :

3.1 Paramètres physiques et chimiques :

3.1.1 Granulométrie :

L'analyse granulométrique se fait avec la méthode internationale utilisant la pipette de Robinson

3.1.2 Densité apparente :

La densité apparente d_a est mesurée in-situ par la méthode du cylindre de Sieghrist.



3.1.3 Conductivité électrique :

La conductivité électrique est mesurée selon la méthode conventionnelle de l'USDA (Richards, 1954) par un conductimètre de paille

3.1.4 Humidité :

Conformément à la norme internationale ISO 16586(Meynard et al, 1997).L'humidité est obtenue par différence de poids d'un échantillon de sol avant et après passage à l'étuve à 105°C pendant 24h

3.2-Caractérisation des profils

3.2.1 Caractérisation du profil C2P1

- Données générales

- Coordonnées géographiques :
- Altitude : 55 m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair
- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- Description morphologique du profil

H1 (0 à 38cm): frais; couleur 10 YR 5/3 argilo-limoneux; structure grumeleuse; moyennement poreux; plastique; collant; peu compacte; friable; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (38 à 73cm):frais; couleur 10YR5/3; argilo-limoneux; structure polyédrique anguleuse moyenne; collant ; compact; peu friable ; faible porosité; présence de fentes verticales; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (73 à 150cm): frais; couleur 10YR 4/3; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; très peu poreux; présence des taches blanchâtres plus intenses que l'horizon sus-jacent; vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.2.2Caractérisation du profil C2P2

- Données générales

- Coordonnées géographiques
- Altitude : 55m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair

- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- **Description morphologique du profil**

H1 (0 à 30cm): frais; couleur 10 YR 4/3 argilo-limoneux; structure grumeleuse; poreux; plastique; collant; peu compacte; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (30 à 83cm):frais; couleur 10YR4/3; argilo-limoneux; structure polyédrique sub-anguleuse moyenne; collant ; compact; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (83 à 150cm): frais; couleur 10YR 4/2; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; très peu poreux; présence de tâches d'hydromorphie (oxydoréduction) de couleur grisâtres et ocre, vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.2.3 Caractérisation du profil C1P3

- **Données générales**

- Coordonnées géographiques :
- Altitude : 55m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair
- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- **Description morphologique du profil**

H1 (0 à 30cm): frais; couleur 10 YR 4/3 argilo-limoneux; structure grumeleuse; poreux; plastique; collant; peu compacte; friable; absence d'éléments grossiers ; moyennement organique; forte présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (30 à 80cm):frais; couleur 10YR4/3; argilo-limoneux; polyédrique sub-anguleuse grossière; collant ; compact; faible enracinement; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (80 à 150cm): frais; couleur 10YR 5/3; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; très peu poreux; présence des taches blanchâtres plus intenses que l'horizon sus-jacent; vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.2.4 Caractérisation du profil C1P4

- Données générales

- Coordonnées géographiques :
- Altitude : 5m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair
- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- Description morphologique du profil

H1 (0 à 37cm): frais; couleur 10 YR 6/3 limoneux; structure grumeleuse ;poreux; plastique; collant peu compacte; friable; absence d'éléments grossiers ;moyennement organique; forte présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (37 à 60cm):frais; couleur 10YR5/3; argilo-limoneux; structure polyédrique sub-anguleuse grossière; collant ; compact; présence de tâches blanchâtres sousforme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (60 à 150cm): frais; couleur 10YR 4/2; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; présence des taches blanchâtres plus intenses que l'horizon sus-jacent; présence de tâches d'hydromorphie (oxydoréduction) de couleur grisâtres et ocres, vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.2.5 Caractérisation du profil B2P5

- Données générales

- Coordonnées géographiques :
- Altitude : 55m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair
- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- Description morphologique du profil

H1 (0 à 37cm): frais; couleur 10 YR 6/3 limoneux; structure grumeleuse; poreux; plastique; collant; friable; moyennement organique; forte présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (37 à 60cm):frais; couleur 10YR5/3; argilo-limoneux; structure polyédrique sub-anguleuse grossière; collant ; compact; peu friable; faiblement organique; plastique; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (60 à 150cm): frais; couleur 10YR 4/2; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; très peu poreux; présence des taches blanchâtres plus intenses que l'horizon sus-jacent; présence de tâches d'hydromorphie (oxydoréduction) de couleur grisâtres et ocres, vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.2.6 Caractérisation du profil B2P6

- Données générales

- Coordonnées géographiques :
- Altitude : 55m
- Date de description: 31/01/2018
- Temps : Ciel clair
- Topographie : Terrain plat
- Matériaux d'origines : Alluvions
- État de surface : Jachère

- Description morphologique du profil

H1 (0 à 40cm): frais; couleur 10 YR 4/6argilo-limoneux; structure grumeleuse; poreux; plastique; collant; peu compacte; forte présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition diffuse.

H2 : (40 à 90cm):frais; couleur 10YR5/3; argilo-limoneux; structure polyédrique sub-anguleuse grossière; collant ; compact; absence de racines; faiblement organique; plastique; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

H3 : (90 à 150cm): humide; couleur 10YR 5/3; argilo- limoneux; structure massive; peu compact ; collant; plastique; faible activité biologique; présence des taches blanchâtres plus intenses que l'horizon sus-jacent; présence de tâches d'hydromorphie (oxydo-réduction) de couleur grisâtres et ocres, vive effervescence à l'Hcl généralisée.

3.3- Le matériel utilisé

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude comprend :

- Tarière
- Métrage
- Chronomètre
- Quêteurs
- Eau
- Bicher

3.4- La méthode choisie (méthode de porchet) :

La méthode Porchet, pour mesurer la perméabilité d'un bien qu'elle ne donne pas des résultats exacts en valeur absolue, est dans la plupart des cas, très satisfaisante du point de vue ordre de grandeur ; elle est de plus commode d'emploi sur le terrain. Le seul ennui de cette méthode est la détermination de K quand on a construit la courbe de pénétration de l'eau. Chaque méthode étant plus ou moins intéressante suivant l'échelle ou le but des prospections.

En pratique, des trous sont réalisés à la profondeur 60cm. Ils sont remplis d'eau claire afin de mesurer la vitesse d'absorption

Dans le terrain. Il faut mesurer le volume d'eau introduit pendant la durée du test, volume nécessaire pour maintenir le niveau constant dans le trou.

Une phase d'imbibition ou de saturation est toujours nécessaire. Pendant cette phase de remplissage des pores du sol, l'écoulement est transitoire. Quand la saturation est atteinte, l'écoulement devient permanent, et la valeur de la perméabilité tend à se stabiliser.



Réaliser des trous a la profondeur 60 cm avec le terrière



Remplis l'eau



Saturation d'eau



Installation de métrage



Mesure la vitesse d'absorption



Prendre les mesures

V- Résultats et discussion :

1- Analyses granulométriques du sol

Les résultats des analyses granulométriques du sol prélevé au niveau des parcelles de sol aménagé et celles du sol non aménagé et pour chaque profil et horizons sont résumés dans le tableau7.

Tableau 7 : Résultats des analyses granulométriques du sol.

<i>N° d'Echant</i>	<i>N° d'Horizon</i>	<i>Sable (%)</i>	<i>Argile(%)</i>	<i>Limon(%)</i>	<i>texture</i>
C2P1H1	1	4,22	64,09	31,69	Argilo-limoneux
C2P1H2	2	2,58	71,26	26,16	
C2P1H3	3	1,61	71,92	26,47	
C2P2H1	1	5,16	58,89	35,95	Argilo-limoneux
C2P2H2	2	1,26	76,52	22,23	
C2P2H3	3	1,66	64,49	33,85	

<i>N° d'Echant</i>	<i>N° d'Horizon</i>	<i>Sable (%)</i>	<i>Argile(%)</i>	<i>Limon(%)</i>	<i>texture</i>
C1P3H1	1	10,01	51,36	38,63	Argilo-limoneux
C1P3H2	2	2,25	69,09	28,65	
C1P3H3	3	1,64	72,47	25,88	
C1P4H1	1	6,49	58,38	35,12	Argilo-Limoneux
C1P4H2	2	3,93	68,89	27,18	
C1P4H3	3	1,48	70,00	28,52	

<i>N° d'Echant</i>	<i>N° d'Horizon</i>	<i>Sable (%)</i>	<i>Argile(%)</i>	<i>Limon(%)</i>	<i>texture</i>
B2P5H1	1	4,34	63,59	32,07	LA
B2P5H2	2	3,28	69,39	27,33	
B2P5H3	3	2,23	61,26	36,51	
B2P6H1	1	13,24	60,76	26,00	LA
B2P6H2	2	6,15	69,44	24,41	
B2P6H3	3	1,36	68,08	30,56	

Les résultats analytiques obtenus (tableau7) révèlent que le sol des parcelles étudiées est caractérisé par une texture lourde et compacte de type limono-argileuse, et rarement de type

sablo-limono-argileuse (parcelle non aménagé). La fraction sablonneuse est faiblement représentée elle ne dépasse guère les 10% pour tout les horizons étudiés.

1.2. La conductivité électrique (CE):

Tableau N-8 Les résultat de la conductivité électriques dans un sol aménagé

CE DS/m	P1	P2		MIN	MAX	MOYE
H2	6,43	9,83		6,43	9,83	8 ,13
H3	6,66	12,75		6,66	12,75	9 ,70

Tableau N-9 Les résultats de la conductivité électriques dans un sol non aménagé

CE (DS/m)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MIN	MAX	MOYE
H1	6,64	3,19	5,96	3,48	9,71	4,84	3,19	9,71	5,63
H2	16,42	18,01	14,23	13,68	12,6	11,47	11,47	18,01	14,40
H3	18,83	23,5	16,79	13,06	16,64	17,92	13,06	23,5	17,79

La conductivité électrique définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol. Elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol.

D'après la lecture du tableau 8 et 9 , on remarque la conductivité électrique du sol est élevée au niveau de tout les horizons inférieures par rapport aux horizons superficiels pour les deux parcelles aménagé 6,43 à 9,83 ds /m l'horizon 1 et 6 ,66 à 12 ,75 ds/m pour l'horizon 2et non aménagé 3,19 à 9 ,71 ds/m l'horizon 1 et 11,47 à 18 ,01 ds/m l'horizon 2 et 13,06 à 23 .5 ds/m l'horizon 3on conclus que le sol de deux parcelle est extrêmement salés .

1.3. L'humidité H%:

Tableau N-10 Les résultats de l'Humidité dans un sol non aménagé

Humidité	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MIN	MAX	MOYE
H1	45,92	51,05	48,6	57,47	52,89	47,25	45,92	57,47	50,53
H2	44,74	55,39	52,73	56,96	52,97	47,34	44,74	56,96	51,68
H3	49,25	48,39	50,75	53,7	49,76	57,5	48,39	57,5	51,55

L'humidité représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique. On remarque que l'humidité varie peu entre les différents horizons de chaque profil

1.4 La densité apparente

Tableau N-11 Les résultat de la densité apparente dans un sol aménagé

La densité apparente	N5	N6	N7	MIN	MAX	MOY
	1,18	1,24	1,48	1,18	1,48	1,30
	1,43	1,33	1,64	1,33	1,64	1,46

Tableau N-12 Les résultats de la densité apparente dans un sol non aménagé

Densité apparente	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MIN	MAX	MOY
H1	1,3	1,27	1,24	1,34	1,37	1,25	1,24	1,73	1,29
H2	1,7	1,62	1,52	1,69	1,56	1,51	1,51	1,7	1,60
H3	1,69	1,72	1,73	1,58	1,65	1,61	1,58	1,73	1,66

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est, en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol. Elle permet, en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines, la cohésion des horizons et la réserve en eau du sol.

Le tableau N 11 montre que la densité apparente des horizons de surface elle est de l'ordre 1.18, 1.24 et 1.48 pour les parcelles aménagé 5, 6 et 7 respectivement. Par contre pour les horizons de profondeur la densité apparente augmente légèrement 1.43, 1.33 et 1.64 pour les même parcelles, qui indique que l'on est en présence d'un phénomène de tassement dû soit aux alternances d'humectation saisonnière phénomène largement remarquer dans les sols argileux, soit aux mauvaises pratiques culturales et dans le tableau 12 la densité apparente augmente légèrement dans les horizon 2 et 3 pour les même parcelles non aménagé profil 1.2.3.4.5 et 6 on conclus que le sol en profondeur lourd et compacte et suivant notre test de perméabilité la conductivité hydraulique très faible .

1.5 La conductivité hydraulique.

L'étude de l'évolution de la conductivité hydraulique en fonction du temps grâce aux essais conduits dans un sol aménagé ainsi que dans un sol non aménagé a permis de caractériser une évolution décroissante presque identique pour tous les sols étudiés. L'allure des différentes courbes établies est de type exponentiel à concavité orientée vers le haut. Elle traduit le type de sol à perméabilité faible une fois saturation des horizons du sol .

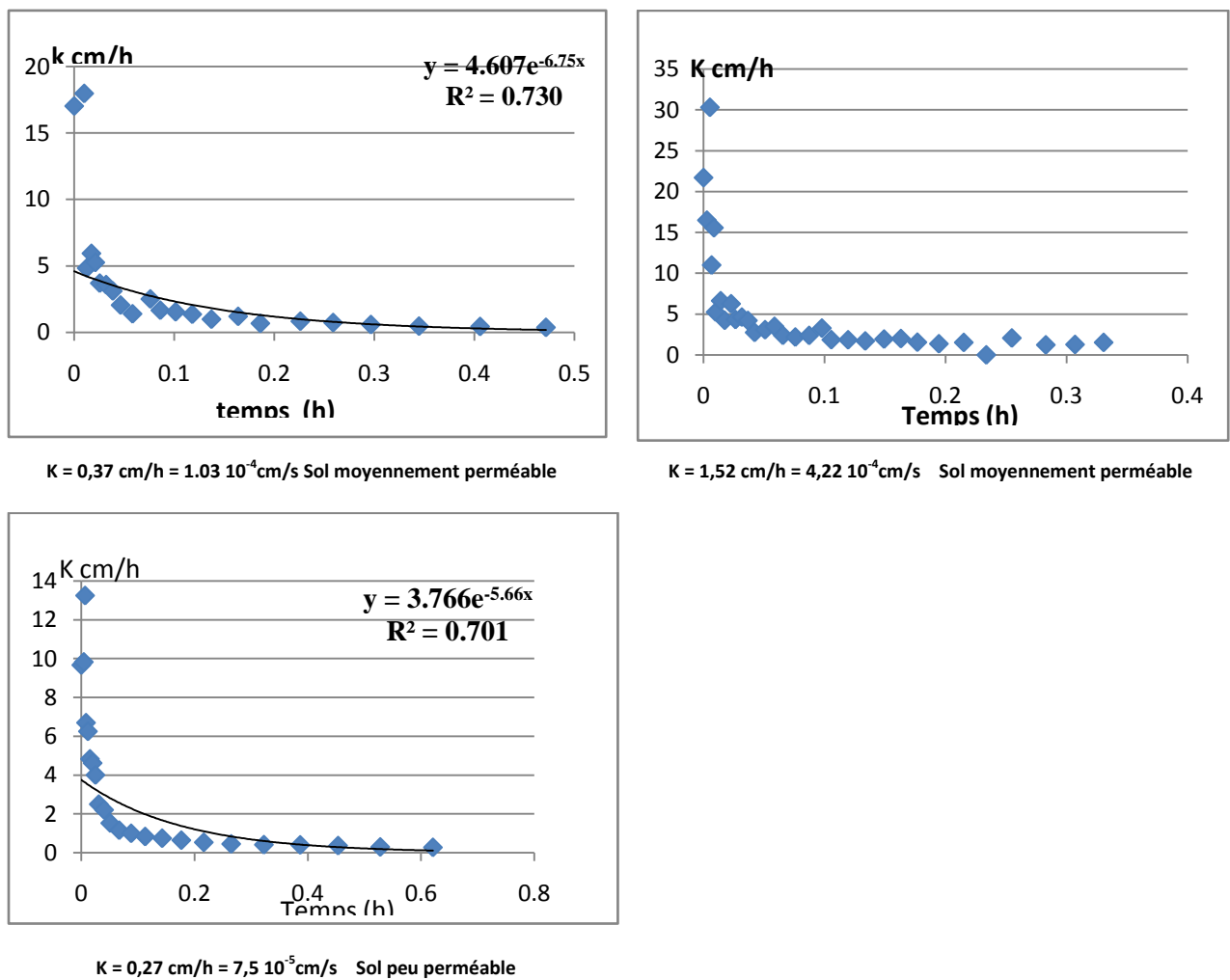
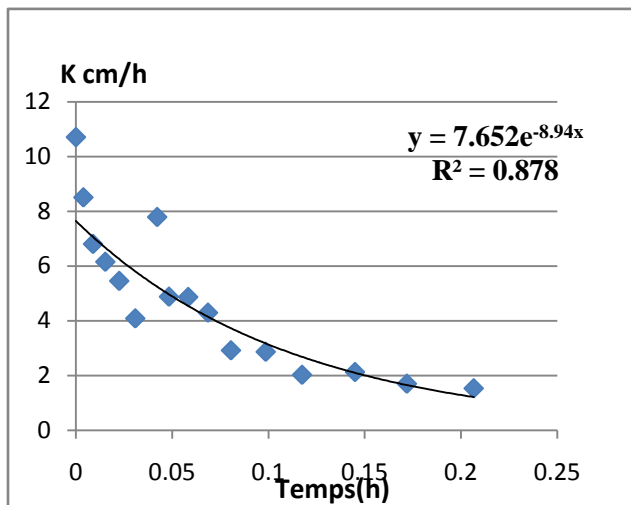
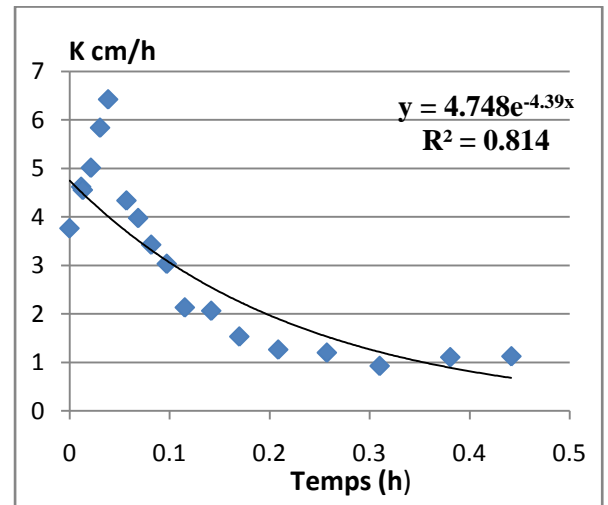


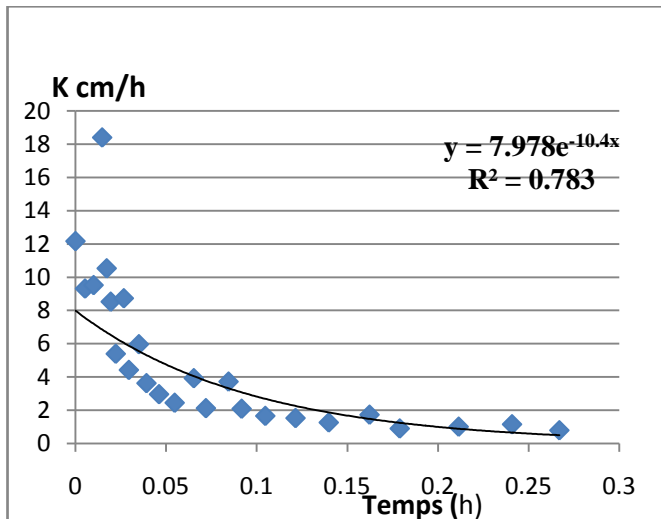
Fig.17 Représentation graphique de la conductivité hydraulique en fonction du temps dans un sol aménagé



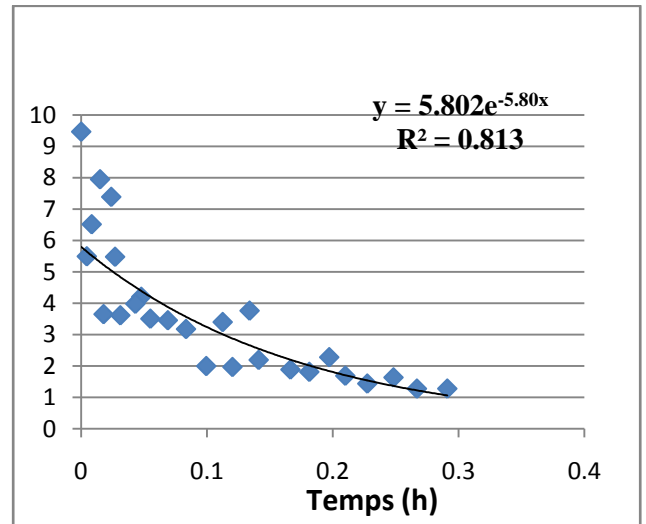
K = 1,52 cm/h = $4,22 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable



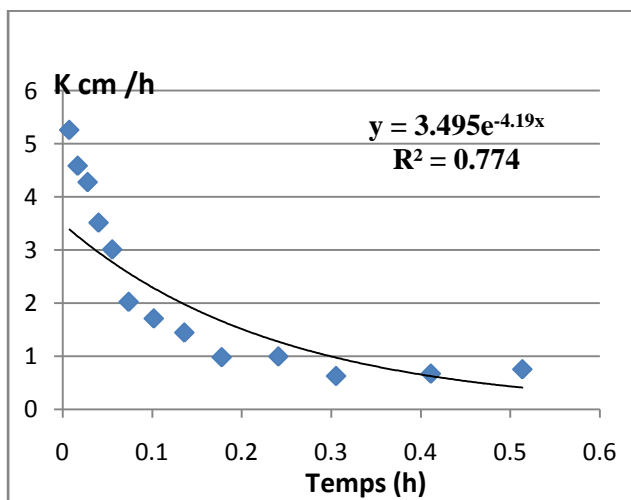
K = 1,13 cm/h = $3,14 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable



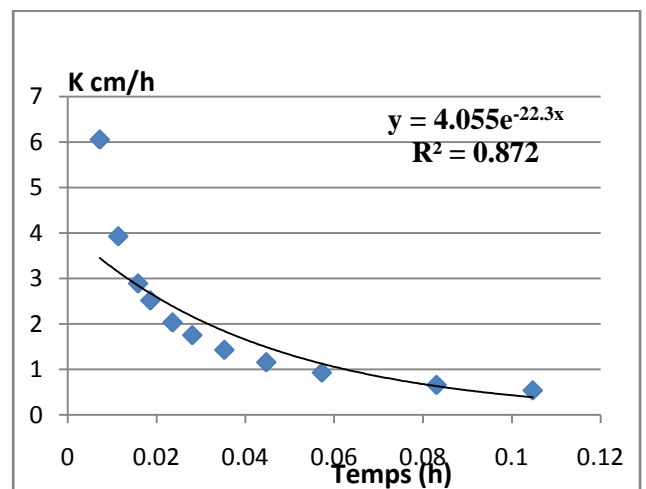
K = 0,79 cm/h = $2,2 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable



K = 1,28 cm/h = $3,55 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable



K = 0,75 cm/h = $2,1 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable



K = 0,53 cm/h = $1,5 \cdot 10^{-4}$ cm/s Sol moyennement perméable

Fig.18 Les graphique représente la conductivité hydraulique dans un sol non aménagé en fonction des temps.

Tous les graphiques obtenus ont montrés que les mesures de la conductivité hydraulique in situ sont bien effectuées selon les coefficients de corrélation qui varie entre 0,70 et 0,87. D'après les résultats obtenus en remarque que les valeurs de la conductivité hydraulique sont bien engendrés dans la gamme des sols moyennement perméables à l'exception d'une parcelle qui est peu perméable. On tire une conclusion que l'aménagement des sols n'a reflète aucune amélioration par rapport à la perméabilité des sols. De faite que cet aménagement touche que les deux premiers horizons des sols d'après les valeurs de la densité apparente .

Conclusion

L'étude des différents processus du mouvement de l'eau dans le système sol-plante-atmosphère ne peut pas être menée à bien sans la connaissance des paramètres permettant de prédire la dynamique de l'eau dans les couches superficielles du sol. Cependant, le comportement hydrodynamique des couches superficielles du sol, et plus particulièrement les premiers centimètres, reste difficile à caractériser in situ. Pourtant ceux-ci jouent un rôle primordial dans la partition entre l'eau qui va pénétrer dans le sol, et participer ainsi à l'alimentation hydrique de la plante, et celle qui va ruisseler, engendrant de ce fait diverses conséquences néfastes au plan agronomique : érosion, baisse de fertilité etc. C'est la raison pour laquelle, nous sommes intéressées à la méthode de mesure in situ qui permet d'obtenir de façon non destructive les paramètres hydrodynamiques du sol dans deux parcelles agricoles dans la région de Hmadna.

Il ressort que les deux parcelles se caractérisent par

L'étude de la conductivité hydraulique nous n'avons noté aucune différence sur le plan de la perméabilité du sol pour les deux parcelles étudiés et pour les différents profils. La tendance de la cinétique de l'infiltration au niveau du sol se manifeste suivant une allure décroissance jusque la saturation du sol.

Enfin, les résultats obtenus nécessitent plus de répétition pour pouvoir comprendre le phénomène de la perméabilité et le mouvement de l'eau dans le sol agricole.

Référence bibliographique

Girard M., Walter C., Rémy J., Berthelin J., Morel J. 2005, Sols et environnements.

Collection: Sciences sup

Gras R., 1988, Physique du sol pour l'Aménagement. Masson

Henin S., 1976, Cours de physique du sol. Ed ORSTOM: 159P

Hillel D., 1988, L'eau et le sol. Principes et processus physiques. Collec. Pédo.Sup. Codeni

Kemper W.D., Chepil W.S., 1966- Size distribution of aggregates. Agronomy, 9: 499-510.

Kholladi M., kholladi. M.N., 2009. Système d'aide à la classification des sols.

Université Mentouri – Constantine.

Musy, A., et Soutter, M. (1991). Physique du sol. Lausanne, Collection gérer l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes.

Anguela T. P., 2004. Étude du transfert d'eau et de solutés dans un sol à nappe superficielle drainée artificiellement. École Nationale de Génie Rural, des Eaux et Forêts, Paris

Annabi M., 2005, stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine : relation avec les caractéristiques de leur matière organique, INAT-Tunis, 270p

Baize D. 2000: guides des analyses en pédologie; 2eme édition revue et augmentée.

INRA

Baize D., Jabiol B. (1995) – Guide pour la description des sols. INRA

Bruand A., Duval O., Gaillard H., Darthout R., Jamagne M., 1996, Variabilité de

rétenition en eau des sols: importance de la densité apparente. Etude et gestion des sols, 3(1) : 27-40

Calvet, R. (2003). Le sol Propriétés et fonctions-Tome 1: constitution et structure, phénomènes aux interfaces, Éditions France Agricole.

Halitim A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p

Aubert G, 1983. Observation sur les caractéristique, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah ORSTOM. Ser .Ped .Vol xxx n°1, pp=73-78

U.S.S.L., 1954. Diagnostic and improvement of saline and alckali soils U.S.A.D, Hand book N°60 ,160p.

Yogo G, Assa A, 1986 Modification structurales de deux sols ferralitiques du nord-ouest de la Cote- d'Ivoire sous l'effet du piétinement par l'homme

Robert M. Cheverry C., 1996 Les ressource mondiales en eau et en sol une limitation pour l'avenire .Cahier (Agriculture), Vol.5, n°4 , :243-248,France .

Maertens C, 1964 Influence des propriétés des sols sur le développement radriculaire et conséquence sur l'alimentation hydrique et azotée des cultures .

Chawel A, 1977, Recherche sur la transformation des sols ferralitique dans la zone tropical a saison contrastées.

Blake G.R, Hartge K, 1986, (Bulk dentisty) P. 363-375 .in (Methods of soil analysis Klute A .(ed.).Part 1 .2nd Agron .Monoger (ed) .ASA SSSA ,Madison ,WI .

Thomas G., 2011. Infiltration de l'eau dans les sols : Développement et utilisation D'infiltromètres. Rapport de stage. Université Paris Sud 11.