



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar - EL' OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

THEME

**ETUDE COMPARATIVE DE LA QUALITE DES SOLS
D'AGRICULTURE DE SUD-EST ALGERIEN (OUED SOUF , EL
MEGHYER ET TOUGGOURT)**

Présenté Par: M^{elle} :BOUHAFS INTISAR

M^{elle} :DAHDI INSAFE

M^{elle} :GHENDIR AMAL

M^{elle} :NOUARI FATIMA

Devant le jury composé de:

Promotrice: Benkaddour Mounia M.C.B, Université d'El Oued.

Président: Zaater Abdel Malek M.C.A, Université d'El Oued.

Examineur: Djoudi Abdel Hak M.A.A, Université d'El Oued.

Année universitaire: 2021-2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre Le chemin de la science.

Nos sincères remerciements et notre s'adressent à notre promotrice **Mme BEN KADOUR MOUNIA** (Maître-assistant classe A, Université d'El -OUED)

Pour avoir accepté de Diriger ce travail, pour leur très grande patience, encouragements, Orientations et leurs conseils très précieux durant la réalisation de ce travail.

Nous remercions aussi les membres du jury et D'avoir accepté de revoir notre travail.

Nos remerciements vont également à **Mme CHERIET MOUNA** (Responsable Labo 9) que a contribué à notre formation et nos études, pour ses conseils, orientations et disponibilités.

De même, nous remercions **Mlle GHOUBI SANA**

Enfin, nous ne remercions toute personne qui est concernée de près ou de loin par notre travail, trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicace

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir aidé à accomplir ce travail,
nous lui demandons réussite et succès.

À celle qui m'a élevé et éclairé mon chemin avec ses prières et douas . À la
personne la plus chère à mes yeux, ma mère, qui m'a porté, supporté et soutenu
tout au long de ma vie, celle qui pleurait en silence et qui ne s'est jamais plaint,
Celle qui m'as donné et continue de me donner gentillesse et tendresse quand la vie
lui offrait fatigue et misère. Celle que Dieu a muni d'honneur et de fierté, ma très
chère mère . À toi ma précieuse que Dieu te garde pour nous

À celui qui n'a cessé de travailler dur pour que je réussisse. Celui qui m'a appris à
me battre pour arriver là où j'en suis aujourd'hui. À celui qui m'a poussé à avancer
en toute confiance et à affronter tout dès lors qu'il m'a offert mon premier stylo.

À mon cher père que dieu te bénisse.

À mes amies et soeurs avec lesquelles j'ai partagé tant de souvenirs et passé mes plus
belles années À chaque individu ayant prié pour ma réussite À tous les étudiants de
Biodiversité et Environnement promotion 2022

B.INTISARE

Dédicaces

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir aidé à accomplir ce travail, nous lui demandons réussite et succès.

À celle qui m'a élevé et éclairé mon chemin avec ses prières et douas . À la personne la plus chère à mes yeux, ma mère, qui m'a porté, supporté et soutenu tout au long de ma vie, celle qui pleurait en silence et qui ne s'est jamais plaint, Celle qui m'as donné et continue de me donner gentillesse et tendresse quand la vie lui offrait fatigue et misère. Celle que Dieu a muni d'honneur et de fierté, ma très chère mère . À toi ma précieuse que Dieu te garde pour nous

À celui qui n'a cessé de travailler dur pour que je réussisse. Celui qui m'a appris à me battre pour arriver là où j'en suis aujourd'hui. À celui qui m'a poussé à avancer en toute confiance et à affronter tout dès lors qu'il m'a offert mon premier stylo.

À mon cher père que dieu te bénisse.

À mes amies et soeurs avec lesquelles j'ai partagé tant de souvenirs et passé mes plus belles années À chaque individu ayant prié pour ma réussite À tous les étudiants de Biodiversité et Environnement promotion 2022

D.INSAFE

Dédicaces

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir aidé à accomplir ce travail, nous lui demandons réussite et succès.

À celle qui m'a élevé et éclairé mon chemin avec ses prières et douas . À la personne la plus chère à mes yeux, ma mère, qui m'a porté, supporté et soutenu tout au long de ma vie, celle qui pleurait en silence et qui ne s'est jamais plaint, Celle qui m'as donné et continue de me donner gentillesse et tendresse quand la vie lui offrait fatigue et misère. Celle que Dieu a muni d'honneur et de fierté, ma très chère mère . À toi ma précieuse que Dieu te garde pour nous

À celui qui n'a cessé de travailler dur pour que je réussisse. Celui qui m'a appris à me battre pour arriver là où j'en suis aujourd'hui. À celui qui m'a poussé à avancer en toute confiance et à affronter tout dès lors qu'il m'a offert mon premier stylo.

Que dieu prolonge sa vie à mon cher père

À mes amies et soeurs avec lesquelles j'ai partagé tant de souvenirs et passé mes plus belles années À chaque individu ayant prié pour ma réussite À tous les étudiants de Biodiversité et Environnement promotion 2022

G.AMAL

Dédicaces

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir aidé à accomplir ce travail, nous lui demandons réussite et succès.

À celle qui m'a élevé et éclairé mon chemin avec ses prières et douas . À la personne la plus chère à mes yeux, ma mère, qui m'a porté, supporté et soutenu tout au long de ma vie, celle qui pleurait en silence et qui ne s'est jamais plaint, Celle qui m'as donné et continue de me donner gentillesse et tendresse quand la vie lui offrait fatigue et misère. Celle que Dieu a muni d'honneur et de fierté, ma très chère mère . À toi ma précieuse que Dieu te garde pour nous

À celui qui n'a cessé de travailler dur pour que je réussisse. Celui qui m'a appris à me battre pour arriver là où j'en suis aujourd'hui. À celui qui m'a poussé à avancer en toute confiance et à affronter tout dès lors qu'il m'a offert mon premier stylo.

Que dieu prolonge sa vie à mon cher père .

À mes amies et sœurs avec lesquelles j'ai partagé tant de souvenirs et passé mes plus belles années À chaque individu ayant prié pour ma réussite À tous les étudiants de Biodiversité et Environnement promotion 2022

N.FATIMA

Résumé :

Le secteur agricole a été témoin une grande expansion de l'agroécosystème saharien dans le sud de l'Algérie. La plupart des régions du sud de l'Algérie sont considérées comme des zones sèches, en raison du manque de précipitation et de la rareté de l'eau. Dans notre travail, nous étudierons le sol de trois régions de Oued souf, Touggourt et Al-Mughayer. La présente étude consiste à une évaluation la qualité des sols agricoles dans ces régions, par les analyses des propriétés physique et chimique tel que pH, conductivité, matière organique,... de ces sols.

Les résultats des analyses de l'eau ont montré que pH (l'acidité) de l'eau dans toutes les régions et variait entre (7,05-7,85) ainsi qu'un taux élevé de salinité, qui variait entre (3,77-8,99) ms/cm

D'après cette étude que nous avons menée sur plusieurs sols agricoles dans les zones arides, et semi arides, On a trouvé des différences importantes entre les paramètres étudiés. La région d'Al-Mughayer, considéré comme meilleur sols agricoles par sa qualité du sol et des eaux d'irrigation

Mots clé : sols agricoles, zones arides, pH, conductivité, matière organique,

Liste des figures

- Figure N 01 : Sol sableux https://www.alloprof.qc.ca	04
- Figure N 02 : Sol limoneux https://www.alloprof.qc.ca	05
- Figure N 03 : Sol argileux http://www.minerally.sk	06
- Figure N 04 : Sol humifère http://www.minerally.sk	08
- Figure N 05 : Répartitions des constituants des sols (Richer, 2010).....	09
- Figure N 06 : Les caractéristiques physiques du sol (Richer, 2010).....	13
- Figure N 07 : diagramme de porosité du sol. (Richer, 2010).....	17
- Figure N 08 : courbe de rétention d'eau (perméabilité du sol) (Richer, 2010).....	18
- Figure N 09 : Carte explicative des zones arides dans le monde (wri -2002)	24
- Figure N 10 : La carte explique l'aridité en Algérie.....	25
- Figure N 11 : Situation géographique de zone El Oued Souf (VOISIN, 2004).....	30
- Figure N 12 : Situation géographique de zone Touggourt (HELAL et al, 2004).....	31
- Figure N 13 : Situation géographique de zone de Taibbet (HELAL et al, 2004).....	32
- Figure N 14 : Situation géographique de zone d'Al-Mughayyir. (VOISIN, 2004).....	33
- Figure N 15 : Le potentiel hydrique des eaux d'irrigation des sols étudiées.....	43
- Figure N 16 : Conductivité des eaux d'irrigation de sol agricoles.....	45
- Figure N 17 : La conductivité des sols agricoles étudiés.....	46
- Figure N 18 : Ph(KCL) dans les zones étudiées.....	47
- Figure N 19 : Humidité relative des sols agricoles étudiés.....	48
- Figure N 20 : Calcaire totale dans les sols agricoles étudiés.....	49
- Figure N 21 : Taux de calcaire actif dans les sols étudiés.....	50
- Figure N 22 : Le taux de matière organique dans les zones étudiées.....	51

Liste des tableaux

- Tableau N 01: Les caractéristiques physiques du sol (Morel. 1989).....	12
- Tableau N 02: (Christophe, 2007).....	19
- Tableau N 03 :Superficies des zones arides d'Algérie (Le HOUEROU, 1995)	26
- Tableau N 03: Zones agricoles.....	35
- Tableau N 04: PH eau.....	36
- Tableau N 05: PH (K Cl).....	36
- Tableau N 06 : La conductivité électrique CE ds /m à25C°	36
- Tableau N 07: Le gramme de pH des sols (GAUCHER, in SOLTSER-1981).....	37
- Tableau N 08: Echelle de la texture (SOLTSER-1981).....	38
- Tableau N 09: Classification des sols d'après leur teneur en matière organique (SOLT- SER-1981).....	40
- Tableau N 10: Potentiel hydrique dans les zones étudiées.....	43
- Tableau N 11 : Conductivité électrique des eaux d'irrigation dans les zones étudiées....	44
- Tableau N 12 : Montrant les valeurs de conductivité électrique dans les zones étudiées.	45
- Tableau N 13 : Valeurs d'acidité (KCL) dans les zones étudiées.....	46
- Tableau N 14: Humidité et texture des sols agricoles étudiés.....	47
- Tableau N 15: Résultats de calcaire total dans les sols des zones étudiés.....	49
- Tableau N 16 : Dosage de calcaire actif dans les sols étudiés.....	50
- Tableau N 17 : Pourcentage de la matière organique dans les différents sols agricoles étudiés.....	51

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale1

Partie I synthèse bibliographique

Chapitre I: Présentation du sol

I	Définition du sol	3
II	Les types des sols.....	3
II. 1	Le sol sableux.....	3
II. 2	Le sol limoneux.....	4
II. 3	Le sol argileux.....	5
II. 1.1	Sols argileux avec 25-40% d'argile	5
II. 3.2	Sols argileux avec 40% d'argile	6
II. 4	Sol humifère.....	6
III	Les composantes du sol.....	7
III. 1	La partie liquide.....	8
III. 2	La partie gazeuse.....	9
III. 3	La partie solide.....	9
III. 1.1	Fraction minérale.....	10
III. 3.2	Fraction organique.....	10

1	Les caractéristiques physico-chimiques du sol.....	11
IV. 1	Les caractéristiques physiques.....	11
IV. 1.1	La texture.....	11
IV. 2.1	La structure.....	13
IV. 1.3	La stabilité structurale.....	13
IV. 1.4	La porosité.....	16
IV. 1.5	La couleur.....	16
IV. 2	La rétention de l'eau (Perméabilité du sol)	17
IV. 2	Les caractéristiques chimiques.....	17
IV. 2.1	L'acidité ou Le Ph.....	17
1.	La capacité d'échange cationique.....	18
IV. 2.3	Le Calcaire actif.....	18
IV. 2.4	La Matière organique (MO).....	18
IV.2.5	Le Phosphore assimilable.....	19
IV. 2.6	L'Azote Le potassium.....	19
IV.1	La fonction du sol.....	19
IV.1	Une fonction biologique.....	20
V. 2	Une fonction alimentaire.....	20
V. 3	Une fonction d'échange et de filtre.....	20
V. 4	Une fonction mécanique.....	20

Chapitre II: L'AGRICULTURE DANS LES ZONES ARIDES

I.	La Notions d'aridité.....	22
II.	Les types d'aridité.....	22
III.	Les végétation des zones arides.....	22
IV.	Les problème des zones arides.....	22
V.	Répartition des zones arides :	23
V. 1.1	Dans le monde.....	23
2.	On Alegria	24

VI.	Agriculture en sol aride.....	25
------------	-------------------------------	-----------

Chapitre III: Matériels d'étude

I	Présentation générale des zones d'études.....	28
II	Choix de site d'étude.....	28
III	Objectif du travail.....	28
IV	La zone d'El Oued Souf.....	28
V	La zone de Touggourt.....	29
VI	La zone d'Al-Mughayyir.....	31
VII	Types d'eau d'irrigation dans les trois régions.....	32
VII. 1	Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique de Touggourt et Taibbet	32
VII. 2	Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique d'El Oued Souf	32
VII. 3	Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique d'Oued Righ (d'Al-Mughayyir).....	33
VIII	Zones agricoles.....	33
IX	Les matériaux utilisés.....	34
X	Méthodes sur le terrain.....	34
X.1	Échantillonnage des sols	34
X.2	Échantillonnage des eaux.....	34
XI	Méthodes d'analyses sur laboratoire.....	34
XI. 1	Méthodes d'analyses paramètres physico-chimiques des eaux.....	34
XI. 1.1	PH eau.....	34
XI. 1.2	La conductivité électrique C E ds /m à 25c°.....	35
XI. 2	Méthodes d'analyses paramètres physico-chimiques des sols	35
XI.2.1	pH eau.....	35
XI.2.2	PH (KCl).....	36
XI.2.3	Texture.....	37

XI.2.4	Matière organique.....	38
XI.2.5	Calcaire total.....	39
XI.2.6	Calcaire actif.....	40

CHAPITRE IV: Résultats et Discussion

I	Analyse des eaux d'irrigation.....	42
I.1	PH d'eau.....	42
I.2	Conductivité des eaux d'irrigation.....	43
II	Analyse de sol.....	44
II.1	Conductivité de sol.....	44
II.2	PH(KCL).....	45
II.3	Humidité.....	46
II.4	Calcaire totale.....	48
II.5	Calcaire actif.....	49
II.6	Matières organique.....	50

Conclusion Général.....52

Référence Bibliographique55

Introduction :

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes continentaux. Leur ensemble dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques, l'atmosphère et les deux couches superficielles de la lithosphère. C'est l'altération des roches mères, due à des forces chimiques et biologiques, qui donne naissance au régolite (manteau superficiel de débris), lui-même transformé en ce que l'on appelle sol. **(Duchaufour, 1977; Stauber, 2016).**

Les ressources de l'agriculture des zones arides sont limitées si on les compare aux populations qui vivent. La destruction du couvert végétale et du sol dans ces régions est reconnait par tous les spécialistes. **(HALITIM, 1988)**

Il n'est pas dû uniquement à un changement du climat, mais essentiellement à une action humaine (Les diverses activités humaines de l'agriculture aux industries ont appauvri les sols en matières organiques, en éléments minéraux, les ont transformés, pollués Ex : la pollution des sols notamment suite à l'usage intensif d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires pour lutter contre les mauvaises herbes et les parasites, la mise en décharge de déchets, les rejets de polluants organiques et de métaux par les sites industriels, la mise en culture de prairies et de forêts), il s'agit d'un déséquilibre intervenait entre les conditions écologiques et l'exploitation du sol, dû en particulier à l'augmentation de la population.**(HALITIM, 1988)**. Les écosystèmes dans les zones arides connaissent un équilibre délicat et très fragile, le sol est l'élément de l'environnement de la destruction est souvent irréversible et qui entraîne les conséquences les plus graves à court et à long terme, qui provoque la désertification par l'interaction complexe entre les facteurs du milieu (homme, végétation, animaux, sol et climat) **(HALITIM, 1988).**

En zone hyper aride, la formation et l'évolution du sol sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité **(MEHDI, 2006).**

Le climat, la topographie, la végétation, l'hydrologie et la lithologie font naître différents types des sols par des différents processus d'altération soit chimique comme la dissolution, hydrolyse, l'oxydation et la réduction, déterminent des changements de composition chimique. De structure et porosité du substrat qui mènent à la formation d'horizon ; soit physique comme l'action du gel, de la lumière, de l'eau, détermine dilatations et contraction qui engendrent la fissuration des roches et à terme leur fragmentation verticale **(SOLTNER, 2003).**

Pour l'étude du sol nous ne oublions pas le coté d'eau, car il représente un facteur principale pour la formation du sol, que l'eau est le constituant essentiel des végétaux, elle représente 70 à 80% de leur poids frais. Qu'il existe une corrélation entre l'activité physiologique et la teneur en eau de la plante (**HELLER, 1969**).

Selon **FAO (1998)**, les besoins en eau d'une culture représentent la quantité d'eau nécessaire pour couvrir les pertes en eau par l'évaporation directe du sol et par transpiration à travers la plante. Ce qui représente l'évapotranspiration d'une culture réalisent son potentiel de production.

Pour une meilleure connaissance du sol agricole d'Algérie et pour un objectif d'améliorer l'agriculture dans les zones arides selon les meilleures terres agricoles dans ces régions nous avons réalisé cette étude dans les régions d'Oued Souf, Al-Mughayer et Touggourt en comparant la qualité des différents sols agricoles. En effet, le présent travail consiste à la caractérisation physique et chimique de ces sols est constitué principalement en trois grands chapitres

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur le sol et l'agriculture dans les zones arides.

Le deuxième chapitre : matériels et méthodes.

Le troisième chapitre : résultats et discussions.

Et à la fin une conclusion

Chapitre I : Le Sol

Chapitre I : Le Sol

I. Définition du sol

Le sol est la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre, à l'interface entre géosphère, biosphère et atmosphère, car en effet il possède des constituants minéraux, venant de l'altération de la roche-mère (Roche mère : Roche souterraine plus ou moins profonde qui donne naissance au sol par fragmentation et dégradation lente, au cours des temps géologiques), des constituants organiques, venus de la décomposition d'êtres vivants, et des constituants gazeux circulant dans ses interstices. De plus, le rôle du sol est fondamental, nous l'avons vu, dans la production primaire, puisqu'il fournit aux végétaux chlorophylliens les ions minéraux dont ils ont besoin. **(Stengel et Gelin, 1998).**

Le sol est la partie superficielle de la croûte terrestre modifiée par les agents atmosphériques (pluie, vent, alternance de chaud et de froid, etc.) et par les êtres vivants qu'il abrite **(Duchaufour, 1991).**

On peut définir le sol selon **(Demolon, 1966)**, la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants. **(Duchaufour, 1991).**

II. Les types des sols :

Les sols varient en fonction de leur texture et de leur structure. La texture d'un sol dépend de la taille des particules qui le composent. Afin de déterminer la texture d'un sol, on peut simplement procéder par un test tactile ou par le test du bocal d'eau **(Agbenin, 2004)**

En effet, un sol composé majoritairement d'argile forme une boule qui se tient dans la main alors qu'un sol fait de sable file plutôt entre les doigts. La texture du sol influence directement sa structure, sa teneur en nutriments, son humidité et sa capacité à drainer l'eau **(Stengel et Gelin, 1998).**

On peut regrouper les sols en quatre grands types :

1) Sol sableux :

Les sols sableux, caractérisés par une faible capacité de fixation des éléments chimiques, ce qui les rend particulièrement sensibles à l'acidification, d'autre part, des propriétés d'infiltration rapide qui les rendent peu propices à jouer le rôle de tampon, avec en conséquence des risques de pollution des nappes en profondeur. (Stengel et Gelin, 1998).



Figure N 01- Sol sableux (<https://www.alloprof.qc.ca>)

Texture: Contient surtout du sable; sol très poreux qui ne retient pas l'eau; sèche et se réchauffe en peu de temps. <https://www.alloprof.qc.ca>

Structure: Glisse entre les doigts en raison de l'absence de cohésion entre les particules; très sensible à l'érosion par le vent et au lessivage. <https://www.alloprof.qc.ca>

Culture: Ne convient pas aux végétaux ayant besoin de beaucoup d'eau; convient à la culture de l'asperge, de la carotte, de la pomme de terre, des cactus, etc.

<https://www.alloprof.qc.ca>

Avantages: Sol qui se travaille bien et qui draine bien l'eau; peut-être réchauffé très rapidement. <https://www.alloprof.qc.ca>

Désavantages: Sol peu fertile qui ne retient pas l'eau; très propice à l'érosion.

<https://www.alloprof.qc.ca>

2) Sol Limoneux



Figure N 02- Sol limoneux (<https://www.alloprof.qc.ca>).

Texture : contient surtout du limon ; adhésion partielle des particules du qui se désagrègent en petits morceaux sous l'effet de l'environnement ; porosité moyenne.

<https://www.alloprof.qc.ca>.

Structure : particules relativement serrées permettant à l'air et à l'eau de circuler plus ou moins facilement superficie IIe d'une croûte sèche qui limite l'imité l'infiltration d'eau, tout en favorisant le ruissellement le ruissellement ; très grande sensibilité à l'érosion par l'eau, surtout la ou les pentes sont abruptes. <https://www.alloprof.qc.ca>.

Culture : convient à la culture du blé, du maïs, des betteraves,

<https://www.alloprof.qc.ca>.

Avantages : sol qui se travaille bien et qui est très fertile. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010)

Désavantages : sol très fragile, qui s'érode facilement. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010)

3) Sol argileux :

Les sols argileux comprennent les limons (silts) et les argiles qui sont par définition des sols à grains fins dont plus de 50 % de leur poids sec est constitué de particules inférieures à 0,075 mm Leur consistance peut varier de très molle à dure. Ils sont caractérisés par des teneurs en eau habituellement élevées, ce qui les rend généralement compressibles, indépendamment de leur consistance. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998).



Figure N 03- Sol argileux (<http://www.mineraly.sk>)

Texture: Contient surtout de l'argile; sol lourd et compact dont les particules demeurent collées entre elles comme de la pâte à modeler; risque de compaction du sol si des masses lourdes (comme des camions) se retrouvent en surface; un sol compacté sera alors difficilement drainé; souvent désigné sous le nom de « glaise ». (MEHDI, 2006)

Structure: Peu de place pour la circulation de l'eau et de l'air; retient bien l'eau et les éléments nutritifs; sensibilité à l'érosion par le vent, car si la surface est sèche, cette couche superficielle peut être littéralement pulvérisée; tendance à être alcalin. (MEHDI, 2006)

Culture: Sol très fertile, car il est riche en éléments nutritifs; il ne doit pas être gorgé d'eau afin de ne pas affecter la croissance végétale; convient à la culture de la tomate, de l'orge, du soya, etc. <http://www.mineraly.sk>

Avantages: Sol qui retient bien l'eau et qui est très fertile. <http://www.mineraly.sk>

Désavantages: Sol qui se travaille mal et qui réagit mal aux variations de température (gèle facilement). <http://www.mineraly.sk>

- **Les types des sols argileux :**

- 1. Sols argileux avec 25-40 % d'argile :**

Ces sols ont une bonne capacité à transporter de l'eau par action capillaire depuis les couches profondes, mais la diffusion est lente et donc les exigences en eau des végétaux ne

sont pas couvertes. La couleur de ces sols est plus sombre et leurs agrégations sont plus distinctes. L'agrégation diminue le risque de formation d'une croûte. Ces sols se travaillent facilement si la teneur en eau est correcte. Il existe un risque de formation de mottes si le sol est trop sec ou bien de "beurrage" s'il est trop humide. Leur structure peut être améliorée grâce au climat, aux racines,... Sols argileux 40%. (Stengel et Gelin, 1998).

2. Sols argileux avec 40 % d'argile :

Les argiles lourdes ont une grande capacité de rétention d'eau, mais la plus grande partie de cette eau est étroitement liée et n'est pas disponible par les végétaux. La teneur en humus est souvent supérieure à celles des autres sols minéraux. Elles ne forment pas de croûte en séchant. La structure de ces sols peut être améliorée grâce au gel/dégel et l'assèchement/l'humidification. Quand l'hiver est froid, l'argile gèle et donne une structure agrégée très favorable à la couche superficielle du sol. Si elle sèche sans avoir gelé, l'argile peut devenir très rigide et difficile à travailler. <http://www.mineraly.sk>

Ces sols saturés en eau, peuvent être collants et très imperméables. A cause de la forte présence d'argile, la teneur en substances nutritives est très élevée. Les argiles lourdes, quand elles sont sèches, nécessitent une reconsolidation importante au semis mais pas si elles sont humides et malléables. Les travailler lorsqu'elles sont humides présente un risque de compaction du sol. (Stengel et Gelin, 1998).

4) Sol Humifère

Ils sont les moins sensibles à l'acidification et ont un pouvoir tampon élevé. En fonction de leur granulométrie, le plus souvent argilo-limoneuse à argileuse, et de leur structuration généralement de qualité, ils sont relativement perméables et les risques de pollution des nappes sont à contrôler. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998).



Figure N 04- Sol humifère(<http://www.mineraly.sk>)

Texture: contient surtout de la matière organique ; particules foncées relativement lâches qui glissent entre les doigts ; permet à l'eau de s'écouler facilement. <http://www.mineraly.sk>

Structure: Peut retenir une grande quantité d'eau sans devenir collant comme le sol argileux ; retient bien les engrais ; peut être sensible à l'érosion par le vent. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010)

Culture : Souvent utilise pour la culture des légumes. (Stengel et Gelin, 1998).

Avantages : Sol très fertile, qui retient bien l'eau et qui se réchauffe facilement. (Gobat, Aragno et Matthey, 2010)

Désavantage : Sol parfois très acide qui peut nuire au développement des végétaux. (Stengel et Gelin, 1998).

III. Les composantes du sol :

Le sol est un milieu poreux où se déroulent de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques. C'est un système multi-composant ouvert formé par trois parties: solide, liquide et gazeuse. (Duchauffour, 1977)

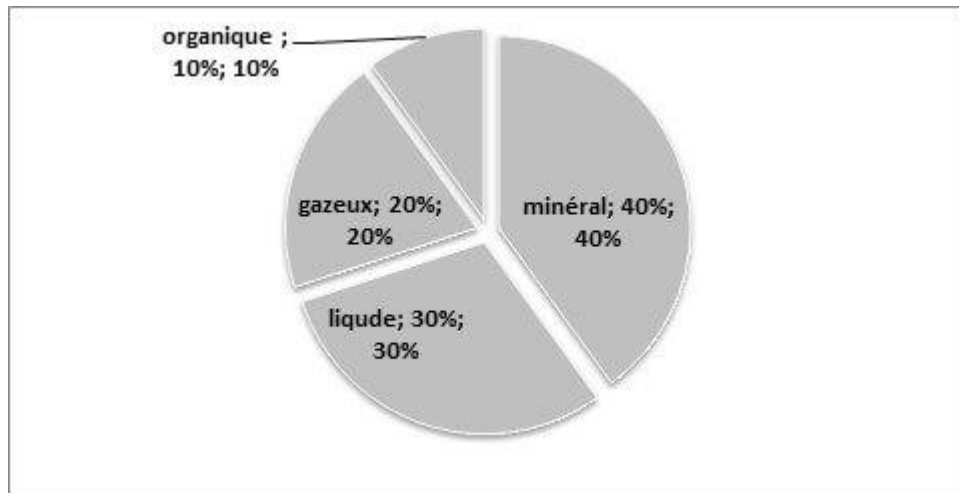


Figure N 05. Répartitions des constituants des sols (Richer, 2010)

1) La partie liquide :

Très mobile, la fonction liquide du sol ou la solution du sol en est un carrefour fonctionnel important, grâce à sa capacité de transporter les substances entre, par exemple la fraction solide et les racines des plantes. Elle assure la lixiviation des cations lors de la pédogenèse, elle est le siège de nombreux processus de solubilisation ou d'in-solubilisation. Par rapport aux constituants solides, qui traduisent souvent une évolution à long terme, elle reflète le fonctionnement actuel. (ANRH, 2009)

L'eau se présente sous trois états principaux dans le sol et il n'est pas toujours aisé d'y retrouver la solution du sol. (ANRH, 2009)

La teneur globale en eau d'un sol est soumise à des changements très rapides, fonctions des précipitations, de l'évapotranspiration et des remontées capillaires (Duchaufour, 1977; Gobat et al, 2010).

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais une solution dont la composition est complexe et très variable. On la désigne par l'expression « solution du sol ». Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non, de sorte qu'il n'existe pas de composition type. (Duchaufour, 1977; Gobat et al, 2010).

On peut cependant donner quelques indications générales en distinguant deux catégories de solutés:

– Les microéléments dont la concentration est inférieure à 1 mmol/m³, beaucoup d'éléments traces métalliques entrent dans cette catégorie.

– Les macroéléments dont la concentration est supérieure à cette limite; les éléments les plus fréquents et les composés chimiques correspondants sont: C (HCO_3), N (NO_3^-), Na (Na^+), Mg (Mg^{2+}), Si ($\text{Si}(\text{OH})_4$), S (SO_4^{2-}), Cl (Cl^-), K (K^+), Ca (Ca^{2+}) et O_2 .

La phase liquide du sol (encore appelée solution du sol), est principalement constituée par l'eau, dans laquelle sont présents les ions minéraux et des molécules organiques. Sa composition dépend essentiellement du milieu géologique avec lequel elle est en contact, mais aussi des eaux de pluie et de l'eau de surface. (ANRH, 2009)

2) La partie gazeuse

Dans le sol, l'air occupe les pores abandonnés par l'eau lors de son retrait, d'abord les plus grossiers, puis les plus fins. Sa quantité dépend ainsi d'une combinaison entre la texture, la structure et la teneur en eau. Mais il est aussi en échange avec l'atmosphère extérieure, dans des concentrations relatives différentes en gaz libres. La composition de l'air dans le sol présente des fluctuations saisonnières liées à l'activité biologique (KHADRAOUI et TALAB, 2008).

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. Sa composition est souvent voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique.

L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique (André Musy et Marc Soutter.1991).

Les sols bien aérés contiennent environ 180 à 205 ml d' O_2 par litre d'air mais cette teneur peut être abaissée à 100 ml ou moins dans les sols inondés et dans des microenvironnements alentours des racines des plantes. (KHADRAOUI et TALAB, 2008).

La teneur en CO_2 est généralement comprise entre 3 et 30 ml par litre de sol et peut atteindre 100ml par litre d'air en profondeur ou au voisinage des racines et en milieux saturés en eau. (André Musy et Marc Soutter.1991).

L'air du sol contient également d'autres substances, telles que NO, N_2O , NH_3 , CH_4 , H_2S et, parfois, des composés organiques volatils (Calvet, 2000).

3) La partie solide :

Les constituants minéraux du sol sont primaires, hérités directement de la roche-mère, ou secondaire, issus de la transformation chimique des précédents et réunis alors dans le complexe d'altération. Celui-ci comporte des sels ou des silicates ; ces dernières sont des col-

loïdes, comme les hydroxydes de fer ou d'aluminium, autres minéraux secondaires. Si l'altération est "totale", elle libère des ions isolés ou des micromolécules Par des transformations chimiques. (**KHADRAOUI et TALAB, 2008**).

La composition minéralogique du complexe d'altération se différencie de celle de la roche-mère, avec des effets importants sur l'orientation de **la pédogenèse** (La pédogenèse est l'ensemble des processus physiques, chimiques et biologiques responsables de la transformation au cours du temps d'une roche-mère en sol, puis de l'évolution de ce sol)

De la litière à la matière organique humifiée : la mort des êtres vivants, leurs déchets et sécrétions apportent au sol sa matière organique, qualifiée de fraîche avant qu'elle ne se transforme en humus (Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables). (**Duchaufour, 1991; Gobat, Aragno et Matthey, 2010**).

On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide, puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquides (**KHADRAOUI et TALAB, 2008**).

3.1. Fraction minérale

Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol. La composition minérale dépend de la nature de la roche-mère. La nature des minéraux peut être extrêmement diverse avec des tailles granulométriques différentes (**Imke de Pater, Jack J. Lissauer, 2010**)

- Sable ($\varnothing = 50 \mu\text{m}$ à 2000)
- Limon ($\varnothing = 2 \mu\text{m}$ à 50).
- Argile granulométrique ($\varnothing < 2\mu\text{m}$).

La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses (**Gobat, Aragno et Matthey, 2010**).

3.2. Fraction organique

La fraction organique d'un sol est constituée à plus de 80% de matière organique morte (résidus de plantes et d'animaux en état de décomposition naturelle) (**Christian Feller, 1997**).

On trouve aussi des organismes vivants : des bactéries, des champignons et une micro-faune formée de protozoaires, nématodes, insectes, vers de terre (**Imke de Pater, Jack J. Lissauer, 2010**)

Le sol est un habitat généralement favorable à la prolifération des microorganismes, leur nombre est supérieur à celui trouvé dans les eaux douces ou marines : la population microbienne s'élève à des valeurs comprises entre 10^6 et 10^9 bactéries par gramme de sol (**Christian Feller, 1997**).

I. Les caractéristiques physico-chimiques du sol

II. Les caractéristiques physiques

- **La texture**

Les éléments minéraux entrant dans la composition du sol sont plus ou moins gros, on les classe en fonction de leur taille. Dont la taille est supérieure à 2 mm est éléments fins. La composition du sol en éléments grossiers et en éléments fins est la granulométrie ; la répartition des éléments fins en sables, limons, argiles est la texture. Un sol possède toujours une granulométrie mais pas forcément une texture (s'il ne comporte pas d'éléments fins) ni une structure (si les éléments qui le constituent ne sont pas liés entre eux). (**Duchaufour, 1991; Pousset, 2002**).

La texture ou la granulométrie fait référence à la répartition des sédiments en fonction de leur taille. C'est une propriété fixe du sol qui est de loin la propriété la plus importante. La texture a une influence dominante sur les propriétés physiques et chimiques des sols. (Morel. 1989).

Les limites exactes qui distinguent une fraction texturale d'une autre varient en fonction du système de classification mais des limites souvent utilisées sont définies dans le tableau ci. (**Monnier G. 1965**).

Tableau N 01 Les caractéristiques physiques du sol (Morel. 1989).

Type de sédiment	DIAMETRE
Argile	<2µm (0,002 mm)
Limon	2 µm à 50 µm (0,002-0,050 mm)
Sable	50 µm à 2 mm (0,050mm a 2 mm)
Gravier	2 mm a2 cm

Cailloux	2cm a 5cm
----------	-----------

Même si la granulométrie repose uniquement sur la taille des sédiments, les différentes fractions sont souvent constituées de différents minéraux :

- **Sable** : surtout du quartz, aussi des feldspaths et micas. Peu de minéraux secondaires.
- **Limon** : 50% quartz, autre 50% sont des feldspaths, des micas et des minéraux secondaires - des oxydes de Fe et d'Al.
- **Argile** : surtout des minéraux secondaires, et à très forte dominance les phyllosilicates ; dans les milieux humides tropicaux il y a beaucoup d'oxydes de Fe et d'Al. (Le Bissonnais Y. & Le Souder C. 1995)

Les sédiments de moins de 2 mm font partie de la fraction fine. La fraction fine est utilisée pour définir la classe texturale du sol. Les sédiments plus grossiers que 2 mm sont enlevés de l'échantillon et les quantités d'argile, de limon et de sable sont exprimées en % de la fraction fine. Ceci ne veut pas dire que la fraction grossière n'est pas importante pour les sols - son impact peut être très important pour l'aération, la circulation de l'eau et l'efficacité du sol en fonction de sa teneur. La fraction fine a été choisie parce qu'elle est très souvent dominante dans des sols cultivés et pour des raisons de normalisation. A partir de ces données, il est possible de classer le sol dans une classe texturale. (Monnier G. 1965).

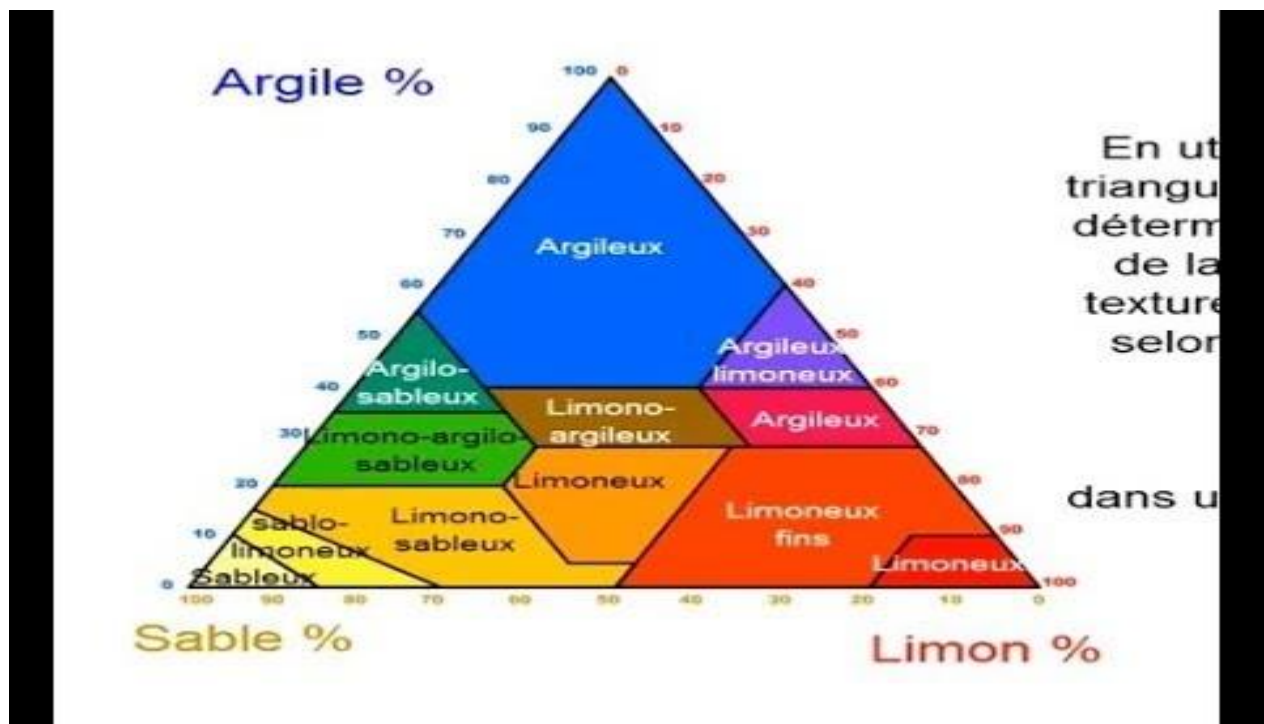


Figure N 06 Les caractéristiques physiques du sol (Richer, 2010)

- **La structure**

La deuxième caractéristique du sol qui influence les propriétés physiques est la structure du sol. La structure du sol fait référence à l'organisation des sédiments définis par la texture. Plusieurs types de structure, ainsi que plusieurs formes d'agrégats, peuvent être définis mais la présentation est simplifiée à trois seulement : particulaire, massive, en agrégats. **(ZAABOUBI Siham 2007)**

- **Particulaire** : les sédiments n'ont pratiquement aucune cohésion et restent à l'état de particules libres. Ceci est le cas, par exemple de sables ou de graviers. **(Robert Morel. 1996)**
- **Massive** : les sédiments sont pris en masse, d'un sol bloc. Ceci est le cas des argiles lourdes. **(Marcel Jamagne.2011)**
- **Agrégé** : ceci représente la grande majorité des sols. En effet, sous l'effet cohésif des argiles et des matières organiques surtout (et dans une moindre mesure les limons), le sol s'organise en une hiérarchie d'agrégats : les particules forment de micro-agrégats, qui se combinent pour former des méso-agrégats, et ensuite des macro-agrégats. **(ZAABOUBI Siham 2007)**
- Un sol bien structuré permettra un équilibre entre mouvement (dans les pores plus grands) et rétention (dans les pores plus petits) de l'eau. Cette propriété du sol se gère par le travail du sol, Les amendements (matières organiques et apports calciques) sont aussi destinés à favoriser la structure du sol. C'est donc une propriété qui varie avec la saison et les techniques culturales. **(Marcel Jamagne.2011)**

Les racines des végétaux sont particulièrement importantes pour le développement de la structure du sol et en général, plus la densité racinaire est importante, mieux la structure est développée. **(Robert Morel. 1996)**

- **La stabilité structurale**

La stabilité structurale est une mesure de la résistance des agrégats à la désagrégation. Un sol dont les agrégats ont une forte cohésion possède une bonne stabilité structurale ; des agrégats avec une faible cohésion ont donc une faible stabilité structurale et ils se désagrègent facilement sous l'impact des gouttes de pluie. L'influence de la stabilité structurale se ressent surtout par son impact sur l'infiltration de l'eau dans le sol et la facilité avec laquelle le sol est érodé (son « crédibilité »).**(Marcel Jamagne.2011)**

Les facteurs principaux qui influencent la stabilité structurale d'un sol cultivé sont la texture, la teneur en matières organiques et les types de cations présents dans le sol. **(Monnier G. 1965)** .

La texture

Des textures avec trop peu d'argiles ont une faible cohésion et donc une faible stabilité structurale. Les sols les plus sensibles sont les sols riches en limons et/ou sables fins. **(Ozenda, 1991; Voisin, 2004)**

Les limons ont une faible cohésion et sont des particules très fines. Ils sont donc facilement détachés de la matrice du sol et facilement transportés par le ruissellement. **(Monnier G. 1965)**

Les sables fins ont une cohésion encore plus faible. **(Ozenda, 1991; Voisin, 2004)**

Les sables grossiers ont une très faible cohésion, mais parce que ce sont des sédiments plus gros que les limons et sables fins, ils sont moins facilement transportés par les eaux de ruissellement. **(Monnier G. 1965)**

Une fourchette très approximative pour une teneur en argile idéale serait entre environ 15% et 30-40%. En-dessous de 15%, la stabilité structurale devient relativement faible et le sol facilement érodé ; au-delà d'environ 40%, le sol a tendance à être lourd, avec une forte rétention de l'eau et une structure tendant à être massive. **(DUPARQUE et RIGALLE, 2006)**

1. La matière organique

Le terme matière organique du sol regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elle représente en général 1 à 10 % de la masse des sols. **(Ozenda, 1991; Voisin, 2004)**

Elle se répartit en trois groupes :

- **Les Matières Organiques Vivantes (MOV)**, animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...). **(Ozenda, 1991; Voisin, 2004)**

- **Les débris d'origine végétale** (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «**Matières Organiques fraîches** ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables. **(DUPARQUE et RIGALLE, 2006)**
- **Les composés organiques stabilisés**: «**Matière Organique stable** », les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total. **(DUPARQUE et RIGALLE, 2006)**

2. Le type de cation dans le sol

Les argiles ont une charge électrostatique négative, les cations en solution ont une charge électrostatique positive. L'attraction entre argiles (charge à dominante négative) et cations permet aux argiles de former des agrégats par des « ponts cationiques ». Le calcium est un cation particulièrement bénéfique pour la structure du sol et favorise la formation d'agrégats stables. Les agriculteurs se servent de calcaire broyé (CaCO_3) ou de chaux (CaO , où $\text{CaCO}_3 + \text{chaleur (environ } 850^\circ\text{C)} = \text{CaO} + \text{CO}_2$) pour remonter le pH de leur sol et améliorer sa structure. Les apports de calcaire broyé ou de chaux sont considérés comme des amendements.

(Duchaufour, 2001)

Pratiquement tous les cations rencontrés dans le sol (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^+ ...) ont un effet bénéfique ou neutre sur la structure, sauf un : le sodium (Na^+). Le sodium agit comme un dispersant dans le sol et contribue à sa désagrégation. Des problèmes de sodicité se rencontrent surtout dans des zones arides et semi-arides où il y a trop peu de lessivage pour emporter les sels vers la nappe phréatique et cours d'eau, et où l'évaporation concentre les sels près de la surface. **(Ozenda, 1991; Voisin, 2004)**

Beaucoup de sels = salinité, beaucoup de sodium = sodicité.

Il existe 2 mesures de la sodicité d'un sol :

- 1- Pourcentage de sodium échangeable (« Exchangeable Sodium Percentage - ESP ») :

$$(\text{Na}^+ \text{ échangeable} / \text{CEC}) * 100$$

- 2- Rapport de l'adsorption du sodium (« Sodium Adsorption Ratio - SAR ») :

$$[\text{Na}^+] / (0.5 * ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]))^{0.5}$$

Le sol est sodique si le « ESP » ≥ 15 ou si le « SAR » ≥ 13 .

Cependant, l'effet négatif du sodium se ressent à des valeurs plus faibles que 15 pour le ESP ou 13 pour le SAR, même des valeurs de 4-5 peuvent fortement réduire la stabilité structurale et faciliter l'érosion du sol. (Duchaufour, 2001)

- **La porosité**

La porosité, c'est-à-dire le volume des vides, exprimé en pourcentage du volume total, divisé lui-même en deux parties : capacité en air, capacité en eau, est la meilleur expression de l'état actuel de la structure ; elle donne les indications essentielles concernant les propriétés physiques, assurant à la plantes son alimentation en eau et la respiration de ses racines (Duchaufour, 2001) .

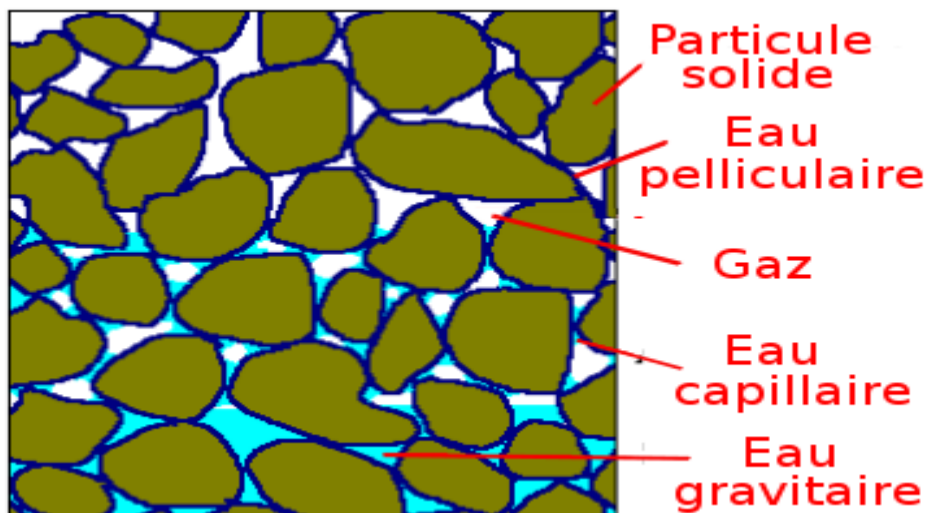


Figure N 07 : diagramme de porosité du sol. (Richer, 2010)

- **La couleur :**

La couleur du sol dépend de la nature de leurs composantes, et elle joué un rôle en détection de la fertilité du sol et leur capacité productrice (Oustani, 2016).

La couleur est une donnée de sol très utilisée, aussi bien dans les travaux de terrain que dans les systèmes de Classifications (Oustani, 2016).

Son étude se développe actuellement en relation avec les propriétés spectrales des sols et de leurs constituants, observées au laboratoire ou par télédétection (Duchaufour, 2001).

- **La rétention de l'eau (Perméabilité du sol)**

Gammes de perméabilité attendues en fonction du la texture du sol :

La teneur en eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol. Le volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir est la capacité au champ ou capacité de rétention du sol qui dépend essentiellement de la granulométrie du sol (Beauchamp, 2006; Musy et Soutter, 8 1991).

La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau, puisque ces deux fluides se partagent l'espace interstitiel (Duchaufour, 2001; Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998).

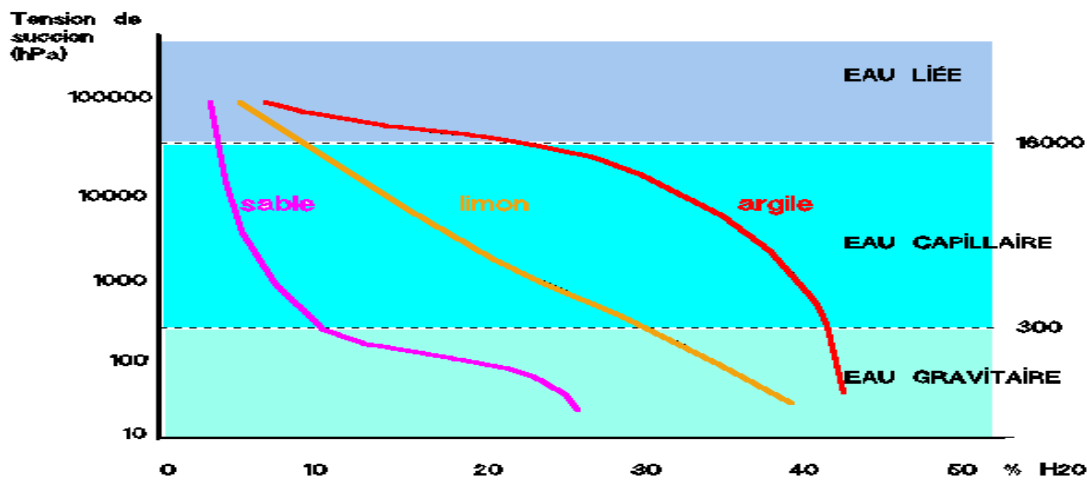


Figure N 08 : courbe de rétention d'eau (perméabilité du sol) (Richer, 2010)

2. Les caractéristiques chimiques :

- **L'acidité ou Le pH**

Le potentiel hydrique (pH) a une grande importance dans l'évolution et la formation des sols. Il se mesure sur une échelle allant de 0 (très acide) à 14 (très basique). Un sol est dit acide lorsque son pH est inférieur à 5.5. Un sol est dit basique lorsque son pH est supérieur à 7. Et le sol avec pH entre 5.5 et 7 est dit neutre. Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes du sol (Agbenin, 2004; Duchaufour, 1977; Duchaufour, 2001).

- **La capacité d'échange cationique (CEC)**

La capacité d'échange cationique (CEC) est la capacité à fixer de façon réversible les cations échangeables (Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) (BAIZE., 2004).

Les cations sont liés aux feuillets d'argile par des forces de nature électrostatique et possèdent la propriété d'être échangeables. Ces cations échangeables se fixent à la surface des feuillets et assurent la liaison entre eux (Christophe, 2007).

L'intensité de ces liaisons dépend de la valence de ces cations, qui est probablement le facteur déterminant dans capacité d'échange ou de remplacement des cations plus élevé qui peuvent remplacer facilement les cations de valeurs plus faibles (Christophe, 2007).

Tableau N 02: (Christophe, 2007).

Nature des colloïdes	CEC en c mol+/Kg de terre
Argiles	3 à 150
Humus	300 à 500
Matière organique peu humifiée	100

- **Le Calcaire actif**

La fraction de calcaire d'un sol capable de libérer assez facilement du calcium est appelée calcaire actif. Une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif. L'excès de calcaire actif nuit à certaines plantes. On considère généralement que des problèmes sérieux peuvent commencer à apparaître à partir de teneurs en calcaire actif voisines de 50 pour mille (Duchaufour, 2001; Pousset, 2002).

- **La Matière organique (MO)**

Les classes d'appréciation de la teneur du sol en matière organique sont réalisées en fonction du taux d'argile. En effet, la matière organique améliore la structure et diminue l'érosion du sol, a un effet régulateur sur sa température, permet au sol de stocker davantage d'eau et représente aussi un milieu de culture pour les organismes vivants, contribuant ainsi à améliorer significativement la fertilité du sol (Agbenin, 2004; Duchaufour, 2001).

- **Le Phosphore assimilable**

Le phosphore (P) est un élément essentiel de tous les organismes vivants. Chez les végétaux, il joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologique comme la croissance, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, il représente souvent un facteur limitant, par suite de sa faible concentration dans les sols (**Duchaufour, 2001; Pousset, 2002**).

- **L'Azote**

Contrairement à la plupart des autres éléments présents dans le sol, l'azote ne provient jamais de l'altération des roches sur lesquelles se sont élaborés les sols au cours du temps. L'azote est souvent le nutriment limitant dans le sol, il est recyclé plusieurs fois par les organismes avant son assimilation par la plante. Lorsqu'on ajoute de l'azote dans le sol, il faut le faire pour les microbes et non pour la plante. Il s'agit toujours de petites quantités (10-20 U/ha) à mettre juste avant le démarrage de l'activité des microbes (**Agbenin, 2004; Duchaufour, 2001**).

- **Le potassium**

Le potassium joue un rôle important dans la production, le transport et le stockage des sucres dans la plante. Le potassium n'est pas très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies (**Agbenin, 2004; Duchaufour, 2001**).

Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Le potassium dans le sol se trouve uniquement sous forme minérale. Il provient soit de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, soit des engrais. Le potassium utilisable par les plantes est retenu à la surface des particules d'argiles et d'humus. Durant la croissance de la plante, il est libéré dans la solution du sol en fonction des besoins (**Duchaufour, 2001; Martin Prével et Montagut, 1966**)

IV. La fonction du sol

Que l'on considère globalement son rôle dans la biosphère, ou plus précisément son rapport aux besoins des hommes, le sol assure quatre fonctions essentielles :

- I **Une fonction biologique** : Le sol est l'habitat d'une grande variété d'espèces animales et végétales. De plus, la plupart des cycles biogéochimiques passent par le sol qui est un élément constitutif de nombreux écosystèmes : La diversité biologique des espèces terrestres est donc étroitement liée à la couverture pédologique (**Duchaufour, 2001; Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998**).
- II **Une fonction alimentaire** : Le sol produit, ou contient, tous les éléments nécessaires à la vie. Il les stocke et les met à la disposition des plantes et des animaux (**Gobat, Aragno et Matthey, 2010**).
- III **Une fonction d'échange et de filtre** : Le sol est un milieu poreux. Il est traversé en permanence par des flux hydriques et gazeux qui échangent leurs composants minéraux et organiques avec ceux du sol. Il est également un filtre, un système épurateur : les qualités chimiques et biologiques des eaux se modifient lorsqu'elles le traversent. Le sol, système poreux, est aussi le siège d'échanges constants avec l'atmosphère (**Duchaufour, 2001; Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998**).
- IV **Une fonction mécanique** : Enfin, le sol est à la fois support et matériau pour la construction (bâtiments, routes, barrages, ...) et support pour les végétaux. Ces différentes fonctions sont difficilement dissociables : le sol constitue en fait un réacteur assurant un rôle fondamental dans les grands cycles biogéochimiques, et tout usage du sol pour assurer une production entraîne inmanquablement une modification de ces cycles (**Duchaufour, 2001; Gobat, Aragno et Matthey, 2010; Stengel et Gelin, 1998**).

CHAPITER II :
L'AGRICLTURE DANS LES ZONES
ARIDES

I. 1-La notion d'aridité :

Est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible. Dans les régions dites arides ou sèches, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle. L'aridité étant une notion spatiale, une région peut être qualifiée d'aride et non une période.

Elle est d'ailleurs marquée sur près de 30% des terres continentales bien que répartie sur diverses latitudes (Armand Colin -1977)

II. les types d'aridité :

L'aridité climatique : C'est un phénomène climatique conséquence d'une installation d'un climat sur une région de la planète, ce climat caractérisé par la faiblesse des précipitations moyennes annuelles et par le fort déficit des précipitations par rapport à l'évapotranspiration potentielle.

Aridité édaphique : phénomène très fréquent au niveau des régions sèches, où le recouvrement végétal ne dépasse les 30 à 40%, ce phénomène se produit lorsque le sol présente des caractéristiques provoquant la réduction de sa capacité potentielle d'emmagasinement de l'eau. Donc il s'agit d'un stress hydrique qui favorise la dégradation de la couverture végétale, et donc la dégradation de la biodiversité (article - christian floret et roger pontanier - 1984).

III. Végétation des zones arides

Dans les zones arides, le couvert végétal est rare. On peut néanmoins distinguer trois formes de plantes:

- annuelles éphémères;
- pérennes succulentes;
- pérennes non succulentes. (FAO 1992).

IV. Les problèmes des zones arides :

En zone aride, le vent est, de beaucoup, l'agent d'érosion le plus actif. L'eau de ruissellement peut cependant elle aussi provoquer un arrachement puis un entraînement du sol même

dans ces régions au moins lorsque la pluviométrie annuelle dépasse 100 à 150 mm. La pluie tombe, en effet, sous la forme de quelques tornades ou orages très violents; parfois plus de 50 ou 70 mm en 12 heures. (Hills , 1960).

V. Répartition des zones arides :

V.1 Dans le monde :

Wri (2002) vient de proposer pour classer la zone aride de considérer les valeurs du rapport ratio précipitation annuelle / évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (Figure 1), le monde à été divisé en :

- La zone hyper aride couvrant environs 11 millions de Kilomètres carrés, soit 8% des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- Les zones arides, semi-arides et subhumides sèche et couvrent près de 54 kilomètres carrés, se rencontres surtout dans continents, mais elles sont principalement concentrées en Asie et Afrique (Madani Djamila - 2008)



Figure N 09 : Carte explique des zones arides dans le monde (wri-2002)

V. 2.1 On Algérie :

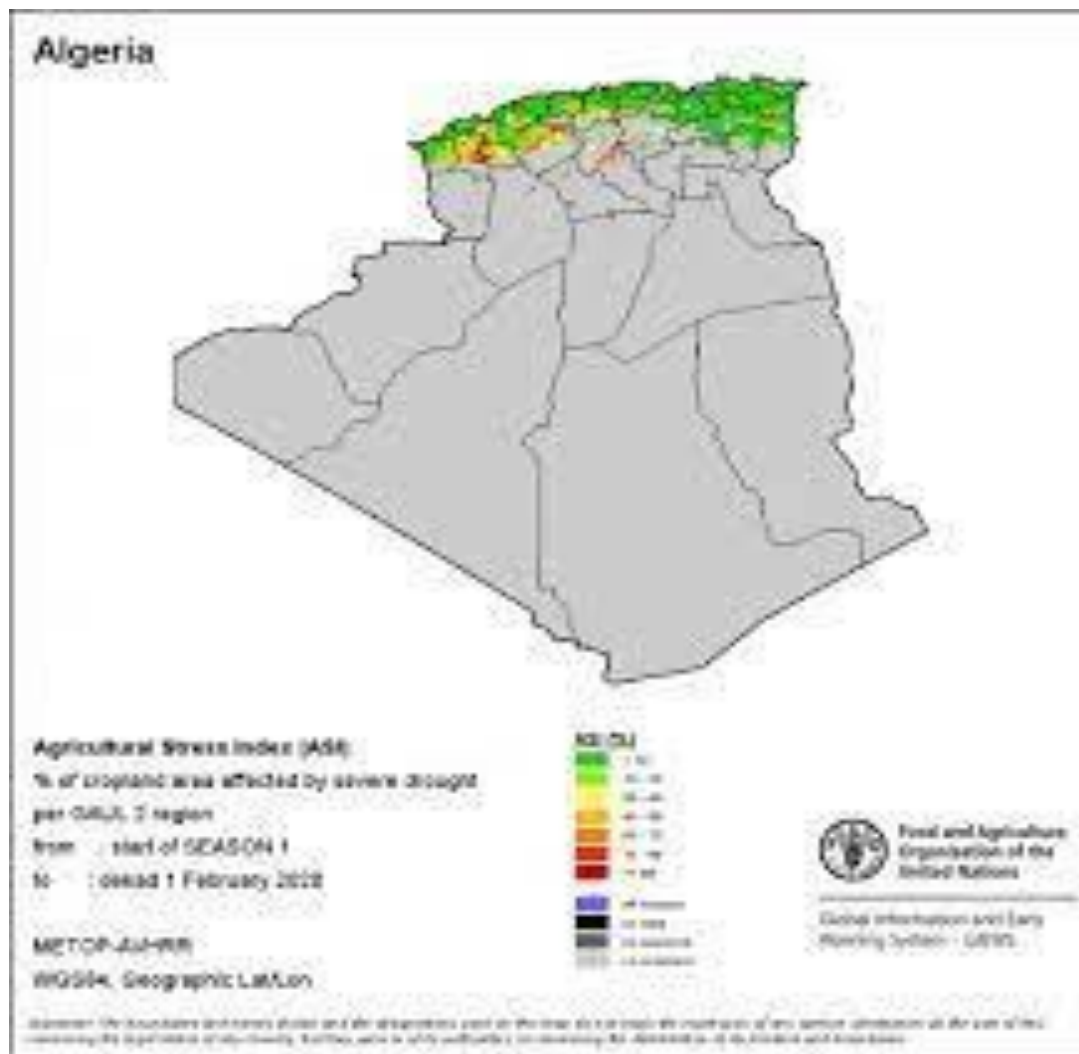


Figure N 10: le carte expliqua l'aridité on algeria

Tableau N 03 : Superficies des zones arides d'Algérie en 103 Km² (Le Houerou, 1995) :

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

VI. -Agriculture en sol aride

On estime à l'heure actuelle qu'environ 40% des terres émergées de la planète sont arides, soit 5,2 milliards d'hectares, sur lesquelles vivent plus de 2 milliards de personnes. L'Afrique contient 37% de zones arides. En Algérie, ces dernières représentent près de 95% du territoire national, dont 80% dans le domaine hyper aride. Elle est soumise aux effets du réchauffement climatique.

Les Etages bioclimatiques méditerranéens sont classés selon la pluviométrie comme suit:

- Etage hyper-aride ou Saharien: < 100 mm
- Etage aride: entre 100 et 350/400 mm
- Etage semi-aride: entre 350/400 et 600 mm.
- Etage sub - humide: entre 600 et 800 mm
- Etage humide: > 800mm.

Les étages aride et semi-aride peuvent être à leur tour subdivisés. Très souvent dans les travaux, les termes zones arides ou régions arides intègrent les étages hyper-aride, aride et semi-aride ou se réfèrent uniquement à l'étage hyper-aride.

D'une manière générale, en régions méditerranéennes à cause des caractéristiques du milieu physiques les écosystèmes sont fragiles et sensibles aux facteurs de dégradation, cependant, dans cet exposé nous nous intéressons aux régions situées dans les étages bioclimatiques aride et hyper-aride, c'est à dire aux régions déjà désertiques et les régions les plus vulnérables vis à vis de la dégradation du milieu. En Algérie les $\frac{3}{4}$ du territoire est confronté avec acuité à ces phénomènes.

Dans ces régions l'espace agricole se rétrécit à cause de la dégradation des terres arables et l'augmentation de la production agricole suppose aussi une intensification de l'agriculture qui n'est pas sans danger sur les ressources naturelles: eau, sol, biodiversité. L'augmentation de la productivité doit se faire en veillant à sa durabilité, ce qui suppose une optimisation des productions agricoles c'est à dire la recherche d'un compromis entre productivité et durabilité. **(Algerian journal of Aride Environnement -Amro HALITIM -2011).**

CHAPITRE III:
Matériels et Méthodes

I. Présentation générale des zones d'études :**II. Choix de site d'étude:**

Cette étude a été réalisée au sein du laboratoire Pédagogique de biologie à la faculté de Biologie, Universitaire Hamma Lakhdare El-Oued durant l'année universitaire 2021-2022, pour étudier principalement la qualité et les différences entre les sols agricoles dans trois zones arides et semi-aride dans le sud-est algérien qui sont Oued Souf, Al-Mughayer et Touggourt.

III. Objectif du travail

Etude comparative des sols agricoles et des eaux d'irrigation dans différents site dans le sud-est Algérien pour déterminer les zones les plus favorables en agricultures dans ces zones.

V. La zone d'El Oued Souf :

La région d'étude est située dans la wilaya d'El Oued, l'une des principales oasis du Sahara septentrional algérien. Elle est au sud-est du pays et au Nord-Est du grand Sahara algérien. Elle se trouve à une distance de 650 km de la capitale, et occupe une superficie de 44.586 km² Voisin, 2004 ; elle est limitée par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tebessa au nord, au nord-est par la wilaya de Djelfa, au sud et sud-est par la wilaya d'Ouargla, et à l'est par la frontière tunisienne. Traditionnellement, les limites des oasis du Souf sont l'Erg oriental jusqu'aux abords du Chott Melghir, où s'étire une masse de palmeraies limitée à l'Est par la frontière tunisienne et à l'ouest par l'immense oasis de l'Oued-Righ. Les limites de cette oasis atteignent la frontière libyenne au sud. Figure. (VOISIN, 2004).

Cette région se trouve à une altitude moyenne de 80 m, de longitude 05°30' et 07°00' Est de Latitude 35°30' et 37°00' Nord, accusant ainsi une diminution notable du sud au nord pour être à 25 m au-dessous du niveau de la mer dans le chott Melghir qui occupe le fond de l'immense bassin du Bas Sahara. Elle possède des dunes qui dépassent parfois les 100 m de hauteur. (D.S.A., 2008).

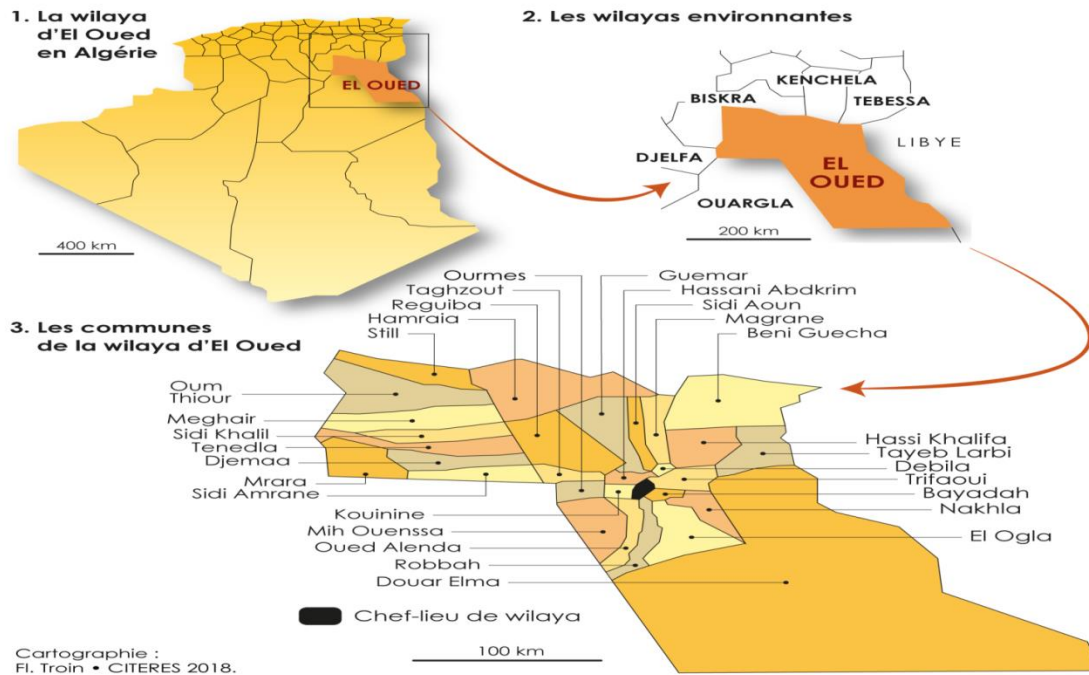


Figure N 11 : Situation géographique de zone El Oued Souf (VOISIN, 2004).

VI. La zone de Touggourt

Touggourt la capitale historique de la région de l'Oued Righ comprise entre le grand Erg Oriental au sud - est et la zone de Chotts au nord.

La zone de Touggourt est située entre les latitudes Nord $32^{\circ}54'$ et $34^{\circ}9'$ Nord et les longitudes Est $5^{\circ}30'$ et $6^{\circ}20'$. L'altitude moyenne est d'environ 70 m. La superficie totale de cette zone est de 18.74 km² (HELAL et al, 2004).

La wilaya de Touggourt est une wilaya algérienne créée en 2019 et officialisée en 2021, auparavant, une wilaya déléguée créée en 2015. Elle est située dans la Sahara algérien. (HELAL et al, 2004).

La wilaya de Touggourt est située dans le Sahara algérien, sa superficie est de 17 428 km²².

Elle est délimitée :

- au nord par la wilaya d'El M'Ghair
- à l'est par la wilaya d'El Oued
- à l'ouest et au sud par la wilaya d'Ouargla (HELAL et al, 2004).

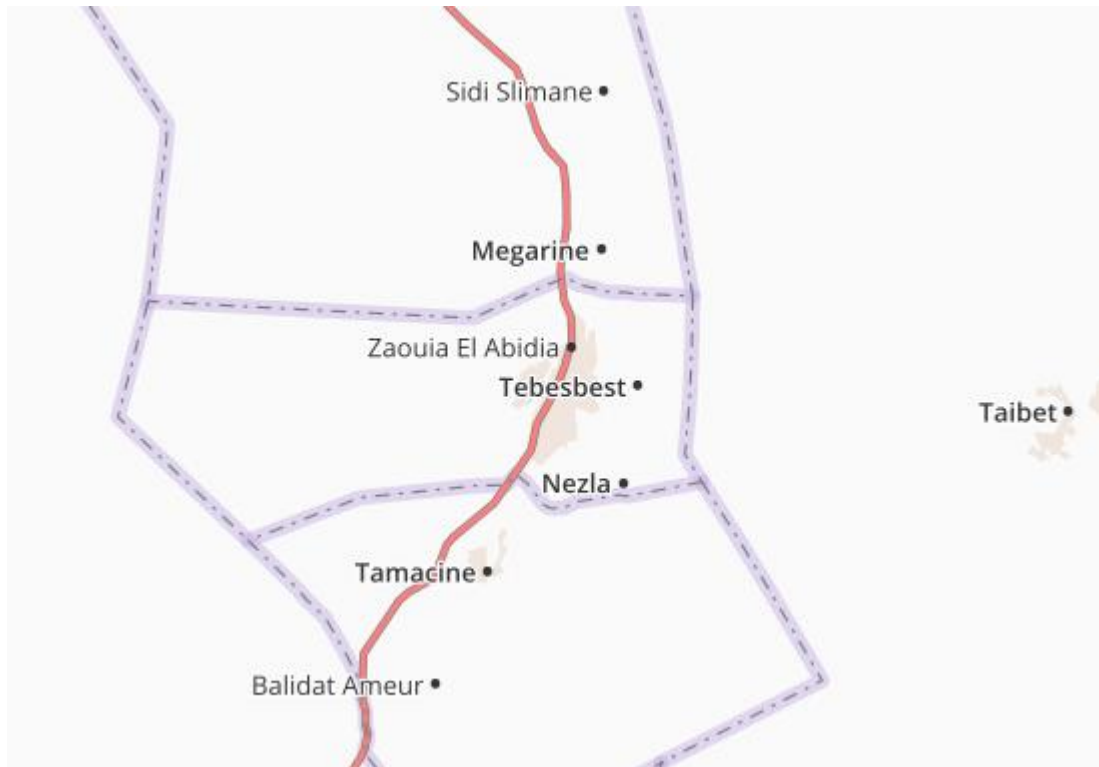


Figure N 12 : Situation géographique de zone Touggourt (HELAL et al, 2004).

Une étude qui était dans la région de TAIBBET, exactement :

- **La zone de TAIBBET :**

Cette zone est située au Nord Est du Sahara Algérien. Elle forme la limite Nord du grand Erg Oriental. Couvrant une superficie de 14.628 km². Géographiquement, cette zone est limitée au Nord et à l'Ouest par les chotts de l'Oued Righ, à l'Est par la région de l'Oued Souf, et au Sud par les communes d'El Bourma et Hassi Messoud, à l'Ouest par la commune, d'Elhdjira et les communes de Touggourt (D.P.A.T, 2009). Du point de vue administratif, Taïbbet appartient à la wilaya d'Ouargla. Elle englobe trois communes (Ben Nasseur, Taïbbet, et El'Mnagueur) (HELAL et al, 2004).

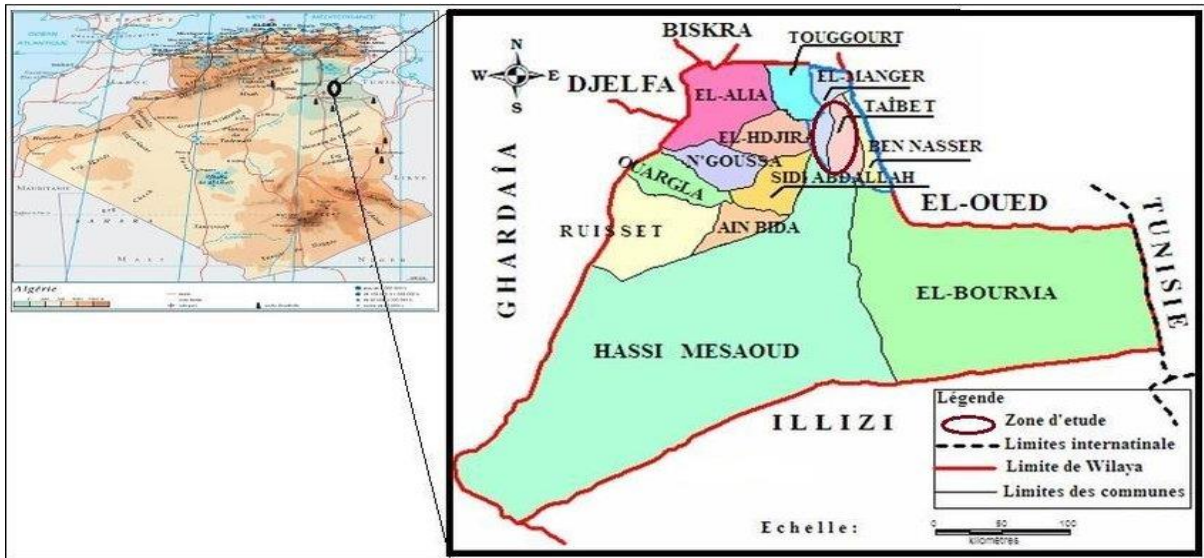


Figure N 13 : Situation géographique de zone de Taibbet (HELAL et al, 2004).

VII. La zone d'Al-Mughayyir :

Al-Mughayyir est situé dans l'est de l'Algérie et est bordé au nord par la Wilayat de Biskra, à l'est par les états d'El-Oued et Touggourt, au sud par les wilayats de Touggourt et Ouargla et à l'ouest par la wilaya d'Oued Jalal, c'est une coquille vide, en plus de la vallée toujours coulante des moutons (Site aps.dz 2021).

La région détient la plus grande réserve d'eau souterraine d'Algérie, ce qui en a fait en même temps une région semi-aride riche en eaux souterraines. Elle se caractérise par un sol fertile propice à la culture de nombreux légumes et fruits, en plus de la culture des palmiers dans toutes ses régions. (Abbas Alkarkhi F.M., Ismail N., Mat Easa A., 2008)

Al-Mughayyir est une région semi-aride selon une étude décennale selon l'échelle des précipitations et des températures, où le taux de précipitation annuel est de 70 mm ou plus. Elle se caractérise également par un climat chaud en été et froid en hiver, avec une température généralement de 35°. *Dzair Daily*, 21 février 2021 (consulté le 22 février 2021)



Figure N 14 : Situation géographique de zone d'Al-Mughayyir (VOISIN, 2004).

VIII. Types d'eau d'irrigation dans les trois régions

Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique de Touggourt et Taibbet:

Ils sont constitués de trois (3) nappes différentes:

- Une nappe phréatique de profondeur de 1 à 60 m.
- Une nappe des calcaires du complexe terminal qui se situe entre de 60 à 290 m.

Une nappe du continental intercalaire (dit de l'albien) qui se situe de 290 à 1800 m de profondeur (D.P.A.T, 2009).

Dans la zone de Touggourt, il existe plusieurs niveaux aquifères dont : la nappe phréatique au nord ; le complexe terminal d'âge du Sénon- éocène carbonaté et d'âge de moi- pliocène sablo argileux et le continental intercalaire d'âge du crétaé inférieur (D.P.A.T, 2009).

Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique d'El Oued Souf:

La nappe phréatique L'eau phréatique existe dans la majorité de territoire de Souf. Elle repose sur le plancher argilo-gypseux du Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau de la surface du sol, ne dépasse pas une distance moyenne verticale de plus de 40 m de sable non aquifère (D.S.A, 2005.).

L'alimentation de cette nappe, assurée par les eaux de drainage de l'irrigation et par les eaux résiduaires urbaines, les eaux des sources, les précipitations, etc. Le sens de l'écoulement des eaux de la nappe phréatique suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord (**Guendouz, Reghis et Moulla, 1992**).

L'épaisseur de la nappe phréatique contenue dans les sables dunaires quaternaires est de l'ordre de quelques mètres (jusqu'à 40 m à El Oued), est variable selon les lieux et la saison. Dans le Souf, cette nappe est exploitée par environ 35000 puits, équipés de groupes motopompes (**Khezzani et Bouchemal, 2018 ; JARA 2020**).

C'est une source capitale pour l'irrigation dans les palmeraies et les cultures maraichères (**Rouillois-Brigol, 1975**).

Les eaux des nappes phréatiques sont très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus secs et parfois plus (**Dubost et Moguedet, 2002**).

Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique d'Oued Righ(d'Al-Mughayyir)

La région (d'Al-Mughayyir) d'Oued Righ SE Algérien l'existence aussi de deux grands systèmes aquifères, séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporitiques , de la base du Crétacé supérieur (**JARA 2020**).

Ces deux nappes de Continental Intercalaire et de Complexe Terminal, peu profonde au sud et profonde au nord, présente une potentialité en eau importante. Ces nappes sont fortement utilisées pour l'irrigation, l'industrie et l'alimentation en eau potable (**JARA 2020**)

L'étude hydro chimiques montre que les eaux des nappes profondes possèdent une salinité élevée (2,72 dS/m (CI) et 10,61 dS/m (CT3)), due à l'effet de la dissolution des formations géologiques (évaporitiques et carbonatées),et facteurs anthropique tel que la détérioration de la qualité des eaux de surface en raison du développement urbain et industriel (**Abbas Alkarkhi F.M., Ismail N., Mat Easa A., 2008**).

Les rejets des agglomérations ainsi que celles des usines sont souvent rejetés directement au niveau du canal et puis ver un écosystème vivant (Chott Marouane) et des fois ver des lacs et des Sebkhas probablement trouvent dans des zones de percolation, donc la possibilité de contaminé les nappes peu profonde à ce moment il doit être apparition des phénomènes non désirables. (**Benhaddya 2020**).

- Sites d'étude :

VIII. Les Zones agricoles :

Tableau N :04 Les zones agricoles

Numéro	Région	type de culture
01	Al-Mughayer(sidi Oumrane 1)	plante de coriandre
02	Al-Mughayer (sidi Oumrane 2)	Epinard
03	Touggourt(Taibbet 1)	différents légumes
04	Touggourt(Taibbet 2)	Pomme de terre
05	d'El Oued Souf(Reguiba)	Pomme de terre
06	El Oued Souf (Ourmas)	différents légumes

IX. Les matériaux utilisés :

- Les sols agricoles
- Les eaux d'irrigation

X. Méthodes sur le terrain :

a) Échantillonnage des eaux

Les prélèvements ont été effectués manuellement dans les flacons en matière plastique, l'échantillon est pris directement à la tête du puits.

b) Échantillonnage des sols

Un échantillon a été prélevé manuellement sur le sol cultivé

XI. Méthodes d'analyses sur laboratoire

1) Méthodes d'analyses paramètres physico-chimiques des eaux :

1. PH eau (1/ 2,5)

- Peser 10 g du sol.
- Ajouter 25 ml d'eau distillée dans un bécher 100 ml.
- Agiter pendant 15 mm avec un agitateur magnétique.
- Laisser reposer 15 mm.
- Mesurer le ph à l'aide d'un ph mètre.

Norme d'interprétation : Selon Baize 1988.

Tableau N 05 : PH eau

pH	Désignation des eaux
pH entre à 3,5	Hyper_ acides
pH entre 3,5 et 5	Très acides
pH entre 5 et 6,5	Acides
pH entre 6,5 et 7,5	Neutre
pH entre 7,5 et 8,7	Basique
Supérieure à 8,7	Très basique

2. La conductivité électrique C E ds /m à25c° :

La conductivité électrique (1/5)

- Peser 10 g du sol.
- Ajouter 50 ml de d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.
- Agiter pendant 15 mm un agitateur magnétique.
- Laisser reposer 15 mm.
- Mesurer la CE à l'aide d'une conductivité mètre.

Norme d'interprétation : Selon Aubert, 1978.

Tableau N 06 : La conductivité électrique CE ds /m à25c°

Type d'eau	La conductivité électrique
Non Salé	> 0,6 ms /cm
Peu Salé	0,6 - 1,2 ms /cm
Salé	1,2 - 2,4 ms /cm
Très Salé	2,4 – 6 ms /cm

2) Méthodes d'analyses paramètres physico-chimiques des sols :

1. pH eau :

Pour déterminer le pH eau :

- tamiser le sol d'analyse avec un tamis de 2mm de diamètre.

- peser 5g de sol dans un flacon ou piluliers à agitation et ajouter 25ml d'eau distillée. Agiter avec agitateur culbuteur pendant deux heures de temps à température proche de 20°C.
- Laisser reposer la solution 24 heures.
- mesurer le pH eau au moyen d'un pH mètre.

2. PH (KCl):

Peser 10 g du sol.

- Ajouter 25 ml de KCl 0,1N (7,465g / l) dans un bécher de 100 ml.
- Ajouter pendant 30 mm avec un agitateur magnétique.
- Laisser reposer 15 mm.
- Mesurer le ph à l'aide d'un ph mètre.

Norme d'interprétation : Selon L. I.T. A 1977.

La détermination de l'acidité d'échange se fait de la même manière que pH eau Mais à la place de l'eau distillée on met une solution KCL (1N), pH KCL donne une Idée exacte de la quantité d'ions H fixés.

Tableau N 07 : Le gramme de pH des sols (GAUCHER, in SOLTSER-1981)

Ph	Désignation des sols
3 – 4,5	Extrêmement acides
4,5 – 5	Très fortement acides
5 – 5,5	Très acides
5,5 – 6	Acides
6 – 6,75	Faiblement acides
6,75 – 7,25	Neutres
7,25 – 8,5	Alcalins
> 8,5	Tés alcalins

3. Texture : selon l'échelle de SOLTSER, 1981.

Pour déterminer la texture du sol, nous avons utilisé la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (H %) et le comparer à une échelle qui détermine la texture lui correspondant.

Nous avons tout d'abord pris 50 g du sol et nous l'avons imbibé d'eau, goutte à goutte tout en mélangeant jusqu'au point où la pâte devienne luisante et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient. Ensuite, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide (P_0).
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé) et la mettre dans la capsule puis repeser (P_1).
- Mettre à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (P_2), le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.

Calcul:

Pour calculer le pourcentage d'humidité on utilise la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{(P_0 + P_1) - P_2}{P_1} \times 100$$

Tableau N 08 : Echelle de la texture (SOLTSER-1981).

Pourcentage d'humidité	Texture
< 12	Sableuse
12 – 24	Sableu-limoneuse
24 - 37.5	Limono sableuse
37.5 – 45	Limono argileuse
45-75	Argilo limoneuse
> 75	Argileuse

Enfin comparer (H %) au tableau ci-dessus pour déterminer la texture.

4. Matière organique :

Selon la méthode d'Anne :

On met 1g de sol dans un erlenmeyer, on ajoute 10ml de bichromate de potassium (8%) avec 15ml d'acide sulfurique concentré. On laisse bouillir pendant 5mn sur une plaque chauffante, transvaser le contenu dans une fiole de 100ml et ajouter de l'eau jusqu'au trait de jauge.

On prend 20ml de la solution, on ajoute 200ml d'eau distillée puis on ajoute 2 à 3 gouttes de diphénylamine et une pincée de Naf, on titre la solution avec le sel de mohr (0,2N) jusqu'à virage de la solution qui passera de la couleur violette à la couleur verte.

La quantité du sel de mohr utilisée est X.

Faire un témoin dans les mêmes conditions que l'échantillon, mais sans sol, Y la quantité de sel de mohr utilisée pour le titrage du témoin.

On a la relation suivante :

$$C\% = (Y-X) \times 0,615 \text{ mg} \times (100/20) \times (100/P) \times (1/1000)$$

Y : la quantité de sel de mohr utilisée pour titrer le témoin

X : la quantité de sel de mohr utilisée pour l'échantillon à doser.

0,615 : facteur d'équivalence entre le sel de mohr et le carbone (en mg).

100/20 : on utilise 20 ml à partir de 100 ml.

P : poids du sol (1g).

1/1000 : facteur du converti on.

$$\% \text{ matière organique} = \% C \times 1.72$$

Tableau N 09 : classification des sols d'après leur teneur en matière organique (SOLT-SER-1981)

% de la M O	Appréciation
1 >	Extrêmement faible
1 - 1,5	Très faible
1,5 – 2	Faible
2 – 2,5	Moyen
2,5 – 3	Moyennement élevé
3 _ 3,5	Elevé
3,5_ 4	Très élevée

5. Calcaire total :

- Peser un poids P_0 de terre broyée de 1 à 10 g. (soit 5 g).
- Placer l'échantillon dans un Erlen.
- Ajouter 50 ml d'HCl 0.5 N.
- Recouvrir avec un verre de montre et bouillir pendant 5 min.
- Laisser refroidir, filtrer et laver le filtre.
- Déterminer la quantité d' HCl qui n'a pas réagit avec les CaCO_3 en ajoutant deux gouttes de phénophtaléine.
- Titrer avec le NaOH 0.25N.

Calculs :

$$\text{CaCO}_3 \% = \frac{5 \times [50 \text{ ml (HCl)} \times 0.5 \text{ N} - X \text{ ml (NaOH)} \times 0.25 \text{ N}]}{P_0}$$

6. Calcaire actif :

Par définition, il s'agit des particules de carbone suffisamment fines pour réagir avec l'oxalate et donner un précipité d'oxalate de Ca.

Solution d'extraction : oxalate d'ammonium approximativement N/5 soit 14.2 g/L.

- Pour sols peu humifères « Méthode Drouineau ».

- Peser 10 g de sol, ajouter 250 ml de solution oxalate. Agiter 2 heures à l'agitateur mécanique. Centrifuger. Filtrer.

- Prélever 10 ml de solution. Ajouter 10 ml de H₂SO₄ 0.1 N. Chauffer sans dépasser 60/70° C.

- Titrer par KMnO₄ 0.1 N jusqu'à coloration rose persistante (On dose les ions oxalate qui n'ont pas réagi avec le calcium).

Calcul :

Soit n le nombre de ml de KMnO₄ versés dans la solution d'extraction du sol. N pour 10 ml de la solution témoin d'oxalate d'ammonium sans sol.

1 me d'oxalate correspond à 1 me de CaCO₃. Soit 50 mg (Bonneau et Souchier, 1994).

$$\text{CaCO}_3 \% = 1.25 (N-n)$$

CHAPITRE IV:
Résultats et Discussion

Analyse des eaux d'irrigation :

PH d'eau :

Les résultats du potentiel hydrogène des eaux d'irrigation des zones étudiées ont montrées dans le tableau suivant :

Tableau N 10 : potentiel hydrique dans les zones étudiées

Zones d'étude	pH
Sidi Omran 1	7,33
Sidi Omran 2	7,65
Taibbet 1	7,67
Taibbet 2	7,85
Reguiba	7,05
Ouermas	7,47

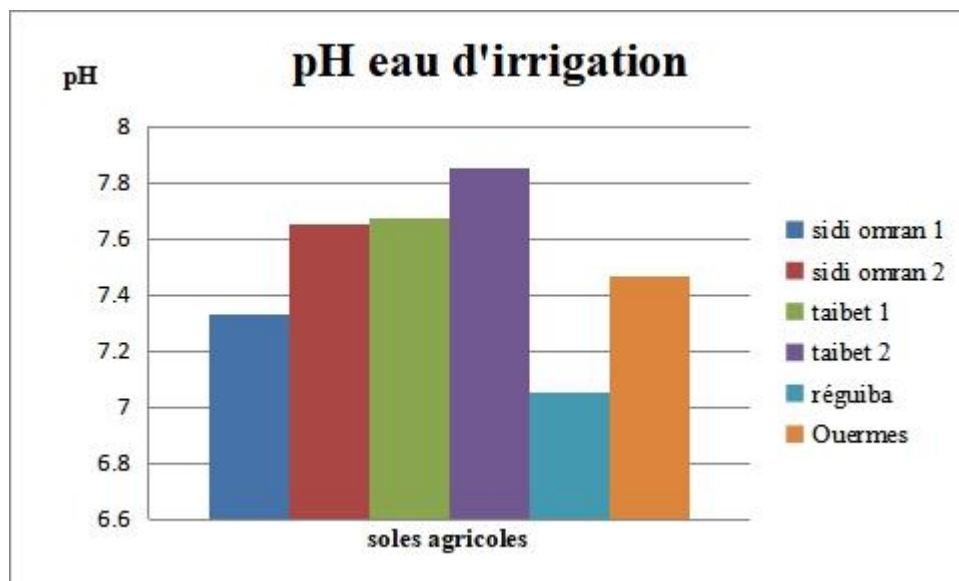


Figure N15: le potentiel hydrique des eaux d'irrigation des sols étudiés.

- Les résultats obtenus dans le tableau (10) montrent que le pH des eaux d'irrigation dans toutes les zones étudiées est varié entre 7.05 – 7.85.
- Les eaux dans les sols des zones : sidi Omran 2, Taibbet 1, et Taibbet 2, possèdent un potentiel hydrogène plus élevé que les autres zones.
- Les eaux d'irrigation dans ces zones sont considérées comme des eaux légèrement alcalines

- D'après ces résultats nous avons trouvé que l'eau d'irrigation dans les zones étudiées présente une faible alcalinité par rapport aux études de (**Desaules *et al*, 2000**) dans la région de Biskra

Conductivité des eaux d'irrigation :

Les résultats de la conductivité électrique des eaux d'irrigations dans les zones étudiées ont montrées dans le tableau suivant :

Tableau N 11 : conductivité électrique des eaux d'irrigation dans les zones étudiées

Zones	Conductivité eau
Sidi Omran1	4,93
Sidi Omran2	5,36
Taibbet1	8,99
Taibbet2	5,72
Reguiba1	3,77
Ouermass1	5,67

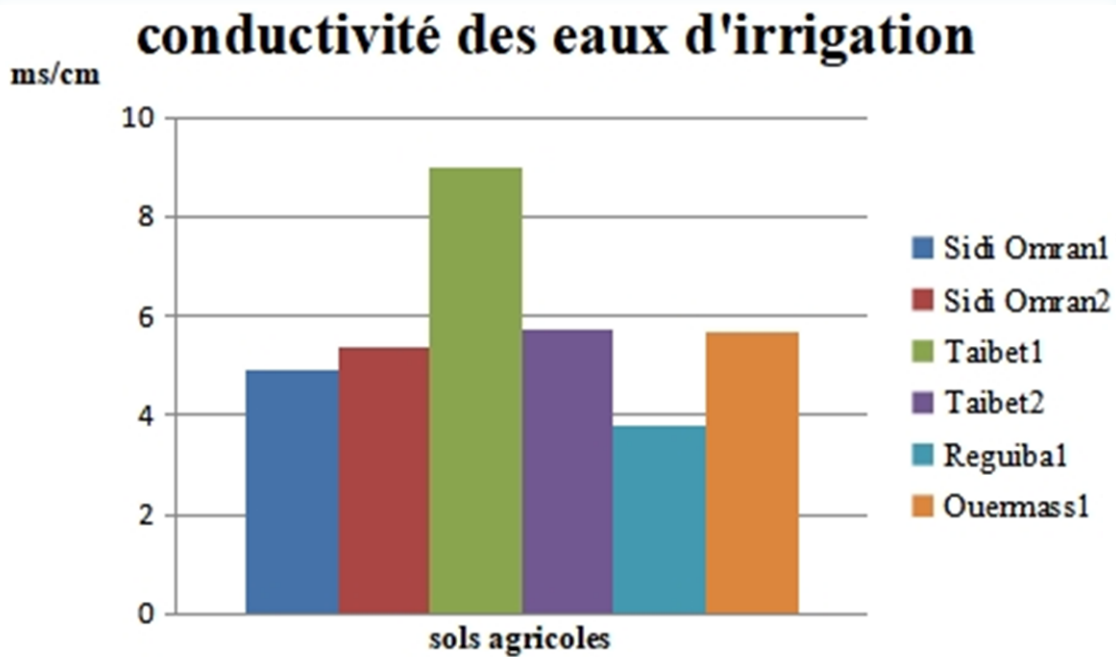


Figure N16 : conductivité des eaux d'irrigation de sol agricoles

D'après les résultats obtenus dans le tableau (11) on peut classer les sols agricoles en 3 types:

Région : Taibbet 1 : non salés.

Région : sidi Omran 1,2 ;Taibbet 2 et Ouermess légèrement salé .

Région : Reguiba : salé.

Ces résultats sont conformes avec les résultats de (JARA, 2017) dans la région de Touggourt qui a trouvé une salinité sévère des eaux d'irrigation de cette région.

Analyse de sol :

Conductivité de sol :

Tableau N 12 : montrant les valeurs de conductivité électrique dans les zones étudiées.

Zones	Conductivité
Sidi Omran1	2,07ms/cm
Sidi Omran2	2,1ms/cm
Taibet1	12,24ms/cm
Taibet2	0,35ms/cm
Reguibal1	1,467ms/cm
Ouermass1	1,88ms/cm

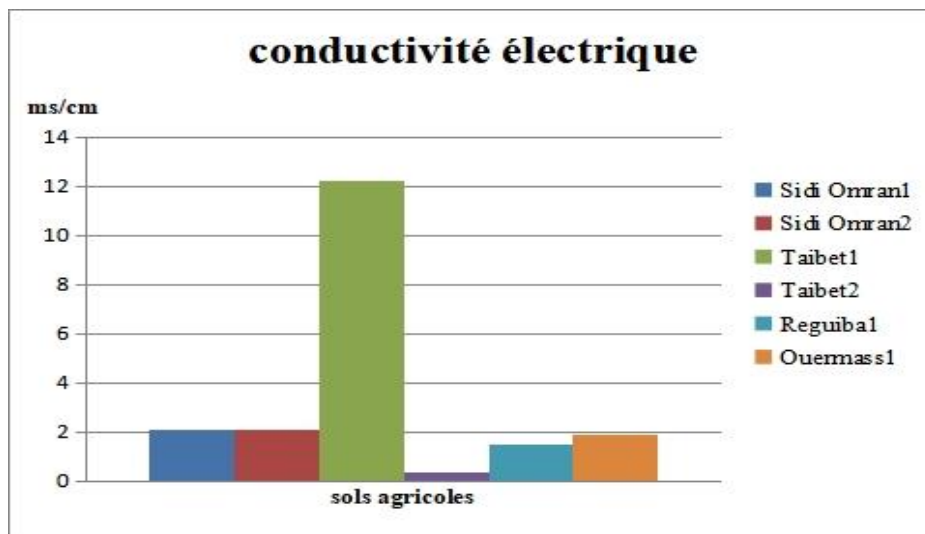


Figure N17 : la conductivité des sols agricoles étudiés

D’après les résultats obtenus dans le tableau 12) on peut classer les sols agricoles en 4 types :

La région de Taibbet 1 : non salé

La région Reguibal et Oeurmes : légèrement salé

La région de Sidi Omran 1-2 : salé

La région de Taibbet 2 : extrêmement salé

La salinité des sols c’est un facteur limitant pour l’agriculture et provoque des dégâts importante sur les cultures, ces résultats sont montrés que la plupart des sols étudiées sont des sols salin, et sont en accord avec les travaux de (JARA, 2017).

PH (KCL) :

Les résultats du PH(KCL) des zones étudiées ont montrés dans le tableau suivant :

Tableau N 13 : valeurs d’acidité (KCL) dans les zones étudiées.

Zones	pH (KCL)
Sidi Omran 1	7,08
Sidi Omran 2	7,31
Taibbet 1	7,39
Tiabbet 2	7,77

Réguiba 1	7,02
Ouermas	7,19

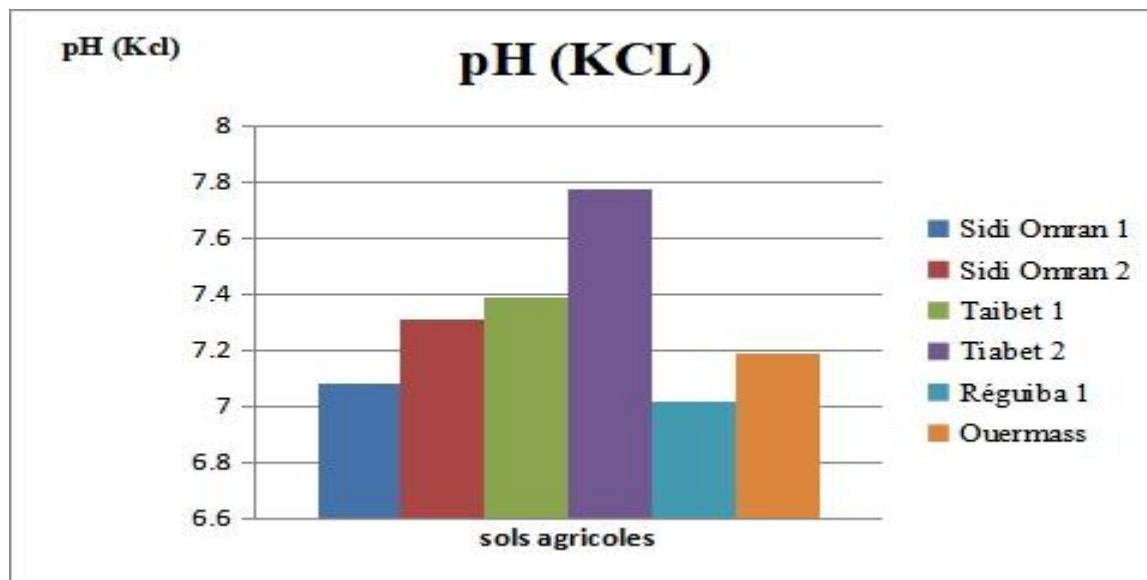


Figure N18 : ph(KCL) dans les zones étudiées.

Les résultats mentionnés dans le tableau (13) montrent que le PH (KCL) dans toutes les zones étudiées est varié entre 7.02 – 7.77.

Les sols des zones Sidi Omran 2 et Taibbet 1.2 sont des sols légèrement alcalins.

On peut remarquer que le pH dans ces zones est inférieur comparativement aux résultats de (Ben Ahmed, 2017) dans la région de Biskra.

Humidité :

Tableau N 14: humidité et texture des sols agricoles étudiés.

Zones	Humidité %
Sidi Omran 1	54,38
Sidi Omran2	53,79
Taibbet1	45,06
Taibbet2	14,90
Réguiba 1	11,06
Ouermass	14,51

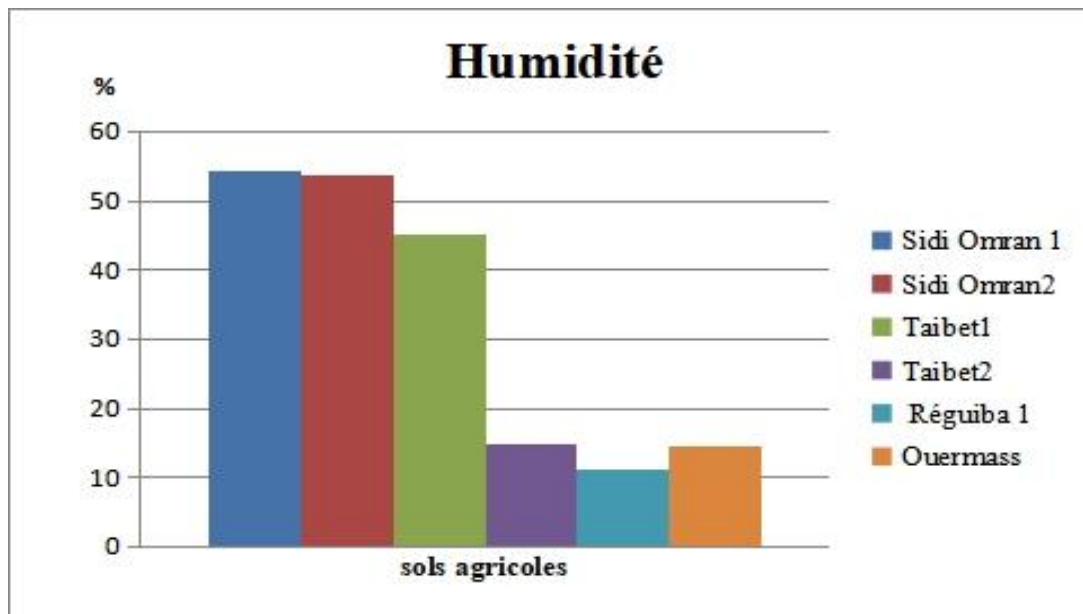


Figure N19 : humidité relative des sols agricoles étudiés.

Selon les résultats obtenus dans le tableau (14) l'humidité relative est variée entre 11.06-54.38 % dans tous les sols agricoles étudiés.

D'après ces données on peut classer les sols en trois grandes types :

Argileux-limoneuse : pour les sols Sidi Omran 1, Sidi Omran 2, Taibbet 1.

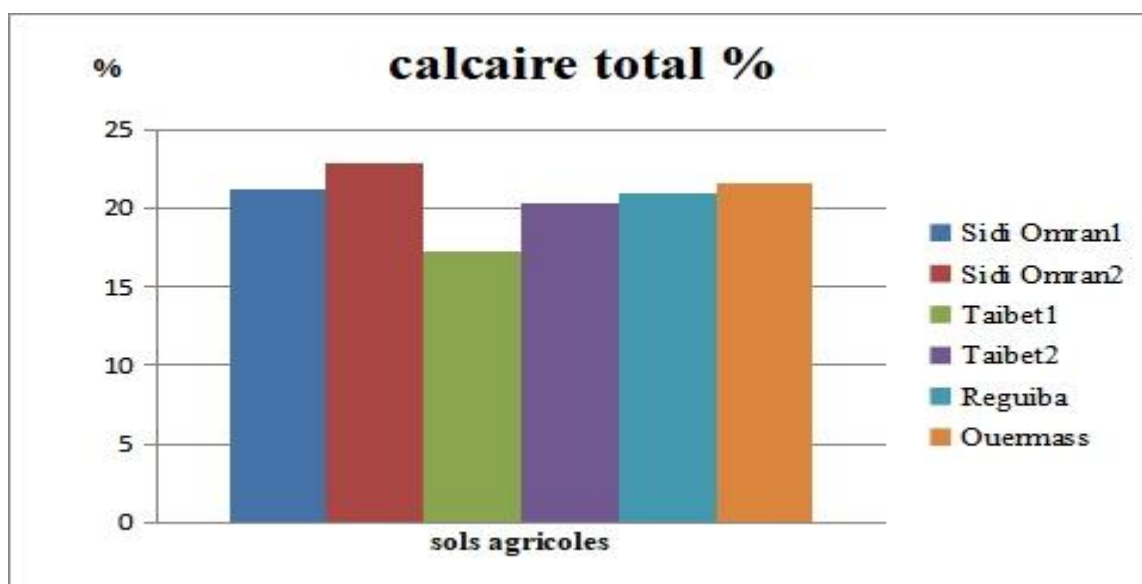
Sableux-limoneuse : pour les sols Taibbet 2, Ouermass.

Sableuse : pour les sols : Reguiba.

La plupart des sols agricoles dans les trois régions étudiées constituent majoritairement du sable et la structure sableuse caractérise la plupart des régions arides de sud est Algérien, sont des sols fragile et demande des quantités importante d'eau et des fertilisant, c'est résultats sont parfaitement en accord avec les travaux . (JARA, 2017).

Calcaire totale :**Tableau N 15 : résultats de calcaire total dans les sols des zones étudiés.**

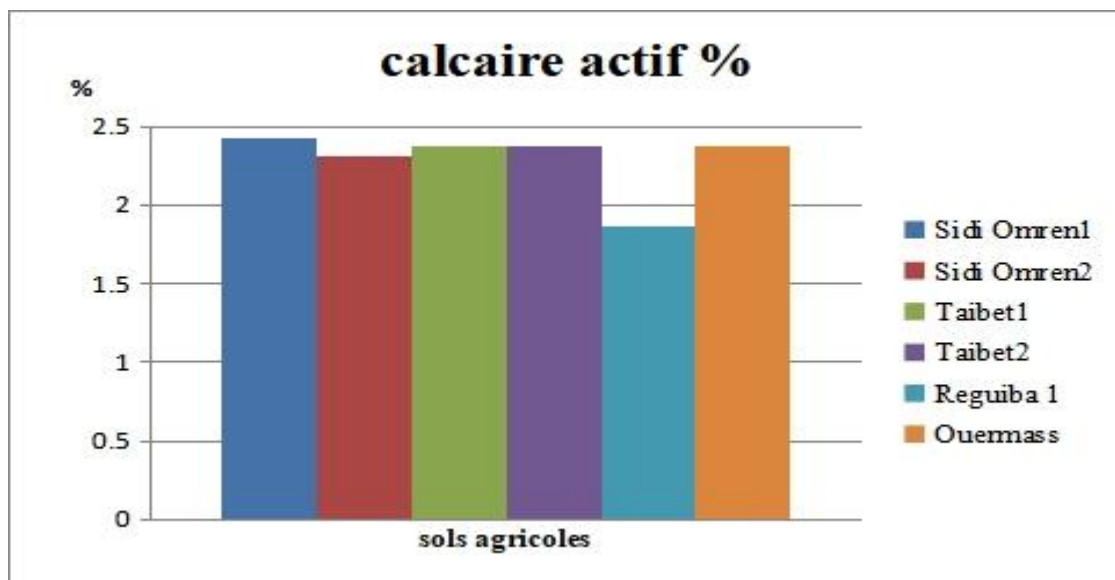
Zones	calcaire totale %
Sidi Omran1	21,25
Sidi Omran2	22,90
Taibbet1	17,25
Taibbet2	20,30
Reguiba	21
Ouermass	21,55

**Figure N20 : calcaire totale dans les sols agricoles étudiés.**

Les résultats obtenus dans le tableau (15) montrent que le pourcentage de calcaire total est varié entre 17.25 à 22.90% pour tous les sols étudiés, et sont classés comme des sols modérément calcaires.

Calcaire actif :**Tableau N 16 :** dosage de calcaire actif dans les sols étudiés.

Zones	calcaire actif %
Sidi Omren1	2,43
Sidi Omren2	2,31
Taibbet1	2,37
Taibbet2	2,37
Reguiba 1	1,87
Ouermas	2,37

**Figure N 21 :** taux de calcaire actif dans les sols étudiés

D'après les résultats mentionnés dans la figure (19) on remarque que le pourcentage de calcaire actif est faible dans tous les sols étudiés, Ces valeurs sont variées entre 1.87- 2.43%.

Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organiques du sol, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritifs (Eliard, 1979). Mais quand le calcaire se trouve dans le sol en quantité trop forte, les conséquences pour les plantes peuvent être fondamentales. le calcaire fin bloque certains éléments indispensables aux plantes comme Fe, B, Cu, Mn et Zn, en solubilisant de la calcite au niveau des racines dont le

fonctionnement se trouve perturbé ; obstacle à la minéralisation de la matière organique par effet d'enrobage (Morel, 1996).

Matières organique :

Tableau N 17 : pourcentage de la matière organique dans les différents sols agricoles étudiés.

Zones	Matière organique %
Sidi Omran1	7,63
Sidi Omran2	8,88
Taibbet1	1,56
Taibbet2	0,54
Reguiba	1,02
Ouermass	1,90

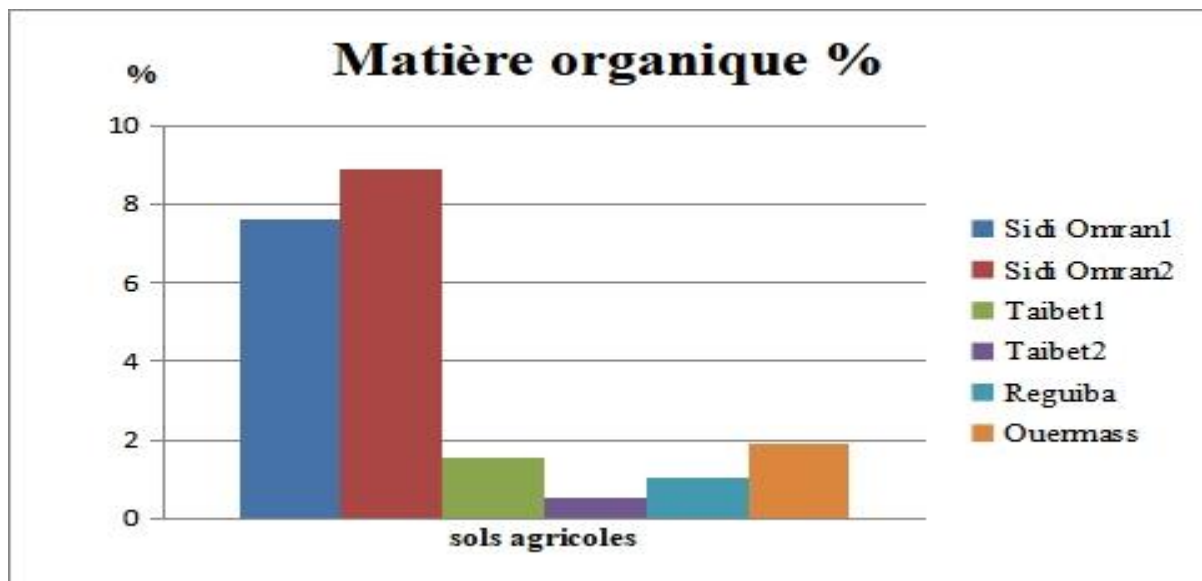


Figure N22 : le taux de matière organique dans les zones étudiées

Suivant les résultats obtenus dans la figure (20) on a trouvé que les sols des régions Taibbet 2 possèdent un taux de matière organique extrêmement faible.

La région de Reguiba et Taibbet1 ont un taux très faible

A l'opposition de ces zones les régions de Sidi Oumran 1et Sidi Oumran 2 possèdent un contenu élevé de matière organique qui atteint jusqu'à 8.8%.

Conclusion générale

Conclusion générale

Afin d'étudier les propriétés du sol en termes de granulométrie, de structure, de porosité, de rétention d'eau, nous avons effectué une analyse pH, calcaire actif et total, matière organique, Humidité, conductivité électrique.

Les résultats des analyses des sols et des eaux dans les trois zones étudiées montrent qu'elles sont de salinité différente et la salinité varie entre (0,35 - 12,24) millisecondes/cm et se répartissent en quatre :

- 1- Une zone non saline : Taibbet1.
- 2- Zone peu salée : Reguiba et Ouermas.
- 3- Zone salée : Sidi Omren1 et 2.
- 4- Zone fortement salée : Taibbet2.

La majorité des sols sont **sableux** le sol de la région est très riches en matière organique mais la forme du sol montre qu'un sol sableux ne souffre pas de salinité comme un sol argileux, en général le sol est riche en matière organique, Le pH est compris entre (7,2 - 7,77), ce qui indique que le sol est basique et neutre, et donc le sol souffre d'une acidité qu'il faut corriger.

L'aptitude culturale est orientée en fonction des caractéristiques physiques et chimiques du sol et leurs exigences. Dans notre région les deux problèmes majeurs rencontrés sont la salinité et la sécheresse. Dont l'amélioration de ces caractéristiques basés sur le choix des zones présentant une conductivité électrique qui ne dépasse pas 1.5ds/m, et l'utilisation d'un amendement organiques (NPK). L'analyse est importante étant donné qu'il demeure la principale d'activité économique durable dans les zones étudiées.

Sa réhabilitation et son développement sont d'autant plus justifiés pour valoriser le potentiel existant à la prise en charge par le renouveau de l'économie agricole et rural qui vise :

- l'installation d'un système de drainage pour évacuer l'excès de l'eau
- L'amélioration de qualité du sol par l'utilisation des amendements organiques
- Réalisation une station de traitement des eaux usées pour réutilisation en l'agriculture.
- La lutte contre la dégradation des milieux physique et l'avancée de la désertification.
- La protection des ressources naturelles et l'environnement.

Référence Bibliographique

- L'amélioration des performances de l'agriculture pour une contribution plus effective et plus large à la sécurité alimentaire des populations
- La reconversion et l'adaptation de l'agriculture à l'aridité du climat et aux contraintes du milieu physique.
- installation d'une centrale de traitement des eaux d'irrigation afin de diminuer leurs charges en sels permettre d'amélioration du sol.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abbas Alkarkhi F.M., Ismail N., Mat Easa A., (2008).** Assessment of arsenic and heavy metal contents in cockles (*Anadara granosa*) using multivariate statistical techniques, *Journal of Hazard Mater* 150: 783–789.
- **André Musy et Marc Soutter, *Physique du sol*,** PPUR presses polytechniques, 1991, p. 131
- **Agbenin J, 2004.** Mirsal, IA Soil Pollution: Origin, Monitoring, Restoration. Springer Verlag, Heidelberg, *European Journal of Soil Science* 55: 634-635.
- **ANRH, 2009.** Inventaire des forages d’eaux de la wilaya d’El Oued. La Direction régionale Ouargla. Algérie. In: Editor édens, Book Inventaire des forages d’eaux de la wilaya d’El Oued. La Direction régionale Ouargla. Algérie.
- **BAIZE D., 1988(2004).** Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression-présentation interprétation).ED.INRA, 172p
- **Beauchamp J, 2006.** L’eau et le sol. Univ. Picardie Jules Verne Available at. u-Picardie.
- **Christian Feller,** « La matière organique des sols : aspects historiques et état des conceptions actuelles », *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 83, n° 6, 1997, p. 85-98 (lire en ligne [archive]).
- **Christophe N, 2007.** La libération de composés organiques par les racines (rhizo déposition): modélisation et impact sur la biodisponibilité des éléments minéraux pour les plantes.
- **Clara Lefèvre, Fatma Rekik, Viridiana Alcantara et Liesl Wiesel, *Carbone organique du sol. Une richesse invisible*,** Food & Agriculture Org., 2018 (lire en ligne [archive]), p. 1
- **D.P.A.T., 2009-** Point de vue hydrogéologique les formations aquifères de la zone de Taibbet. Document interne DPAT, Ouargla, 120p.
- **D.S.A., 2008-** Production de pomme de terre situation saison (Février – Juillet 2008), pp 1-10.
- **Dubost D, Moguedet G, 2002.** La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines. *Méditerranée* 99: 15-20.
- **Duchaufour P, 1977. *Pedology*.** 1. Pedogenesis and classification. Masson SA.
- **Duchaufour P, 1991.** *Pedology: soil, vegetation, environment.* Masson.
- **Duchaufour P, 2001.** Introduction à la science du sol.

Références bibliographiques

- **Dzair Daily, 21 février 2021** (consulté le 22 février 2021)
- **J A R A2020.**
- **Gobat J-M, Aragno M, Matthey W, 2010.** Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols. PPUR Presses polytechniques, p.
- **Guendouz A, Reghis Z, Moulla A, 1992.** Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Rapport n1, 65 p, Rapport n2, 30p.
- **Halitim A, 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Alger, 384p. Xpérimentale de sable additionné d'argile. Thèse Doc. INA Paris.
- **HELAL F., et OURIHANE D., 2004-** Etude hydrogéologique du continental intercalaire et du complexe terminale de la région de Touggourt. Aspect hydro- chimique et problème techniques posés. Mémoire Ing. Etat hydraulique UNIV HOUARI BOUMEDIEN, 110 P
- **HELLER ., 1969.**Influence des conditions d'engorgement du sol sur l'evolution de l'etat hydrique de jeunes plants d'Epicéa (Picea abies L).21p
- **KHADRAOUI A., 2007.** Sols des régions arides d'Algérie,
- **Khezzani B, Bouchemal S, 2018.** Variations in groundwater levels and quality due to agricultural over-exploitation in an arid environment: the phreatic aquifer of the Souf oasis (Algerian Sahara). Environmental Earth Sciences 77: 142.
- **Le Bissonnais Y. & Le Souder C. 1995.** Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et Gestion des sols, 2,1, 43-56.
- **Marcel Jamagne, Grands paysages pédologiques de France, éditions Quae, 2011** ([lire en ligne \[archive\]](#)), p. 14.
- **Martin Prével P, Montagut G, 1966.** Essais sol-plante sur bananiers. Fonctions des divers organes dans l'assimilation de P, K, Ca, Mg. Fruits 21: 395-416.
- **MAHDI Y., 2006.** Etude de la salinisation des sols salés agricoles d'une région hyper aride (INSALAH). Thèse Doctorat, E. N. S de C. Koubba, Alger 1-4.
- **M.L. BENHADDYA,** Contribution à l'étude d'hydrogéochimie d'eaux de surface et eaux souterraines dans la région d'Oued Righ (Sud-Est, Algérie), Journal Algérien des Régions Arides (JARA) February 2020, Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Algeria 2020.
- **Monnier G. 1965.** Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Ann.
- **Agro.** 16 (4 et 5) : 327-400 et 471-534.
- **Morel. 1989.** Les sols cultivés. Ed. Technique & Documentation - Lavoisier. Paris. 373 p.

Référence Bibliographique

- **Oustani M, 2016.** Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en conditions d'irrigation par des eaux chargées en sels. Doctorat ès sciences en Agronomie Saharienne, UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA.
- **Ozenda P, 1991.** Flora and vegetation of the Sahara. CNRS, p.
- **Pousset J, 2002.** Engrais verts et fertilité des sols. France Agricole Editions, p.
- **Richer de Forges A.C., 2010.** Lost in the triangular diagrams of soil texture. Pedomatron. pages 14 – 17.
- **Robert Morel, *Les sols cultivés*, Tec & Doc-Lavoisier, 1996, p. 121**
- « **Rôles des Matières Organiques dans le sol** » [archive], sur occitanie.chambre-agriculture.fr (consulté le 31 mars 2019).
- **Rouvillois-Brigol M, 1975.** Le Pays de Ouargla, Sahara algérien: variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département de géographie de l'Université de Paris Sorbonne.
- **Soltner D, 2003.** Phytotechnie générale: les bases de la production végétale: le sol, le climat, la plante. Le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles.
- **Tegel P, Gelin S, 1998.** Sol: interface fragile. Editions Quae .
- **Voisin P, 2004.** Le Souf. Ed. EL-WALID.
- **M.L. BENHADDYA,** Contribution à l'étude d'hydrogéochimie d'eaux de surface et eaux souterraines dans la région d'Oued Righ (Sud-Est, Algérie), Journal Algérien des Régions Arides (JARA) February 2020, Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Alegria 2020.
- **Géomorphologie ,paris ,Armand colin ,1977,1998.**(ISBN2200217390),p231 .
- **MADANI DJAMILA(2007/2008),** Mémoire relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en déficit hydrique .
- **ISSN-2170-1318**(L'aridoculture et le développement durable amour halitim département d'agronomie , faculté des science université hadj Lakhdar ,Batna, Algérie ,
- **ARAR ABD ELKARIM .** Master 1 écologie des zones arides et semi- arides ,Université de Batna 2 .
- **Journal Alegria région arides (JARA).**
- **FAO 1992.**Foresterie en zones arids –guide à l'intention des technicien de terrain ,organisation des nations unies pour l'alunentation et l'agriculture, viale delle termdi caracalla ,00100 Rome ,Italie .

Références bibliographiques

- **Les sols de la zone aride** par G-aubert unsco ,paris ,1962 .

Sites Web consulates :

1. <https://www.alloprof.qc.ca>
2. <http://www.mineraly.sk>
3. Site aps.dz 2021