

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Mohamed Kheider Biskra

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences agronomiques



N° d'ordre :.....

Série :.....

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT
EN SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PEDOLOGIE

Par ROUAHNA Houria

THEME

**Individualisation de gypse dans les sols
de la plaine d'El Outaya.**

Soutenue le : 14/03/2019

Devant le jury composé de :

Demnati Fatma	M C A	Président	Université de Biskra
Bensaid Rabah	Professeur	Rapporteur	Université de Skikda
Kribaa Mohammed	Professeur	Examineur	Université Oum Elbouagui
Abdesslam Salah	M C A	Examineur	Université de Batna
Boumaraf Belkacem	M C A	Examineur	Université de Biskra

Année universitaire 2018-2019

Remerciement

Je remercie avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et de m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Je voudrais exprimer ma plus sincère gratitude au Professeur Bensaid Rabah, Directeur de laboratoire OPAAFZSH, Université de Skikda, pour avoir accepté de diriger et de suivre cette thèse ainsi que pour son soutien, sa disponibilité et ses conseils tout au long de ce travail.

J'exprime ma reconnaissance aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Je porte ma gratitude à M^{me} Demnati F maître de conférences A à l'université de Biskra, pour l'honneur qu'elle m'a fait de présider le jury et d'évaluer ce travail ; qu'elle trouve ici l'expression de ma grande reconnaissance.

Je suis également très honorée par la présence de professeur Kribaa M, professeur à l'Université d'Oum Elbouagui, dans mon jury en qualité d'examineur.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr Boumaaraf B, maître de conférences A à l'Université de Biskra, pour accepter d'examiner ce travail et de faire partie du jury.

J'adresse mes respectueux remerciements à Mr Abdesslem S à l'université de Batna pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner cette thèse.

Mes remerciements, mon respect à Monsieur Halitim A, pour ses orientations utiles.

Je tiens à remercier Mr Khechai S maître de conférence à l'Université de Biskra, pour leur aide durant la réalisation de cette étude.

J'adresse toute ma gratitude à tous mes ami(e)s et à toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail. Je remercie M^{elle} Hiouani F., M^{elle} Chaib W .Mme Souici S, Mme Mancer H, Mme Ben Aoun S Mme Bettiche F, Mme Rechachi M,.....

A Tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute considération

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : les sols gypseux	3
1.1 Introduction	3
1.2 Le gypse.....	3
1.3 Distribution des sols gypseux dans le monde.....	3
1.4 Répartition des sols gypseux en Algérie.....	4
1.5 Origine du gypse dans le sol (accumulations gypseuses).....	5
1.5.1 Origine des nappes	5
1.6 Les propriétés physico-chimiques des sols gypseux	6
1.6.1 Les propriétés physiques	6
1.6.2 Propriétés chimiques	8
1.7 Formes du gypse dans le sol.....	11
1.8 Dynamique de l'eau dans le sol.....	11
1.8.1 La rétention en eau	11
1.8.2 Mouvement de l'eau dans le sol.....	12
1.9 Composition minéralogique	12
1.10 Conclusion	13
Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude	14
II.1 Etude du milieu physique.....	14
II.1.1 Présentation de la zone d'étude.....	14
II.1.2. Le climat.....	15
II.1.3. Diagramme Ombrothermique.....	16
II.1.4 Climagramme d'Emberger.....	17
II.2- Géologie de la région d'étude	18
II .2.1 Terrains Secondaires (Mésozoïque)	19
II .2.2 Terrains Tertiaires (Cénozoïque).....	21
II .2.3 Terrains quaternaires	22
II.3 Geomorphologie de la plaine d'el- outaya et des paysages environnants des zones arides.....	23
II.3. 1 Les reliefs	23
II.3. 2 Les surfaces plus ou moins planes	23
II.3 .3 Les dépressions	24
II.3 .4 Les formes d'accumulations éoliennes.....	24
II.4 Réseau hydrographique et hydrogéologique du bassin et de la plaine d'el-outaya	26
II.5 Cadre pédologique	28
II.6. Hydrogéologie de la zone d'étude	30
II.6.1. Les nappes phréatiques du quaternaire:.....	31
II.6.2. Les nappes des sables du miopliocène	31

II.6.3 Nappe des calcaires de l'éocène et du sénonien.....	32
II.6.4 Nappe profonde (nappe de grés):	32
Conclusion	32
Chapitre III : Méthodes d'étude	34
III.1 Le choix des profils	34
III.2 – Méthodes d'analyses au laboratoire	35
III.2.1 Granulométrie	35
III.2.2 Calcaire total	35
III.2.3. Réaction du sol (PH).....	35
III .2.4. Conductivité électrique	35
III.2.5 Dosage de gypse	35
III.2. 6 Analyse microscopique	36
III.2.7 Analyse minéralogique	36
Chapitre IV : Résultats et discussion.....	38
IV.1 Caractérisation morpho analytique des sols	38
IV.1.1 Profil 23	38
IV.1.2 Profil 05	39
IV.1.3 Profil 35	42
IV.1.4 Profil 33	43
IV.1.5 Profil 15	45
IV.1.6 Profil 17	48
IV.1.7 Profil 102	49
IV.1.8 Profil 103	51
IV. 2 Morphologie de gypse dans les sols de la plaine d'El outaya	55
IV.3 Caractérisation minéralogique des sols	56
IV.3.1 Minéralogie de profil 23	57
IV.3.2 Minéralogie de profil 5	57
IV.3.3 Minéralogie de profil 35	57
IV.3.4 Minéralogie de profil 33	57
IV.3.5 Minéralogie de profil 15	58
IV.3.6 Minéralogie de profil 17	58
IV.3.7 Minéralogie des profils 102 et 103	58
IV.4 Synthèse des analyses diffractométriques	58
IV.5 Etude micromorphologique des sols	59
IV.5.1 Le profil 23	59
IV.5.2 Le profil 5	60
IV.5.3 Le profil 35	61
IV.5.4 Le profil 33	62
IV.5.5 Le profil 15	63
IV.5.6 Le profil 17	64
IV.5.7 Le profil 102	65
IV.5.8 Le profil 103	66
IV.6 Discussion des résultats.....	67
IV.6.1 Synthèse morpho-analytique des sites d'étude	67

IV.6.2	Origine du gypse et ses formes dans les sols de la plaine d'eloutaya.....	68
IV.6.3	Les processus de formation de gypse dans la plaine d'El Outaya	69
	Conclusion générale	71
	Références Bibliographiques	72
	Annexes	79

Liste Des Figures

	Page
Fig 1 Solubilité du gypse selon la taille de ses particules	9
Fig 2 Situation géographique de la région d'El Outaya	14
Fig 3 Diagramme Ombrothermique	17
Fig 4 Climagramme d'Emberger	18
Fig 5 Les principales unités morphologiques de la région d'El Outaya	25
Fig 6 Diapir de sel d'El-Outaya	27
Fig 7 Coupe hydrogéologique schématique (extrait de la carte hydrogéologique de Biskra 1/200 000).	31
Fig 8 Carte de répartition des profils	34

Liste Des Tableaux

	Page
Tableau 01	Distribution des sols gypseux dans le monde 4
Tableau 02	Influence de la température sur la solubilité du gypse 9
Tableau 03	Influence de la concentration en Na Cl sur la solubilité du gypse 10
Tableau 04	Action des chlorures de magnésium sur la solubilité du gypse 10
Tableau 05	Précipitations moyennes Mensuelles en mm, (1992-20012) 15
Tableau 06	Températures moyennes mensuelles (1992-20012) 15
Tableau 07	Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012) 16
Tableau 08	l'Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012) 16
Tableau 09	Indice d'Emberger 17
Tableau 10	La conductivité électrique à 25 °C de différentes concentration de sulfate de calcium dans l'eau 36
Tableau 11	les analyses physico-chimiques de profil 23 39
Tableau 12	les analyses physico-chimiques de profil 05 41
Tableau 13	les analyses physico-chimiques de profil 35 43
Tableau 14	les analyses physico-chimiques de profil 33 45
Tableau 15	les analyses physico-chimiques de profil 15 47
Tableau 16	les analyses physico-chimiques de profil 17 49
Tableau 17	les analyses physico-chimiques de profil 102 51
Tableau 18	les analyses physico-chimiques de profil 103 54
Tableau 19	Composition minéralogique des profils étudiés 56

Liste Des Photos

		Page
Photo 1	Vue général de profil 23	38
Photo 2	Pseudomycelium de profil 23	38
Photo 3	Vue générale profil 05	40
Photo 4	Profil 5	40
Photo 5	Taches blanchâtres p05	40
Photo 6	Vue général de profil 35	42
Photo 7	Profil 35	42
Photo 8	Vue général de p23	44
Photo 9	profil33	44
Photo 10	Taches blanchâtres de profil 33	44
Photo 11	Profil 15	46
Photo 12	Vue générale : p17	48
Photo 13	Profil 17	48
Photo 14	Vue générale de profil 102	50
Photo 15	profil 102	50
Photo 16	profil 102	50
Photo 17	Vue générale de profil 103	53
Photo 18	Profil 103	53
Photo 19	Rose de sable	53
Photo 20	Plaque de gypse de profil 23	55
Photo 21	Surface polygonal de profil 5	55
Photo 22	Gypse sous forme de pseudo mycélium Profil102	55
Photo 23	Rose de sable de profil 103	55
Photo 24	Gypse lenticulaire du profil 23H1	59
Photo 25	Profil 23H2	59
Photo 26	Profil 23H2	60
Photo 27	Profil 23H3	60
Photo 28	Profil 5H1	60
Photo 29	Profil 5H2	60
Photo 30	Profil 5H3	61
Photo 31	Profil 35H1	61

Photo 32	Profil 35H2	61
Photo 33	profil 33H1	62
Photo 34	Profil 33H2	62
Photo 35	Profil 33H3	62
Photo 36	Profil 33H3	62
Photo 37	Profile 15H1	63
Photo 38	Profil15H3	63
Photo 39	Profil 15H4	63
Photo 40	Profil 17H1	64
Photo 41	Profil 17H2	64
Photo 42	Profil 17H3	64
Photo 43	Profil 17H3	64
Photo 44	Profil 102H1	65
Photo 45	Profil 102H2	65
Photo 46	Profil 102H3	65
Photo 47	Profil 102H3	65
Photo 48	Profil P103H1	66
Photo 49	Profil 103H2	66
Photo 50	Profil 103H3	66
Photo 51	Rose de sable dissociée avec des taches d'oxydoréduction du profil 103H4	66

Introduction générale

Introduction générale

Les sols gypseux sont les sols qui contiennent des quantités suffisantes de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pouvant influencer les propriétés physiques et chimiques du sol et affecte la croissance des plantes et la production des cultures. Ils sont plus représentés dans les zones sèches du monde où la pluviométrie est inférieure à 400 mm (Boyadjieva et Verheye, 1996).

Ces sols couvrent approximativement 11.000 km² dans le Maghreb, ils occupent en Algérie 7966.3km² représentant près de 10% des sols gypseux du monde (FAO, 1990), essentiellement dans la zone aride, caractérisée par des précipitations faibles et irrégulières, une évapotranspiration très importante, ce qui favorise la présence de forte proportion de phases salines ; sels solubles, calcaire et gypse.

Dans ces sols l'individualisation du gypse est due à des processus différents. Le plus souvent, il s'agit du processus perascensum à cause d'une nappe riche en sulfate et en calcium et une $\text{ETP} > \text{P}$; un niveau de nappe est proche de la surface et une source de gypse. Il faut signaler que le gypse peut être observé dans les sols des régions humides mais généralement à des faibles teneurs car il est considéré comme un élément éphémère (Herrero et Porta, 2000). Par contre, dans les régions arides et semi-arides, il serait permanent en se localisant à différents niveaux du paysage ou en différentes parties du profil pédologique (Pouget, 1980; Halitim, 1988).

Selon Pouget (1968) ; l'existence d'une nappe constitue une caractéristique extrêmement importante comme source et agent vecteur de gypse. La genèse des sols gypseux peut être due à un processus perdescensum, dans ce cas l'accumulation se fait dans les horizons de surface et l'origine du gypse peut être éolienne ou hydrologique.

Comparativement aux autres phases salines du sol (CaCO_3 et sels solubles), peu de travaux ont été réalisés sur le gypse jusqu'à présent sur les sols gypseux d'Algérie ont abordé soit l'aspect descriptif « des formes d'accumulations gypseuses »

(Durand, 1963; Dutil, 1971; Kulke, 1974; Halitim, 1988; Bernou, 1996; Bensaid, 1999; Djili, 2000; Hamdi-Aissa et al., 2004), soit l'aspect géochimique sur la base de l'étude de l'interaction eau de nappes - sols (Rouahna, 2007), soit l'aspect chimique et Biologique (Razi, 2006), et enfin soit les aspects géochimique, minéralogique, micromorphologique et physique (Dekkiche, 1974; Halitim, 1988; Abdesselam, 1999; Hamdi-Aissa, 2001).

Les régions arides de l'Algérie présentent des accumulations gypseuses dont l'origine et les processus de mise en place sont différents.

Parmi ces régions, la plaine d'El Outaya est retenue comme zone pilote pour la réalisation de ce travail, il s'agit d'une plaine représentative des régions arides. C'est une plaine de subsidence, alluviale, résultant d'un remplissage néogène (bassin de sédimentation). Elle se trouve en zone présaharienne au Nord de Biskra et à 500 Km au Sud d'Alger. Elle est située entre deux anticlinaux : au Nord de l'anticlinal de Djebel El Mellah (El Outaya) et au Sud celui de Djebel Bourezhal (Biskra).

A El Outaya, le gypse pourrait se former après une dissolution de ce sel dans les eaux qui s'infiltrer dans le sol et à cause d'une forte évaporation, il ya formation des dépôts gypseux,

L'objectif de notre travail comprend différents aspects :

- Etudier l'origine et l'individualisation du gypse des sols de cette plaine.
- Les processus de mise en place des accumulations gypseuses à partir de la morphologie, la micromorphologie et la minéralogie des sols étudiés.

Ce document s'articule sur quatre chapitres :

- Le premier chapitre porte sur les sols gypseux.
- Le deuxième et le troisième chapitre sont consacrés aux matériels d'étude et aux méthodes utilisées avec l'étude du milieu physique.
- Dans le dernier chapitre, nous avons présenté et interprété les résultats obtenus. Nous concluons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Les sols gypseux

Chapitre I : les sols gypseux

1.1 Introduction

Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est l'un des minéraux sulfatés les plus courants, présent dans les dépôts géologiques ainsi que dans les sols (Eswaran et Zi-Tong, 1991).

Les « sols gypseux » (au sens large) sont largement répandus et apparaissent typiques des régions arides et semi-arides (précipitations annuelles $< 300\text{-}400$ mm) : Tunisie, Algérie, Syrie, Irak, sud de l'ex-URSS et de l'Espagne, Texas, Mexique, sud de l'Australie, Namibie, etc (Baize et Girard, 2008). Le terme "sol gypseux" est utilisé dans plusieurs sens selon la source consultée. Van Alphen et Rios Romero (1971), désigné sous le nom sol gypseux, les sols à teneur supérieur à 2% de gypse, tandis que La légende révisée de la carte du sol du monde (FAO, 1988) définit "sol gypseux" quand il contient 5 % ou plus du gypse.

1.2 Le gypse

Le gypse est un sel soluble (sulfate de calcium hydraté) ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), c'est le sulfate naturel le plus répandu dans la nature. Sa solubilité est de 2.6 g/l dans l'eau pure à 25°C et à une pression de 1 atmosphère (Herrero et Porta, 1990).

La présence du gypse dans les sols affecte la plupart de leurs propriétés, causant des problèmes physiques, chimiques et des problèmes de fertilité (Mashali, 1996).

1.3 Distribution des sols gypseux dans le monde

Les Aridisols occupent plus de 18 % de la surface terrestre et se sont les sols les plus communs dans le monde (BRADY, 1990), 200 millions d'hectares de la surface terrestre sont couverts par les sols gypseux (Nettleton, 1991).

Le tableau 1 donne la distribution des sols gypseux à environ 45 % des sols gypseux dans le monde sont trouvés en Chine, Somalie et en Algérie.

Tableau 1 : Distribution des sols gypseux dans le monde (Fao, 1990).

Continent	PAYS	Superficie Km ²	%par rapport au total des pays	% des régions des sols gypseux
AFRIQUE	Maroc	1114.3	2.5	1.7
	Algérie	7966.3	3.3	12.2
	Tunisie	1439.8	9.3	2.2
	Libye	3956.8	2.2	6.0
	Egypte	382.2	0.4	0.6
	Soudan	785.0	0.3	1.2
	Somalie	10161.2	16.2	15.5
	Ethiopie	1423.4	1.3	2.2
	Mali	2818.3	2.3	4.3
	Mauritanie	396.0	0.4	0.6
	Namibie	5327.7	6.5	8.2
Asie Sud	Syrie	3966.6	21.6	6.0
	Jordan	80.5	0.8	0.1
	Arabie saoudite	82.5	0.04	0.1
	Oman	471.6	-	0.7
	Yémen A.R.	2931.0	8.8	4.5
	Kuwait	354.6	-	0.5
	Iraq	4779.2	11.0	7.3
	Iran	4.2	-	-
	Pakistan	9.5	0.01	-
	Inde	182.0	0.06	0.3
Asie Central	USSR	5074.1	0.2	7.7
	Mongolie	60.9	0.04	0.1
	China	11484.9	1.2	17.5
Europe	Turks	64.2	0.08	0.1
	Espagne	165.5	0.3	0.3
L'Amérique	Mexique	78.0	-	0.1

1.4 Répartition des sols gypseux en Algérie

Les sols gypseux sont très répandus en Algérie avec 8000 km² ce qui représentent 12% des sols gypseux du monde (Fao, 1990). Dans les régions du Nord, ils sont peu abondants et se localisent seulement dans les dépressions, le gypse se présente sous forme discontinue (Bernou, 1996). La présence du gypse pédogénétique dans les sols dépend de la combinaison de nombreux facteurs tels que le climat, une source de cet élément (roches gypsifères, nappes

peu profondes), des apports externes (éoliens et hydriques) et de la topographie. Ceci explique pourquoi les sols gypseux sont relativement localisés et se confinent généralement dans les zones dépressionnaires (chotts) et autour des formations géologiques gypsifères de l'étage bioclimatique aride du Nord de l'Algérie (Djili, 2000).

Globalement, la présence des sols gypseux est signalée dans les régions suivantes : Oran, Mostaganem, Saida, Tiaret, Ksar-Echellala, Djelfa, M'sila, les bordures des chotts et des Zahrez, Boussaâda, Hodna, Mechria, El-Bayadh, Khenchela, Batna, Adrar, Ouargla, Aïn sefra, Laghouat, Biskra, El-Oued (Le souf), Touggourt (Oued R'hir) (Ouamer, 2008).

1.5 Origine du gypse dans le sol (accumulations gypseuses)

L'origine des ions sulfatés dans la solution du sol est due à la présence des minéraux riches en soufre tels que la pyrite dans le matériau parental, par altération et oxydation du minéral, le soufre se transforme en acide sulfurique et dans les sols calcaires CaCO_3 pour former le gypse (Fao, 1990). Dans les terres irriguées, concernant les sols salés contenant les sulfates et le calcium dans la solution du sol conduisent dans certaines conditions à la précipitation et l'accumulation du gypse dans l'horizon profond (Fao, 1990). Aussi, dans les sols salés, le gypse se précipite et s'accumule quand la conductivité électrique est inférieure à 60dS/m, la diminution de la conductivité électrique augmente la concentration de la solution du sol et la formation de dépôts de gypse (Fao, 1990).

1.5.1 Origine des nappes

Par les mouvements ascendants, ce processus peut jouer pour trois raisons :

- Une $\text{ETP} > \text{P}$: La plus grande partie de l'année.
- Le niveau de la nappe proche de la surface, le niveau piézométrique de la nappe permettant un dépôt de gypse, est fonction de la texture et de la température mais aussi de la composition chimique de la nappe.
- Plus généralement une nappe saturée ou proche de la saturation en gypse.

1.5.1.1 Origine éolienne et lagunaire

Selon Halitim (1988), le gypse peut être d'origine éolienne lorsque le niveau de la nappe est à plus de 100 cm, ou en cas d'absence de tout indice de nappe ancienne. Si l'encroûtement est pulvérulent, on pourrait suggérer une origine lagunaire.

La contribution du vent à la formation des accumulations gypseuses a été étudiée par plusieurs chercheurs (Coque, 1962; Trichet, 1963; Pouget, 1968). Les croûtes résultant d'un

saupoudrage intermittent de poussières surtout salines, diffusées dans l'atmosphère par le vent. La cimentation de ces dernières serait le résultat de l'infiltration des eaux pluviales dans les recouvrements éoliens.

1.5.1.2 Origine colluvionnaire

La formation de fentes de retrait dans les sols très argileux et le processus de dissolution et de recristallisation pourrait être à l'origine de leur intégration dans le matériau pédologique (HALITIM, 1988). Les croûtes gypseuses apparaissent sous différentes formes, ils sont peut résistants à l'altération, la formation de matériaux microcristallines peut être causé par la pénétration des eaux de surfaces dans le sol (Hachicha et al, 2005).

1.5.1.3 Origine géologique

Le gypse peut être contenu dans le substrat géologique (sédiment et roches). Ce substrat peut alimenter soit le sol qu'il supporte, soit les alluvions qui en dérivent, soit les sols des zones basses (Kadri, 1987).

1.6 Les propriétés physico-chimiques des sols gypseux

1.6.1 Les propriétés physiques

1.6.1.1 La structure

La plupart des sols gypseux ont une structure peu favorable. La structure de surface est dominée par une couche massive ou fine. L'horizon gypsique peut être fortement cimenté avec une formation de croûtes dures s'opposant parfois à la circulation de l'eau et au développement des racines (Fao, 1990). Cependant Halitim (1988) a montré que parfois le gypse pourrait jouer un rôle dans la structuration du matériau pédologique.

Les faibles teneurs en gypse ont un effet favorable sur le sol;

- En sols très argileux et très dispersibles, le gypse améliore l'infiltration, diminue l'érosion et augmente la floculation (Ventura et al, 2001).
- En sols acides, le gypse change les propriétés de ces sols en déplaçant les ions Al^{++} et diminuant la toxicité par cet élément (Farina et al, 2000); Malcon et Summer, (1990), Tomas et al (1999).
- En sols sodiques : le gypse améliore la structure en déplaçant les ions Na^+ du complexe absorbant et les remplaçant par les ions Ca^{++} il s'agit de désalinisation.

1.6.1.2 Texture

Dans une étude sur les sols gypseux de l'Espagne, Poch (1992) indique que la texture est liée étroitement à la teneur en gypse. A des faibles teneurs, la texture est déterminée par le matériau parental. Cependant, l'augmentation des teneurs en gypse engendre, d'une part, la formation d'une texture à dominance de limons et de sable en raison d'une cristallisation grossière, d'autre part elle induit une diminution des teneurs en argile.

La somme des différentes tailles des fractions des horizons gypseux peut être moins de 100 % due à la déshydratation de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (durant le séchage à 105°C). (Fao, 1990). Les facteurs les plus effectives qui influencent l'accumulation gypseuse sont la texture du sol, le type et la quantité des sels solubles et le carbonate de calcium (Labib bahna, 1996). L'estimation de la texture sous les conditions des champs est moins traitée à cause de la présence des cristaux du gypse dans les différentes fractions sableuses (Fao, 1990). L'érosion des sols gypseux est un problème sérieux qui résulte d'une faible agrégation due à des faibles forces cohésives entre les particules du sol. La dissolution du gypse et leur transport dans le profil du sol durant l'irrigation ou après les précipitations influence la plasticité, l'agrégation et la texture (Mashali, 1996).

1.6.1.3 Stabilité structurale

La teneur de 1 % de gypse a un effet favorable sur la stabilité structurale d'un sol salé et non carbonaté (Sidi et Pansu, 1990). Quand le gypse se dissout, des petits trous et des fissures sont formés dans les couches de gypse qui s'élargissent graduellement jusqu'à la formation des cavités dans le substratum et dans le sous sol. Ces cavités croissent largement avec la dissolution du gypse et par conséquent, les matériaux de la couche superficielle perdent leur cohésion et leur stabilité et se dirigent vers le bas pour remplir ces cavités résultant dans la formation d'une surface irrégulière (Mashali, 1996).

1.6.1.4 Résistance à la pénétration

Le taux de gypse est corrélé positivement avec la résistance de pénétration des matériaux des sols étudiés. Il est mieux corrélé avec Cl dans les sols contenant un peu de gypse (0-400 g kg⁻¹) que dans les accumulations massives. Evidemment dans les sols étudiés, l'augmentation de la résistance à la pénétration causée par le gypse est due aux cristaux de gypse qui se trouvent dans les pores préexistants qui réduisent le volume des vides réguliers et continus nécessaires pour la croissance des racines (Poch et Verplanke, 1997). La résistance à

la pénétration des horizons fortement gypseux est peut être un facteur d'une influence sur le développement des racines par lui même, indépendamment d'autres caractéristiques physiques ou chimiques de ces sols (Poch, 1992).

1.6.2 Propriétés chimiques

1.6.2.1 PH

Les Gypsisols riches en sable grossier ont des valeurs faibles de pH allant de 7,6 à 7,8, les sols affectés par les sels avec une CE de 16 à 18 dS/m ont des valeurs élevées de pH (8,3 – 8,6) (Florea et AL Joumaa, 1998).

1.6.2.2 La déshydratation et la réhydratation du gypse

Selon Vieillefon (1979), le gypse se déshydrate à des températures relativement peu élevées. La déshydratation commence à 40°C et s'accélère à 60°C, pour donner du plâtre dont la réhydratation à l'eau est relativement aisée. D'après Artieda et Herrero (1996), le gypse, la bassanite et l'anhydrite apparaissent en nature sous différents environnements. Cependant, seule la bassanite et le gypse ont été observés dans les sols.

1.6.2.3 La solubilité de gypse

La solubilité du gypse dans l'eau dépend de la composition chimique de la solution aqueuse, la température et la pression (Elorza et Santollala, 1998). Selon Jackus (1977), dans l'eau distillée à 20°C, le gypse et halite sont respectivement 183 et 25, 000 fois plus solubles que la calcite. Des expériences de la température montrent qu'à la pression de 1 atmosphère, le gypse a une solubilité maximum entre 35°C et 40°C (Hardie, 1967, Blount et Dickson, 1973, Sonnenfeld, 1984, White, 1988).

Un autre facteur qui influence la solubilité du gypse est le type et la concentration des ions dissous dans la solution aqueuse. L'effet salin produit une augmentation dans la solubilité du gypse par une grande concentration ionique (capacité ionique) de la solution, ce qui cause une augmentation dans l'activité des ions SO_4^{--} et Ca^{++} (Elorza et Santollala, 1998).

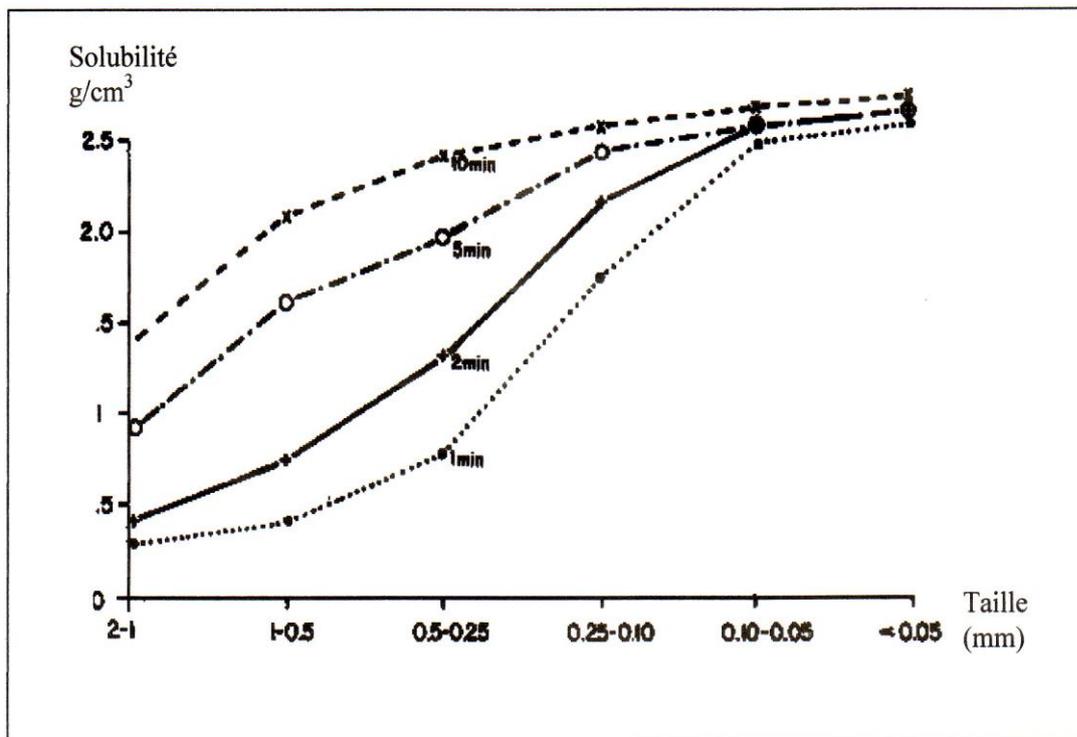
1.6.2.4 Solubilité du gypse dans l'eau pure

La solubilité du gypse dans l'eau pure varie selon la température (elle est maximale entre 35 et 40°C) avec environ 2,1 g/l (Tableau 2) .La solubilité de la forme semi-hydratée ($\text{Ca SO}_4, 0,5 \text{ H}_2\text{O}$) est 5 fois plus grande.

Tableau 2: Influence de la température sur la solubilité du gypse

T°C	5	10	18	25	30	35	40	55	75	100	107
CaSO ₄ g/l	0.1756	0.2016	0.2016	0.2085	0.2095	0.2105	0.2108	0.2083	0.1880	0.1690	0.1630

La solubilité du gypse dépend de la taille des particules. Elle croît avec la finesse des particules (fig 1).

**Figure 1 :** Solubilité du gypse selon la taille de ses particules (Fao, 1990).

1.6.2.5 La solubilité du gypse dans les solutions salines

La solubilité du gypse à des températures ambiantes est de l'ordre de 2g/l, elle augmente jusqu'à 7 g/l dans les sols contenant 120 à 130 g/l de chlorure de sodium et de magnésium, elle diminue ensuite pour les solutions plus concentrées, c'est l'effet d'ion commun, la solubilité du gypse diminue (Tableau 3 et 4).

Les chlorures de magnésium augmentent la solubilité du gypse dans des proportions comparables et même supérieure à celle des chlorures de sodium (Tableau 3 et 4).

Tableau 3 : Influence de la concentration en Na Cl sur la solubilité du gypse

Concentration en g/l							
NaCl	0	2.925	14.62	58.5	131.6	206.7	292.6
CaSO ₄ 14°	1.10	2.79	3.68	5.72	7.20	6.30	5.30
20°	2.10	3.15	4.00	6.00	7.30	6.30	5.30

Tableau 4 : Action des chlorures de magnésium sur la solubilité du gypse

Concentration en g/l de solution								
MgCl ₂	0.00	8.50	19.18	46.64	121.38	206.98	337.0	441.10
CaSO ₄ 14°	2.08	4.26	5.69	7.58	8.62	6.57	2.77	1.39

1.6.2.6 Relation gypse calcaire

La plupart des sols gypseux contiennent le carbonate de calcium en différentes quantités, le gypse et le carbonate de calcium ne sont pas indépendants l'un de l'autre. Il est observé que quand la teneur de carbonate de calcium diminue, la teneur en gypse augmente. Ceci peut être dû en fait à la différence de solubilité entre les deux sels (Fao, 1990).

1.6.2.7 La capacité d'échange cationique

Les particules de gypse ne possèdent pas de charge négative et par conséquent la CEC totale des sols gypseux diminue quand le teneur du sol en gypse augmente.

Dans la vallée de l'Ebro en Espagne, Poch (1992) montre que la CEC des sols gypseux étudiés est faible. Dans les horizons hypergypsics, la CEC est faible variant de 1 à 8 meq/100g de sol. Poch a retrouvé une corrélation négative entre les teneurs en gypse et la CEC. Généralement, la CEC des sols gypseux dépend de la teneur en matière organique, de la texture, et du type de minéraux argileux. Selon Mashali (1996), la capacité d'échange cationique diminue avec l'accroissement des quantités de gypse.

1.7 Formes du gypse dans le sol

Les différents travaux (Pouget, 1968 ; Dekkiche, 1974 ; Stoops et Ilawi, 1981 ; Nettleton et *al*, 1982 ; Abrukova et Isayeh, 1983 ; Watson, 1985, 1988 et 1989 ; Pankhanova et Yamnova, 1987 ; Halitim, 1988 ; Boyadgiev et Sayegh, 1992 ; Herrero et *al*, 1996 ; Bensaid, 1999) révèlent que le gypse dans le sol peut être sous des formes pulvérulentes, en pseudo mycéliums, en amas, en nodules, en roses de sables, en encroûtements, en croûtes massives ou en croûtes polygonales.

Selon, le degré de précipitation du gypse dans le profil, Abdesselam, (1999) distingue deux types d'accumulations ;

Les accumulations localisées ou discontinues qui regroupent les nodules, les amas friables, les racines gypsifiées, les pseudomycéliums, et le gypse diffus ;

Les accumulations généralisées ou continues qui regroupent les croûtes et les encroûtements. Ces accumulations sont souvent le résultat des différentes sources d'apports ou d'enrichissements sous l'impulsion de différents mécanismes ou processus de formation (Halitim, 1988; Fedoroff et Courty, 1989; Boyadgiev et Sayegh, 1992; Herrero et Boixadera, 2002).

1.8 Dynamique de l'eau dans le sol

1.8.1 La rétention en eau

L'énergie de rétention de l'eau dans les sols gypseux est considérée selon de nombreux travaux semblables à celle des autres sols et l'eau utilisable par les plantes est évaluée dans la gamme de pression allant de 0,3 à 15 bars (Fao, 1990).

La capacité de rétention en eau diminue avec l'augmentation du taux de gypse dépendant de la structure du sol, la stratification, la texture, taux d'argile et le type, la taille des cristaux de gypse, surface d'évaporation, l'extraction des racines, la contribution des eaux souterraines et la conductivité hydraulique. L'effet du taux de gypse sur le mouvement et la rétention en eau apparaît d'être plus relié à leur effet sur la formation de différentes unités structurales que la capacité de la surface des particules de gypse de retenir l'eau (Mashali, 1996).

1.8.2 Mouvement de l'eau dans le sol

Dans la plupart des sols gypseux, les mouvements de l'eau sont modérés à rapides, sauf dans les horizons à encroûtement gypseux, où les mouvements descendants sont entravés (Fao, 1990). Dans l'étude des sols d'Iran, Nejdhashemi et al (2000), notent que la perméabilité des sols gypseux est fonction de la texture et la forme de la cristallisation du gypse. Cependant, elle peut diminuer, augmenter ou rester constante durant la filtration. Le coefficient de perméabilité est élevé au début puis diminue graduellement jusqu'à une valeur constante, ceci est dû au mouvement des particules de sol et à la solubilisation du gypse.

La présence du gypse n'implique pas de comportement spécial sur la conductivité hydraulique, elle est plutôt influencée par la taille et la distribution des cristaux du gypse (Poch, 1996).

1.9 Composition minéralogique

Les sols gypseux n'ont pas une représentation minéralogique particulière, quoique Dekkiche (1974) et Lee et al. (1983) considèrent l'attapulgite comme un constituant principal de la fraction fine des sols gypseux, à l'exception des sols formés sur des dépôts récents.

Cependant, Boyadgiev et Sayegh (1992) présentent la relation entre le gypse et l'attapulgite comme assez complexe, puisque l'attapulgite a été observée en grandes quantités dans les sols où le gypse se caractérise par la forme spongieuse. Une forme représentative des conditions d'alternance humidité-sécheresse favorables à la néoformation de ce minéral à partir de solutions de sols gypseux, alors que Halitim (1988) conditionne la formation de l'attapulgite par : la présence de quartz et de silicates phylliteuses (source de silice et d'aluminium); un pH élevé sans excès (entre 8 et 9); une source suffisante de Mg^{++} .

1.10 Conclusion

Les sols gypseux sont largement répandus dans les zones arides et semi-arides où la pluviométrie est insuffisante pour évacuer le gypse des profils.

Les milieux gypseux se caractérisent par leurs propriétés physiques et chimiques particulières

- une faible stabilité des agrégats.
- Une faible rétention en eau qui est sous la dépendance du taux d' argile d' une part et de la teneur et la dimension des cristaux du gypse d' autre part.
- La capacité d' échange cationique est diminuée avec l' augmentation des teneurs en gypse.

Les fortes teneurs en gypse ont un effet défavorable sur la croissance des plantes, cependant, le gypse en petites quantités à un effet bénéfique sur les propriétés physiques chimiques et biologiques des sols.

Chapitre II

Matériels et méthodes d'étude

Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude

II.1 Etude du milieu physique

II.1.1 Présentation de la zone d'étude

La région de Biskra s'étend sur une superficie de 21671.24 Km². Elle se situe à environ 34°.48 de latitude et sa longitude est de plus de 5°.44 avec une altitude de 124m.

Biskra est limitée au nord par Wilaya de Batna, au Nord-Ouest par la Wilaya de M'sila au Nord-Est par la Wilaya de Khenchla, au sud par la Wilaya d'El oued et au Sud-Ouest par la Wilaya de Djelfa (fig 2).

La zone d'étude est située à 28 Km, au Nord-Ouest de la ville de Biskra, dans la région d'El Outaya (la plaine d' d'El Outaya), son territoire s'étend sur une superficie de 406,10km² (DPAT, 2007), Elle est limitée au Nord par El Kantara, au Sud par Biskra et El Hadjeb, à l'Est par Branis et Djemorah et à l'Ouest par Tolga.

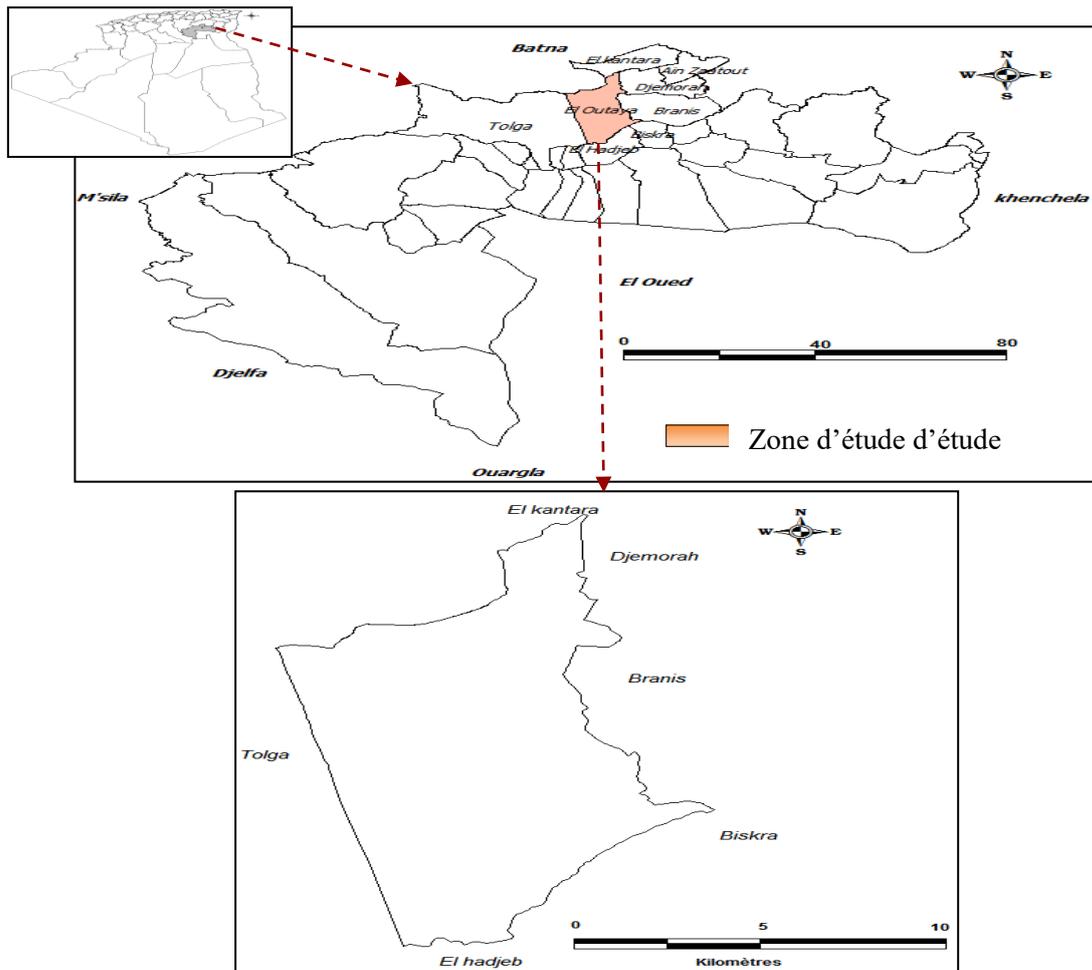


Figure 2: Situation géographique de la région d'El Outaya

II.1.2. Le climat

Les principaux paramètres climatiques retenus dans cette étude sont: les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative, l'insolation et l'évapotranspiration (les données climatiques sont obtenues à partir de la station météorologique de Biskra).

a) Les précipitations

D'après les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelles indiquées dans le tableau 5, on remarque un maximum de sécheresse durant le mois le plus chaud (Aout) avec une pluviométrie de 2.08 mm, par contre le mois le plus humide est Septembre avec 30.94 mm.

Tableau 5 : Précipitations moyennes Mensuelles en mm, (1992-20012).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pm (mm)	19,69	8.50	21.75	15.67	10.27	3.38	8.17	2.08	30.94	14.87	20.50	17.23	173.05

b) Les températures

Des fortes variations saisonnières sont enregistrées entre le mois le plus chaud 40.94°C en Juillet et le mois le plus froid 6.89° C en Janvier où la moyenne annuelle est de 22.57° C (Tableau 6).

Tableau 06 : Températures moyennes mensuelles (1992-20012).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
TM °C	17,13	19,08	23,14	26,76	31,95	37,70	40,94	40,07	34,16	28,94	22,10	17,69	28,30
Tm °C	6,89	8,06	11,30	14,84	19,97	24,81	27,84	27,80	23,20	18,00	12,01	8,05	16,90
Tmoy °C	11,65	13,36	17,18	20,89	26,41	31,54	34,59	34,15	28,81	23,31	16,49	12,42	22,57

M: moyenne mensuelle des maximums

m: moyenne mensuelle des minimums

moy : Moyenne mensuelle

c) Le vent

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de 4.31 m/s environ ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'Avril et Mai (respectivement 5.71 et 5.35m/s).(Tableau 7).

Tableau 7 : Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. annuelle
Vitesse moyenne (m/s)	4,09	4,46	4,87	5,71	5,35	4,26	3,84	3,59	3,93	3,59	3,96	4,03	4,31

d) L'humidité relative

L'examen du tableau 8 montre un taux d'humidité élevé pendant les mois de Novembre, Décembre et Janvier, respectivement elle est de 54.4 %, 59.4 %, 58.13%, et l'humidité la plus faible est remarquée au mois de Juillet, elle est de 25.73%.

Tableau 8 :l'Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov.	Déc.	Moy. annuelle
Humidité relative (%)	58,13	49,47	42,33	38,87	33,80	28,20	25,73	28,73	39,93	46,67	54,40	59,40	42,14

II.1.3. Diagramme Ombrothermique

L'observation de la figure 3, relative à la courbe ombrothermique montre, que le climat de la région étudiée est caractérisé par une seule saison sèche, s'étalant sur toute l'année. C'est d'ailleurs, un des paramètres marquant le climat des zones arides, en plus de la forte évaporation et l'irrégularité dans le régime pluviométrique.

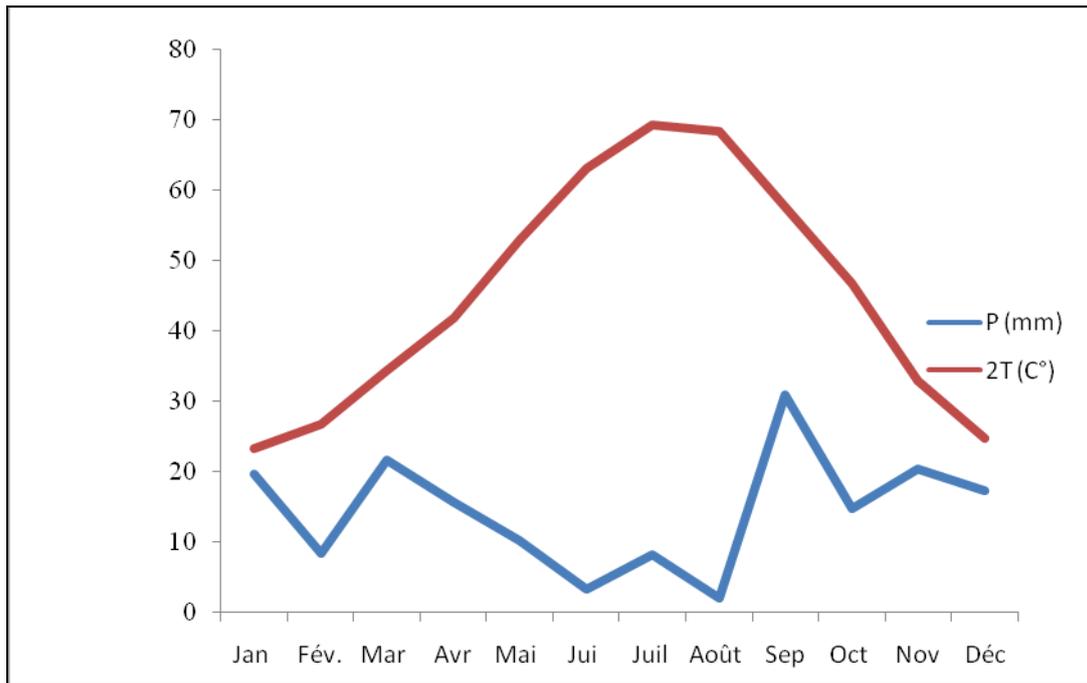


Figure 3: Diagramme Ombrothermique.

II.1.4 Climagramme d'Emberger

L'indice climatique d'Emberger, est défini par la formule:

$$Q = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

Q: quotient pluviométrique d'Emberger.

P: précipitations moyennes annuelles en mm.

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, en degré absolu T°C+ 273(°K).

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid, en degré absolu T°C+ 273 (°K).

Tableau 9: Indice d'Emberger.

P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q
173.05	313.94	279.9	17.12

La valeur du Q de la station de Biskra est de 17.12, on peut constater que la région est soumise à un climat « **aride** ».

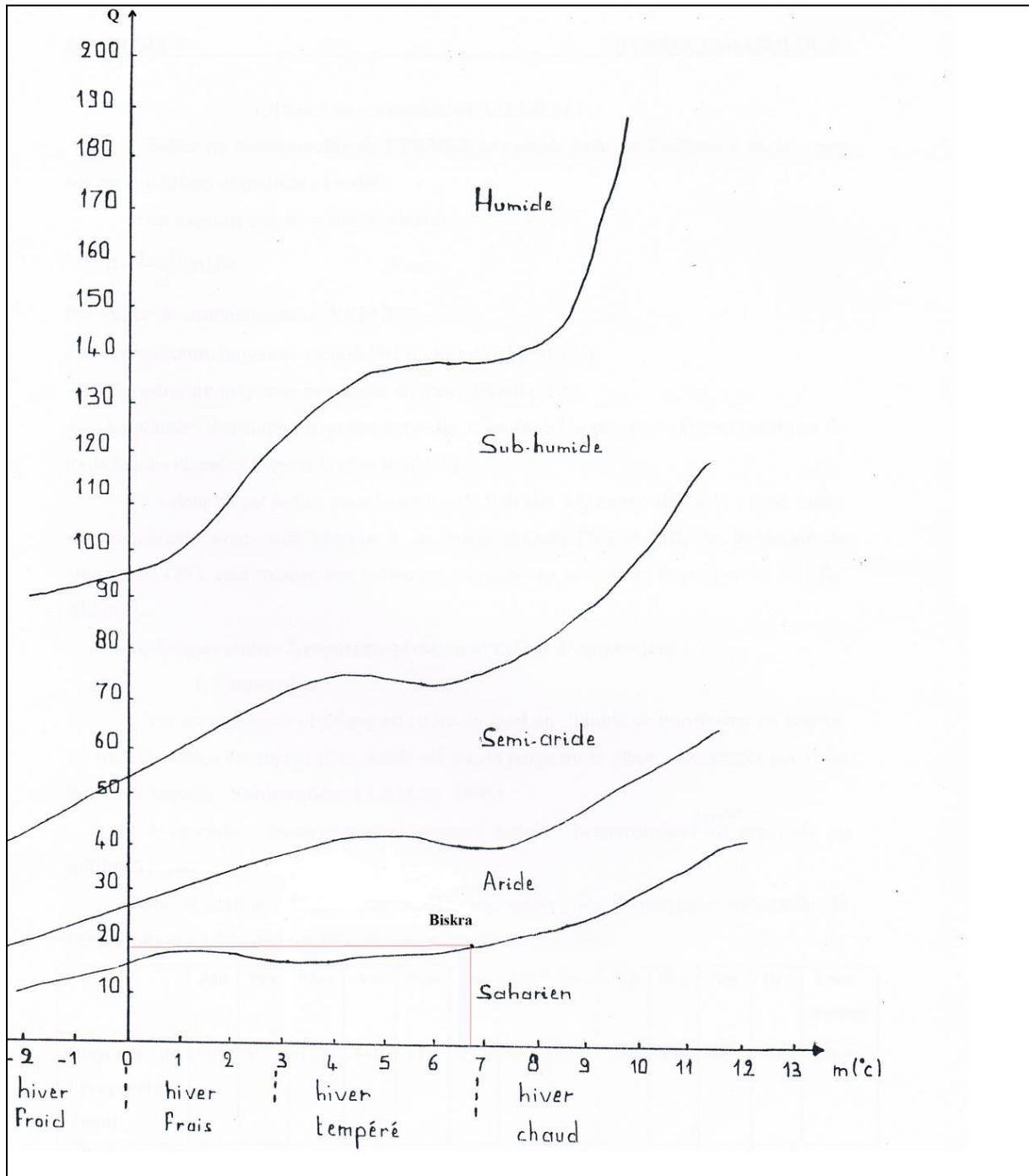


Figure 4 : Climagramme d'Emberger

II.2- Géologie de la région d'étude

D'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines effectuées par (Guirand,1990 in Ferhani ,2003), il y a lieu de distinguer d'une part des piémonts établis sur le néogène , très disséqués et drainés par de nombreux oueds , et d'autre part ,par la vaste plaine d'El-Outaya.

II .2.1 Terrains Secondaires (Mesozoïque)

II.2.1.1 Trias

Les roches de sel paraissent du reste de l'ancienne limite Sud des lagunes triasiques bordées du continent désertique saharien (Sahara Mer du Quaternaire). Les formations haloides triasiques se sont décelées par des sources salées chaudes ou froides dont les eaux sont chargées de sels à leur contact en profondeur (sources thermales : Hammam EsSalihines Biskra, Hammam Sidi EL Hadj Fontaine des Gazelles situé au Nord -Est d'El-Outaya).

De façon générale en Algérie Orientale, le gypse domine dans le Trias au Tell et au Nord des Hautes plaines tandis que le sel gemme forme de véritables montagnes au Sud des Hautes plaines et aux abords des Aurès. Mais il a été remarqué par certains auteurs que les relations stratigraphiques avec les sédiments fossilifères(Quaternaire) d'âges divers sont dites anormales : le Trias a été confondu avec divers terrains secondaires ou tertiaires(Jurassique ,Crétacé, Nummulitique, Néogène).Le diapir du Djebel El-Maleh est un anticlinal représentant un pli poste miocène à noyau triasique constitué par des marne bariolées et gypsifères. Son épaisseur dépasse les 1000m.

II .2.1.2 Jurassique

Le centre du massif de l'Aurès occupé par un anticlinal qui affleure des couches Kimméridgiennes à la base est représenté par des calcaires siliceux et des brèches. La partie supérieure est marneuse dures. Le lias représenté par un lambeau au Sud du dôme de sol et constitué par des dolomies brichoides .Il affleure au Nord d'El-Outaya (Ferhani, 2003).

II .2.1. 3 Crétacé

La division classique du Crétacé est représentée par une stratigraphie bien nette.

a) Crétacé Inferieur

Dans les monts du Hodna et de Batna, comprend des calcaires marneux (calcaire à ciment).Le Crétacé supérieur correspond à des conditions lithogénèse représente é par une assise des marnes argileuses d'un gris verdâtre admettent des intercalations de calcaire marneux (Belezma, Hodna, Centre de l'Aures).

*L'alpien

Les affleurements du Crétacé inférieur avoisinant les alignements Triasiques se montrent comme des diapirs et sont formés d'Alpien récifal, calcaire ou dolomitique avec intercalation marneuse.

b) Crétacé Moyen Cm

Il forme la transition entre le régime anticlinal de tous les sédiments plus anciens et le régime synclinal contenant des terrains plus récents (du crétacé supérieur au néogène).

***L'albien**

Il est représenté par des calcaires sub récifaux et des dépôts sub bathyaux (néritiques profonds) : ce sont des marnes plus ou moins fossiles voir schistoïdes qui contiennent des ammonites ferrugineuses.

***le cenomanien**

Sur le Vraconnien se présente le Cénomaniens néritique formé de roches marno calcaires avec absences totale de dépôts clastiques.

***Le turonien**

Il est constitué par des calcaires récifaux à Rudistes qui jouent un rôle important. La topographie, sous forme de corniches superposées aux marnes cénomaniennes

- des calcaires blancs massifs

- des dolomies blanches roses cristallisés.

c) Crétacé supérieur

La sédimentation au Sénonien est comparable au Cénomaniens : soit calcaire soit marneuse formé de lentilles ou de gros bancs de gypse s'intercalent à différent niveau à partir du Campanien dans les régions de Batna, D'EL-Kantara, de l'Aures Oriental et Negrine .Elles marquent des épisodes sublagunaires dans les faciès néritiques. L'ensemble du Crétacé Supérieur est formé de marnes noires schistoïdes.

II .2.2 Terrains Tertiaires (Cénozoïque)

II .2.2. 1 L'éocène

a) Eocène inférieur marin

de composition lithologique assez uniforme est formés de très nombreux bancs épais de calcaire marneux, gris bleuâtre à platine blanche , ou ocreuse aux affleurements dans lesquels s'observe des niveau de rognon siliceux brun ou noir de formes variées :

-des calcaires à silex

-à la base des argiles vertes gypseuse (Sud des Aurès), région du grand chott, à l'ouest de Boutaleb. Dans la région d'El-Kantara existe des dépôts continentaux de cet age avec des mollusques pulmonés associés.

b) Eocene moyen marin

A la lisière du Sahara, la prédominance des faciès saumâtres implique l'existence de lagunes proche de la Mer Lutétienne.

c) Eocene ou L'Oligocene

Des formations continentales couvertes de résidus de vieilles alluvions fluvio- lacustres ou lagunaires (poudingues à galets, de sables ou grés friables, argiles ferrugineuses.L'Oligocène est surmonté par le Néogène inférieur marin (Hodna, la cuvette D'El-Kantara, et d'El-Outaya, dans l'Aures et près de Lambèse).

A cet âge se développe en Algérie Orientale un régime steppique de chott (M'lila, Hodna, Bas Sahara) s'est sédimentées des argiles à gypse. L'accentuation du relief, sous un climat humide a favorisé le creusement de larges vallées où l'action des pluies se manifestait par l'accumulation de poudingues grossiers, mêlés à des grés et à des argiles colorés en rouge.

II .2 .2.2 Miocene

Présence de galets qui ont donne naissance à des poudingues caractéristiques Il s'est développe des calcaires phytogènes sur lesquels se place une puissante assise argileuse ou marneuse de teinte foncée, noirâtre, grise, ou parfois verdâtre

II .2 .2.3 Pliocene

Les formations pliocènes continentales sont des témoignages de dernières manifestations fluvio- lacustres sur les hautes plaines et en bordure du Sahara. Elles sont principalement des conglomérats ou de cailloutis épais qui simulent par leur redressement subvertical, une muraille saharienne depuis Biskra jusqu'au voisinage de Negrine. Ces dépôts détritiques grossiers correspondent au remplissage de l'un des grands synclinaux de l'Aurès et à celui du fossé tectonique longeant le pied du massif montagneux depuis Biskra jusqu'à Zribet El Oued (fosse Sud Eurasienne).

II .2.3 Terrains quaternaires

On comprend par Quaternaire, tous les dépôts qui se sont formés entre la fin de la période subapienne (Ts) pliocène et le commencement de l'époque actuelle ou terrain moderne ,c'est à dire d'origine alluviale, colluviale ou éolienne(Pouget ,1980.). Ils peuvent être répartis entre le Quaternaire ancien ou Sicilien et le Quaternaire moyen ou Pléistocène Monastirien. Le Sicilien fut marqué par un affaissement par saccades. Les formations continentales correspondent à des alluvions étagées en terrasses.

Le Monastirien : autour des résidus lacustres (chotts, galaa, sebkha voir margea) présentent dans les hautes plaines s'est formés des dépôts du Quaternaire épais de limons fins , grisâtre , argilo –marneux.Les affleurements Triasiques qui se présentent au voisinage des Djebel el Maleh, sebkha, lacs... ; les eaux sont saturés de sel (Hodna, Bled el Hzema, Sud ouest de la ville de Biskra), qui se cristallise en période de sécheresse. Il s'effectue une sédimentation de colmatage (argile ou limon fins) et par milieu de dépôt de gypse et même de sel gemme. Au cours du Quaternaire moyen (Qm) ou Pléistocène et surtout le Quaternaire récent ou Neopléistocene s'est effectuer un assèchement progressif de la contré.

Ces phases de dessiccation dues aux conditions météorologiques, ont permet à l'extension des zones steppo-desertiques.Il couvre la majeure partie de la plaine d'El- Outaya, son épaisseur varie de 2 à30mètres.

Le récent est fait de cailloutis et éboulis aux pieds des montagnes de dunes de sables ainsi que d'alluvions sableuses et caillouteuses des lits actuels des Oueds. Le moyen est composé de "Deb-Deb" calcaire-gypseux, des travertins des sources et d'alluvions sableuses et argileuses de la plaine.

L'ancien est constitué par des poudingues près des montagnes, ensuite par des dépôts sableux et argileux.

II.3 Géomorphologie de la plaine d'el- outaya et des paysages environnants des zones arides

La géomorphologie est considéré comme un ensemble de résultats de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques, dont en défini les différents unités du paysages semblables.

Selon Pouget, 1980, les principales unités géomorphologiques sont :

-les reliefs, les surfaces plus ou moins planes, les dépressions et les formes d'accumulations éoliennes

II.3. 1 Les reliefs

Selon la nature lithologique, on distingue :

-Les roches dures, formées de calcaire dur et de grés (carte pédologique) :c'est l'ensemble des massifs constitués par les djebels.

-Les roches tendres, formées de marnes et marno- calcaires : c'est l'étendue de collines plus ou moins pointues développées dans les roches tendres marno calcaires.

-L'intermédiaire entre roches dures et roches tendres : correspondent à des zones aplanies au voisinage des reliefs.

II.3. 2 Les surfaces plus ou moins planes

Ce sont particulièrement les cônes des piémonts, les glacis, les terrasses, et les chenaux des oueds alluvionnés.

+Les cônes des piémonts

Il s'agit de matériau détritique très grossier dont on trouve le gravier cailloux et blocs anguleux .L'accumulation calcaire se fait en croûte et encroûtements, amas et nodules.

+ Les glacis

C'est une expression topographique qui indique une surface douce et régulière de pente inférieure à 8%. Pouget 1980, distingue les différents glacis du quaternaire. Ceux du quaternaire ancien qui correspondent à des surfaces moulouyennes ; se caractérisent par des sols à croûtes calcaires. Ceux du quaternaire moyen, qui se sont développés après le Quaternaire ancien, caractérisé par une accumulation de calcaire moins important.

Les glacis du quaternaire récents et actuels sont composés de matériau alluvial (texture moyenne et fine). L'accumulation calcaire se fait en amas, en nodules, souvent encroûtements et rarement en croûtes.

+Les formes alluviales

Ce sont des formations du quaternaire récentes et actuelles. Les matériaux transportés sont accumulés dans les zones d'épandages ou des dépressions (Pouget ,1980).Se sont des zones d'épandages et d'étalement des eaux de crue des averses brutales qui permet les dépôts d'un matériau alluvial. Les terrasses se localisent le long des oueds principaux. Leur sol représente une texture grossière (sable grossier et cailloux).

II.3 .3 Les dépressions

Les eaux de ruissellement s'étalent dans les zones d'épandages et s'accumulent dans les dépressions endoréiques .Dans les régions arides en distinguent les dépressions hyper salées (chotts et sebkhas) et les dayas où s'accumulent les eaux de ruissellement non salées ou peu salées.

II.3 .4 Les formes d'accumulations éoliennes

Elles sont importantes et de formes variées :

* *Le voile sableux* : région environnante de M'doukel ; dépôts sableux discontinus plus ou moins mobiles.

* *Les placages sableux* : versant Sud de l'Atlas Saharien aux environ de Biskra ; où on observe des taches d'accumulations de sable importantes.

**Les nebkas pièges* : l'Ouest de la plaine d'El- Out aya, le sable est piégé par des touffes de végétation clairsemée.

**Les micros dunes* : ce sont des accumulations des sables permettant le développement des psammophytes vivaces Elles sont développées surtout près des chotts (présence du gypse).

D'une manière générale, les zones arides se caractérisent par des ruptures de pentes brutales entre les massifs montagneux et les pédiments associées par des cônes de déjections, des plaines dépendages fluvio-glaciaires, des bas fonds et des dépressions qui influencent la répartition de l'eau et des éléments constitutifs des sols.

Les phénomènes qui exercent une influences sur la formation et les caractéristiques du sol, constituent les éléments geomorphologiquement important ; dont en note :

- la distribution des particules fines et grossières arrachées du sol, transportées, refaçonnées, redéposées par le vent et l'eau.

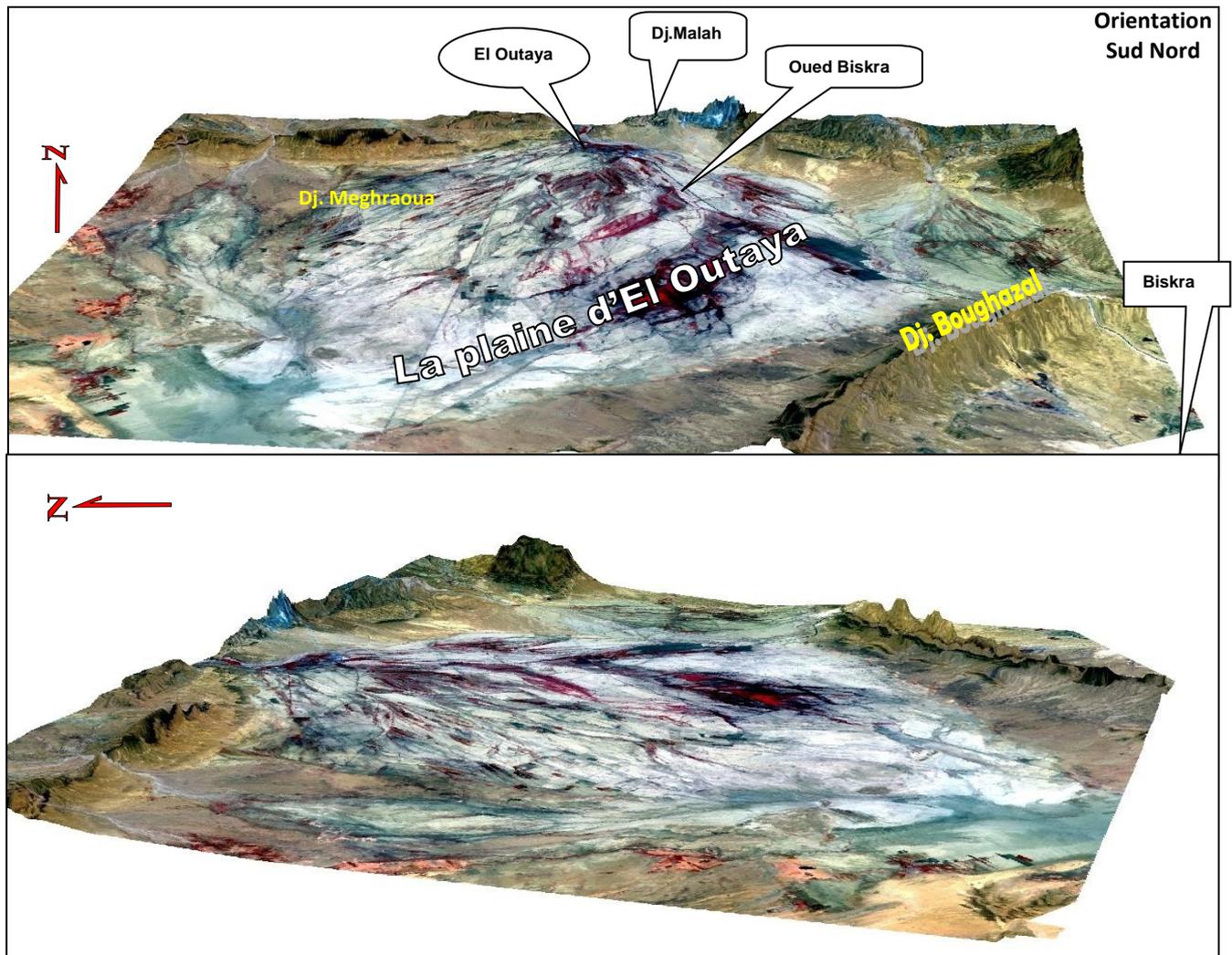


Fig 5: Les principales unités morphologiques de la région d'El Outaya

(Source: Abdelhafid, 2011).

II.4 Réseau hydrographique et hydrogéologique du bassin et de la plaine d'el-outaya

Les conditions hydrogéologiques du paysage environnant de la plaine d'El-Outaya sont très variées surtout dans les zones montagneuses du centre du sud ouest du Mont des Aurès ; principaux lieux de sources qui résultent de la combinaison des particularités stratigraphiques, tectoniques et glyptogéniques. Les eaux superficielles, dont certaines ont participé à l'alimentation des nappes phréatiques, autour desquelles se sont formés des centres d'habitations : Fontaine des Gazelles, Sellet, Ain Mdoukel, Ngaous, Béni Farah, Ain D'féla... Alimentant souvent des ravineaux, des affluents des oueds.

Le réseau hydrographique de la région est représenté par un sous bassin versant du Chott Melghir dont l'exutoire principal est l'oued El-Hai, alimenté par un réseau d'affluents d'importance considérable et particulièrement de la fonte périodique, des neiges du Mont du Belazma et du Mont des Aurès. Il faut rappeler que l'oued El Haï n'est à sec que depuis une trentaine d'années ; depuis les débuts de la sécheresse.

Les principaux affluents d'Oued Elhai sont :

- * Oued Ec chaaba, qui prend sa source du Mont du Belazma
- * Oued Béni Fadhala et Maafa du Mont des Aurès
- * Oued Chebaba de l'Oued Boubiadha du Djebel El Groune du Mont des Aurès
- * Enfin oued Béni Farah, qui prend sa source du Mont des Aurès et rejoint l'oued El Haï au nord environ de Dar El Arroussia sous le nom de Oued Bou Gatou. Djebel Metlili. Il faut signaler que Dufour, ancien colon avait réalisé un réseau de seguias et de canaux d'irrigation dont la trace existe de nos jours, autour de la ferme dénommée « ferme Driss Amor » ex : ferme Dufour. Ce réseau était alimenté par l'écoulement, jadis permanent à l'irrigation des grandes surfaces de blé et des cultures maraîchères. Ces seguias ne sont plus utilisées que pendant les crues (tarissement des sources au niveau de l'oued). Les hauteurs qui entourent la plaine sont des crêtes correspondant à la tranche des couches plissées ; elles constituent des arêtes à flancs dissymétriques conformes aux structures. Elles culminent aux altitudes de 415 m (Djebel Bou Ghazel) , de 483 m (Djebel Maghraoua), A l'Est Dj. Foum ztag à 443 m ; Dj Mohar (Branis) culmine à 584 m .Au Nord –Est Dj.El Malah se dresse jusqu'à 626m sans s'intégrer dans les autres alignements ; il constitue un dôme escarpé et raboteux. Au Sud

Ouest de la plaine, sur le même alignement de Dj. Bou Ghezal se dressent Dj. Guibane à 450 m et Dj. Tenia à 503m (figure 6).

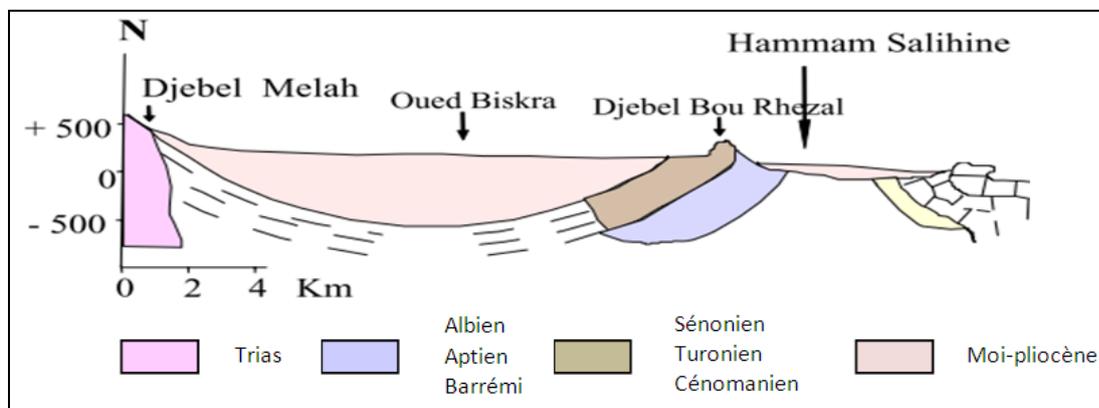


Fig 6: Diapir de sel d'El-Outaya

(Source : Abdelhafid, 2011 ; d'après cartes hydrogéologiques ANRH, 1980).

Par ailleurs la construction du nouveau barrage près de Fontaine des Gazelles a permis aux bénéficiaires des terres dans le périmètre irrigué, d'utiliser les eaux du barrage. Ce périmètre irrigué se situe tout le long de Dalaat El Beida jusqu'à Bled El Hzema versant Nord de l'Atlas Saharien, au Sud-ouest de la plaine.

Les couches traversées en profondeur au cours du forage jusqu'à 120 m, appartiennent au remplissage alluvial quaternaire de la plaine d'El-Out aya. Les terrains argileux, qui sont situés en profondeurs, sont des marnes gris verdâtres, homogènes (Savornin et al, 1937); avec la présence de gypse fibreux, intercalés de traces de calcaire marneux vers 150 à 200m de profondeur. La limite de la zone d'eaux jaillissantes est fonction de la tectonique sub superfœtuelle et topographique). Ce qui explique l'existence d'importantes sources thermales (35° à 40°) actuellement dénommées des Hammams EsSalihines, Sidi El Hadj....

La partie de la plaine qui s'étend à l'Ouest d'El Out aya, constitue un impluvium utile qui fonctionne comme un « toit tout » pour les eaux de ruissellement de provenance lointaine grâce à l'oued Selsou.

Actuellement, on exploite hydrauliquement la nappe aquifère par pompage ou par gravité quand la disposition topographique le permet.

II.5 Cadre pédologique

Le climat influence grandement la formation et les caractéristiques physicochimiques et mécaniques du sol. Dans les régions arides, où l'érosion par le vent et par l'eau est accentuée, on rencontre des plaines graveleuses, avec présence de dunes et de bancs de sable. Les fortes variations diurnes de températures accélèrent le processus de dégradation des matériaux originels. Par contre, les effets combinés de tous les autres facteurs contribuant à la pédogenèse sont réduits par les conditions d'aridité et amplifiés à mesure que l'humidité augmente. Ce même phénomène s'observe dans la formation du sol par le rôle joué par la végétation et les composés organiques.

L'Afrique du Nord au cours de la réunion d'Alger du 27 mars 1970 cité in Djbaili, 1984. Du point de vue écologique et agrologique, les facteurs importants à considérer en zones arides sont :

- la texture et la profondeur
- la position topographique (ruissellement ou accumulation d'eau)
- la perméabilité des horizons de surfaces
- l'absence de toxicités

Les sols sont d'autant meilleurs qu'ils permettent d'emmagasinier le plus d'eau pendant les courtes périodes sèches. Dans différents travaux effectués par Lehouerou rapporté in Djbaili 1984. Ces sols sont classés comme suit :

I) Classe des sols minéraux bruts :

- * sols bruts d'érosion
- * sols bruts d'apport alluvial
- * sols d'apport colluvial
- * sols d'apport éolien

II) Classe des sols peu évolués

*sols bruts d'érosion

*sols bruts d'apport alluvial

*sols d'apport colluvial

*sols d'apport éolien

III) Classe des sols calco- magnésimorphes ou calci –magnésique (300mm)

*sols carbonatés

*sols gypseux

VI) Classe des sols iso humiques (100mm)

*sols bruns variés

*sols gris (100 mm)

V) Classe des sols halomorphes

*sols salins

*sols salés à alcali

VI) Classe des sols hydro morphes

*hydromorphie partielle de surface

*hydromorphie partielle de profondeur

VII) Classe des vertisols à caractère : * peu accentués,* à caractère de salinité

(Lehouerou, 1967 in Djbaïli ,1984), a mis l'accent sur les types de sols dans les zones désertiques et a identifié :

*une famille de Hammada

*deux familles de reg ; l'une autochtone, et l'autre allochtone*et les sols d'apport éolien.

En se référant aux cartes des sols de l'Algérie, tenant compte des ensembles lithologiques, et géomorphologique, Pouget; Halitim in Djbaili (1984); ont cité dans leur étude les types de sols suivants :

- a) les sols formés sur le substratum géologique
- b) les sols à accumulation calcaire des glacis
- c) les sols de formation alluviale d'accumulation et zahrez
- d) les daïas
- e) les formations éoliennes dont les plus dominants sont les sous classes

-gypseux

-halomorphes

-hydromorphes qui sont les plus représentatifs de la plaine d'EL- Outaya et des paysages environnants,

L'étude pédologique en zone agricole perturbée par l'action de l'Homme, doit permettre de comprendre que le processus de formation et d'évolution des sols de la région est en partie soumis à des facteurs de productions anthropiques mal adaptés tout simplement, tels l'irrigation, le drainage, systèmes de travail de sol non conforme aux types de sol .

II.6. Hydrogéologie de la zone d'étude

D'après la notice explicative de la carte hydrologique de Biskra (Notice exp, 1980) (figure 7) et le faite de l'importance des nappes phréatiques dans notre étude nous nous s'astreindrons d'évoquer ce type de nappe.

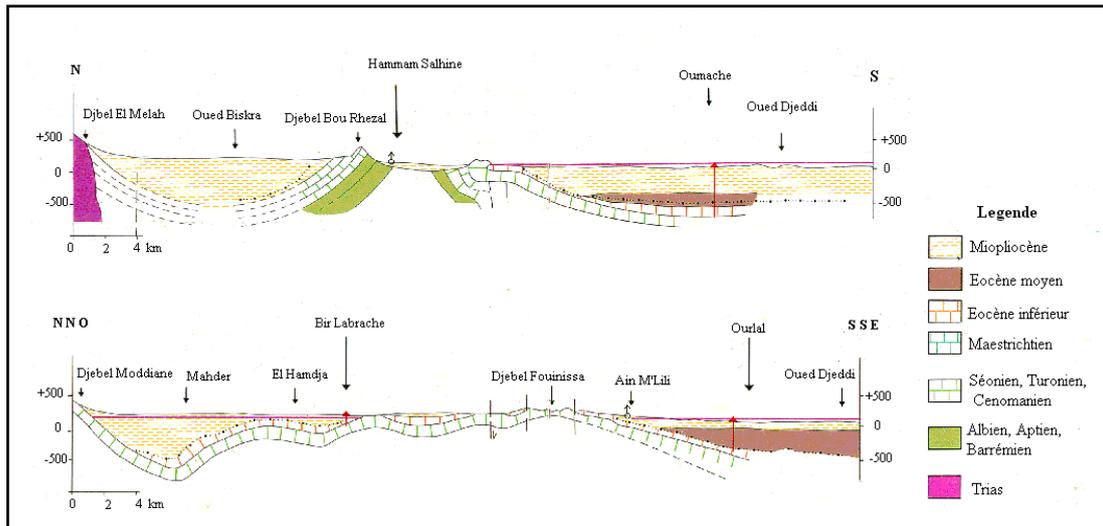


Figure 7: Coupe hydrogéologique schématique (extrait de la carte hydrogéologique de Biskra 1/200 000).

II.6.1. Les nappes phréatiques du quaternaire:

Elles se localisent généralement dans des accumulations alluvionnaires, le substratum doit être formé par une succession plus au moins épaisse de passées argileuses. Leur zone d'alimentation est difficile à préciser, cependant pour les environs de Tolga elle est alimentée par la nappe des calcaires sous-jacents, la plus part des eaux de cette nappe entrent dans la catégorie salée ou très salée, elles se classent parmi les chlorurées alcalines et sulfatées calcéo- magnésienne. Donc cette eau constitue d'une part une source et un agent vecteur des sels notamment le gypse, et d'autre part sa présence en une faible profondeur a une grande influence sur le processus pédogénétique notamment dans la formation des accumulations gypseuses très fréquente dans ces sols.

II.6.2. Les nappes des sables du miopliocène

La litho stratigraphie est mal connue l'alternance de couches d'argiles imperméables à passée de sable et cailloutis à peine la formation de quelques horizons aquifères des terrains continentaux du tertiaire et quaternaire. Il est possible que l'alimentation de la nappe se fait à partir des zones d'affleurements du miopliocène à la faveur des pluies exceptionnelles par leur caractère chimique les eaux se rapportent au type; sulfaté alcalin, sulfaté calcéo-magnésien et Sulfaté calcique. Elles sont de mauvaise qualité.

II.6.3 Nappe des calcaires de l'éocène et du sénonien

Le réservoir de cette nappe est constitué essentiellement de calcaire de l'éocène inférieur et du sénonien supérieur, L'alimentation de cette nappe se fait par deux zones d'affleurements de l'éocène inférieur. La première à l'ouest de Doucen et Oueled Djellal, la seconde au Nord de Tolga, c'est la zone principale.

En plus de ces zones d'alimentation, on fait intervenir pour la nappe captive un un pluvium constitué par les reliefs méridionaux de l'Atlas Saharien qui dominent Tolga entre Foughala et Bouchegroume et les versants de la plaine d'EL Outaya.

Les eaux présentent un faciès sulfaté alcalin et alcalinoterreux avec prédominance de ces derniers.

II.6.4 Nappe profonde (nappe de grés):

Cette nappe dite « Albine », correspond à une complexe continental en grande partie gréseux dont les stratigraphiques varient selon les régions. L'alimentation actuelle de cette nappe s'effectue par:

- Infiltration.
- Ruissellement tout au long des oueds qui descendent des massifs de l'Atlas saharien notamment de l'Aurès.

L'eau de la nappe est très coûteuse en raison de sa profondeur et de sa température, On cite un exemple : •Eau thermale de Hamame Salhine.

- La source d'Ain Taïba.

Conclusion

La géologie est à l'origine de nature lithologique est constitue un des facteurs de la formation des sols et des reliefs de l'Afrique du Nord. Le Jurassique supérieur domine ; il représente le faciès dominant avec ses dolomies, grés et marnes calcaires durs traversés par des bancs argiles, dans le Mont de Batna et dans les Aurès, il est essentiellement marno-calcaire. De Jurassique jusqu'à l'Albien, on note la présence de sédiments gréseux. Le

Cénomaniens est formé de marnes. Le Torunien est érodé, et le Sénonien débute par des conglomérats auxquels succèdent des argiles qui se terminent par du gypse. Les pointements diapirs sont fréquents dans l'Atlas Saharien et à l'Ouest des Monts des Aurès, sont formés de marnes salifères et constituent des montagnes de sel : Djebel El Maleh, El out aya, Djebel Metlili.

Le Quaternaire se subdivise en trois niveaux :

°Ancien : formation de Poudingues de sables et d'argiles, près des montagnes.

°Moyen : représenté par des dépôts des sources, d'alluvions sableuses et argileuses de la plaine.

°Recent : essentiellement de cailloutis et des éboulis, des dunes et des alluvions des oueds, dépression Biskra –El-Kantara, plaine d'El-Outaya. Il ne faut pas oublier que le Mio-Pliocènes qui repose sur du calcaire lacustre couvre l'ensemble des Hauts Plateaux.

Chapitre III

Méthodes d'étude

Chapitre III : Méthodes d'étude

III.1 Le choix des profils

A partir des données de l'étude agro pédologique effectuée par l'ANRH (1980, 1984), sur la plaine d'El Outaya, des profils types on été choisis selon leurs teneurs en gypse. Ensuite, une prospection sur le terrain vers chaque profil à été réalisée pour la caractérisation des différentes zones quelles sont représentées sur la carte (Figure 8). Des échantillons du sol ont été prélevés pour chaque profil et analysés au laboratoire.

Les profils répartis sur toute la superficie de la plaine ont été creusés manuellement, sur une profondeur de 1m, Pour mieux connaitre la genèse du gypse, leurs formes dans la plaine, des analyses, ont été réalisé sur 26 horizons.

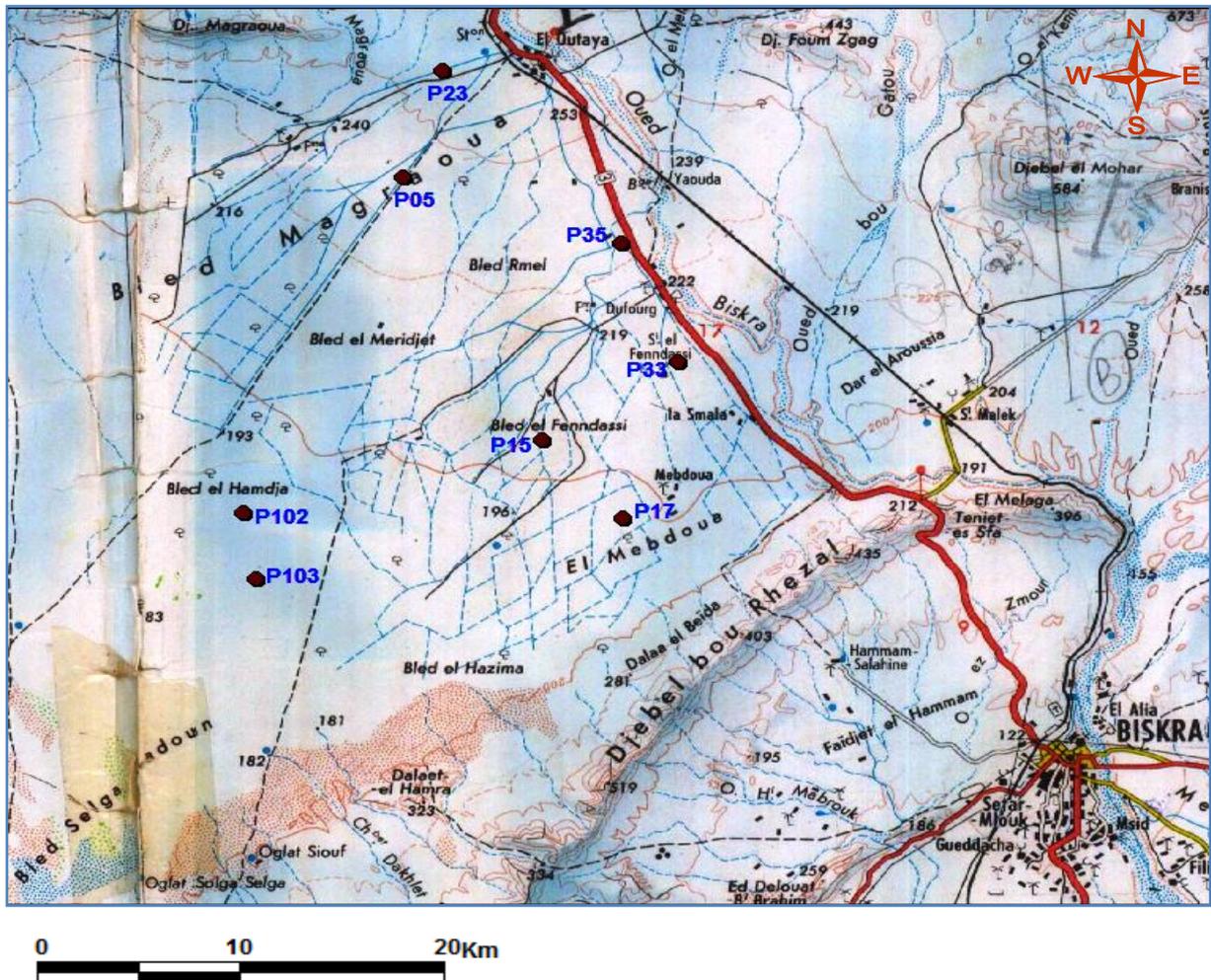


Figure 8 : Carte de répartition des profils

III.2 – Méthodes d'analyses au laboratoire

III.2.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique, a été effectuée par la méthode internationale de la pipette de Robinson.

III.2.2 Calcaire total

Par la méthode de Calcimétrie de Bernard.

III.2.3. Réaction du sol (PH)

Il est déterminé par le PH mètre avec un rapport sol/eau de 1/2.5.

III .2.4. Conductivité électrique

Avec un rapport sol/eau de 1/5, mesuré par le conductimètre est exprimé en dS/m à 25 °C.

III.2.5 Dosage de gypse

Le gypse est dosé par la méthode Conductimétrique proposée par Richard (1954) par précipitation avec l'acétone on utilisant le rapport sol/eau de 1/500.

Le taux de gypse a été calculé par l'utilisation du courbe standard qui relie la concentration de sulfate de calcium avec la conductivité électrique (CE), à 25 °C (Tableau 10).

Tableau 10 : La conductivité électrique à 25 °C de différentes concentration de sulfate de calcium dans l'eau (Poch, 1989; ryan, Estefan et Rashid, 2001).

Ca SO4 (meq/l)	Conductivité électrique à 25°C (dS/m)
1.0	0.121
2.0	0.226
5.0	0.500
10.0	0.900
20.0	1.584
30.5	2.205

L'expression utilisée pour calculer le taux de gypse dans l'échantillon est la suivante :

$$\text{Le gypse dans le sol \%} = \frac{A \text{ meq CaSo4}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{B \text{ ml}}{C \text{ ml}} \times \frac{1}{D \text{ g/ml}} \times \frac{0.0869}{1 \text{ meq gypse}} \times 100$$

Où: **A**: meq CaSO₄ du tableau.

B: volume de H₂O pour apporter tout le précipité dans la solution.

C: volume de l'aliquote.

D: rapport sol/eau.

III.2. 6 Analyse microscopique

Les examens microscopiques sont des moyens indispensables au diagnostic de la pédogenèse. Ces observations morphoscopiques nous ont permis d'étudier la forme et l'aspect des grains de sable pour comprendre le mode de transport auquel ils ont été soumis. Les examens micro morphologiques, ont été réalisés par un microscope de précision chargé par camera.

III.2.7 Analyse minéralogique

Les échantillons de sol ont été passés aux rayons x sur la fraction totale sous forme de poudre broyée puis portée sur le porte échantillons exposé au rayons X.

Chapitre IV

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1 Caractérisation morpho analytique des sols

IV.1.1 Profil 23

Jour : temps sec

Végétation :

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5°34'24".8 Y=35°01'50".5

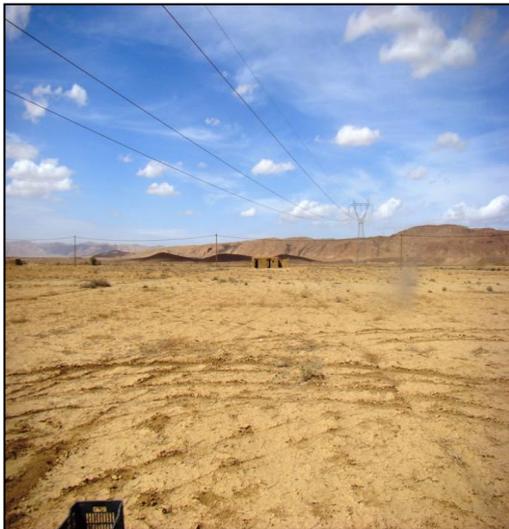


Photo 01 : Vue général de profil 23



photo02 : pseudomycelium de profil 23

H1 :0-14cm

Sec, couleur (10 YR 5/8), friable, transition nette, structure polyédrique, moyennement compact, texture limoneux argileuse, présence de fines racines peu nombreuse, présence de taches blanchâtres, présence de fente de retrait, forte effervescence à l' HCL.

H2 :14-24cm

Sec, couleur (10 YR 5/8), friable, transition pas nette, structure polyédrique, compact, texture argileux limoneuse, présence de fines racines nombreuse que l'horizon 1, taches blanchâtres plus importante, forte effervescence à l' HCL.

H3 : 24-1m

Frais, couleur (10 YR 5/8), friable, transition peu nette, structure massique, très compact, absence de racines, taches blanchâtres, forte effervescence à l' HCL.

Tableau 11 : les analyses physico-chimiques de profil 23

profil	Prof cm	Granulométrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse(%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF%	SG%					
P23H1	0-14	32	40	20.57	7	1	3.89	7.93	40.27	7.21	Argileuse
P23H2	14-24	32	25	29.49	13	2	5.60	7.81	41.53	4.34	Argileuse
P23H3	24-100	38	11	44.2	6	2	5.11	8.04	44.47	4.34	Argileuse

L'analyse granulométrique montre une texture argileuse pour tout le profil, le pH est moyennement alcalin selon Aubert(1978).C'est un profil fortement salé traduisant une salinité plus élevée dans l'horizon médian avec 5.6 dS/m, le profil salin est du 3^{ème} type (Halitim, 1988).D'après l'échelle de Baize (2000) (Tableau 11), Les résultats obtenus pour le dosage du calcaire total (Tableau 03), montrent que le sol de cet profil est modérément calcaire, surtout l'horizon 3 enregistré la plus grande valeur (44.47%).Les taux de gypse obtenus dans les différents horizons indiquent que ces sols sont légèrement gypseux, ses valeurs varient entre 7.21% en surface et 4.34% dans les deux autres horizons.

IV.1.2 Profil 05

Jour : temps sec

Végétation : Salsola.Atriplex

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5°33'42".03 Y=35°00' 15".45



Photo 03 : Vue générale profil 05



Photo 04 : Profil 5



Photo 05 : Taches blanchâtres profil 05

H1 :0-30cm

Sec, couleur (10 YR 5/4), structure polyédrique subangulaire, sol friable, moyennement compact, poreux, Présence de fines racines. Des pseudos mycéliums abondants, présence des fentes de retrait, transition irrégulière .goût : non salé, forte effervescence à l' HCL.

H2 : 30-70cm

Sec, couleur (10 YR 5/3), structure polyédrique angulaire, poreux, sol peu friable, présence de quelques taches blanchâtres, transition nette, présence des racines fine, goût : non salé forte effervescence à l' HCL.

H3 : 70-1m

Sec, couleur (10 YR 6/4), présence de pores, structure polyédrique, sol très compact, friable, présence des taches blanchâtres, présence des racines, Présence d'activité biologique moyennement décelable, présence des fissures. Goût : non salé, forte effervescence à l' HCL.

Tableau 12 : les analyses physico-chimiques de profil 05

profil	Prof	Granulométrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A %	LF%	LG%	SF%	SG%					
P5H1	0-30	34	33.2	23.33	9.72	1.44	4.40	7.89	43.00	5.04	Argileuse
P5H2	30-70	42	34.8	19.74	3	0.52	7.85	7.99	40.06	5.04	Argileuse
P5H3	70-100	42	32.4	21.74	4.19	0.7	7.10	8.00	42.37	7.21	Argileuse

L'analyse granulométrique de ce profil révèle une texture argileuse pour tous les horizons.

Le pH des échantillons étudiés est généralement moyennement alcalin, la valeur minimale est enregistrée pour l'horizon 1 (P5 H1) avec un pH de 7,89 et la valeur maximale pour P5H3 (Tableau12).la CE prends sa valeur maximale de 7,85dS/m au niveau de l'horizon médian,sa valeur minimale (4,40dS/m)est signalée au niveau de l'horizon de surface et l'horizon inferieur présente une valeur de 7.10 dS/m. c'est un profil très salé à extrêmement salé.les résultats obtenus pour le calcaire total (tableau12) montrent que tous les horizons sont fortement calcaires selon Baize(2000). Les taux du gypse obtenus dans les différents horizons montrent que ces sols sont légèrement gypseux, ses valeurs varient entre 5.04 et 7.21%(Tab).

IV.1.3 Profil 35

Jour : temps sec

Végétation : Salsola

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5°35'44" Y=34°59' 9".7

H1 : 0-12cm

Sec, couleur (10 YR 4/6), structure grumeleuse, sol friable, moyennement compact, poreux, présence de racines, présence des fentes de retrait, goût : non salé, forte effervescence à l' HCL.

H2 : 12-55cm

Sec, couleur (10 YR 5/4), structure polyédrique angulaire, poreux, sol peu friable, compact, présence des taches blanchâtres, présence des racines, présence des fentes de retrait. goût : non salé forte effervescence à l' HCL.

H3 : 55-1m

Sec, couleur (10 YR 5/6), présence de pores, structure polyédrique, sol très compact, présence des taches blanchâtres (des mycéliums), présence de gypse, présence des racines, présence des fissures (fentes de retrait). Goût : non salé, forte effervescence à l' HCL. ,



Photo 06 : Vue général profil 35



Photo 07 : Profil 35

Tableau 13 : les analyses physico-chimiques de profil 35

profil	prof	Granulometrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF%	SG%					
P35H1	0-12	32	31.2	29.81	6.94	0.44	6.3	7.97	42,16	2.15	Argileuse
P35H2	12-55	32	36	28.68	3.3	0.36	5.6	8,16	41,11	2.15	Argileuse
P35H3	55-100	44	22	28.69	5.22	0.83	2.5	8,02	46,99	1.47	Argileuse

La texture de profil est argileuse .le pH est moyennement alcalin pour tout le profil, les résultats de la conductivité électrique obtenus montrent que les trois horizons sont salés.

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total montrent que les sols des profils étudiés sont excessivement calcaires (Baize, 1988), avec des taux varient entre 41,11% et 46,99%.les taux du gypse obtenus dans les différents horizons montrent que ces sols sont légèrement gypseux selon Barzanji (1973)., ses valeurs varient entre 1.47 % et 2.15%(Tableau13).

IV.1.4 Profil 33

Jour : temps sec

Végétation : Salsola,Tamarix,Atriplex

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5° 37' 55" Y : 34°57'20"

H1 :0-12cm

Sec, couleur (10 YR 7/6), sol très friable, peu compact, structure : présence de sable sous

forme litée (entre polyédrique fine et lamellaire), texture limoneux sableuse, beaucoup de fines racines blanchâtres, Présence de taches blanchâtres, fente de retrait, , transition nette, sol très poreux, peu ou pas d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL. ,

H2 :12-40cm

Sec, couleur (10 YR 7/6), structure prismatique, sol peu compact, très poreux, texture argileux à argileux sableuse, transition nette, Présence fente de retrait, Présence de taches blanchâtres, pseudo mycélium, présence de racines, présence de taches rouille d'oxydo réduction, absence d'activité biologique, Goût : non salé, forte effervescence à l' HCL

H3:40-1m

Sec, couleur (10 YR 5/8), structure massique, compact peu poreux, texture argileuse, transition nette, présence de taches rouille d'oxydo réduction, activité biologique absente, Présence des tubes, absence des taches blanches, traces des racines, forte effervescence à l' HCL.



Photo 08 : Vue général de profil 23



Photo 09 : Profil 33



Photo 10 : Taches blanchâtres de profil 33

Tableau 14 : les analyses physico-chimiques de profil 33

profil	prof	Granulometrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF%	SG%					
P33H1	0-12	23	29.6	29.53	17.54	1.28	0.52	8.33	50.34	4.34	Limoneuse
P33H2	12-40	24	27.2	32.94	15.78	1.44	1.78	7.91	51.60	2.86	Limoneuse
P33H3	40-100	33	30.4	29.17	7.5	1.22	0.3	8.42		2.86	Limoneuse

L'analyse granulométrique montre une texture limoneuse. Le pH est moyennement alcalin avec une valeur maximale de 8.42 enregistrée dans l'horizon inférieur. Les résultats de la conductivité électrique traduisent une salinité maximale de 1.78 ds/m, c'est un profil non salé où l'horizon inférieur marque une valeur de 0.3 ds/m et l'horizon de surface a une CE de 0.52 ds/m. Les résultats obtenus pour le dosage du calcaire total (Tableau 14), montre que le sol de cet profil est excessivement calcaire d'après l'échelle de Baize (2000) (tableau 02. Annexe). Généralement, les sols de ce profil sont légèrement gypseux selon l'échelle établie par Barzanji (1973).

IV.1.5 Profil 15

Végétation : Tamarix

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5° 35' 44" Y : 34°56'13"

H1 : 0-17cm

Sec, couleur (10 YR 5/8), structure polyédrique grumeleuse, sol friable, peu compact, poreux, texture limoneux argileuse, Présence de racine gosse. Présence de taches blanchâtre, traces de

charbon, activité biologique importante, présence de fente de retrait apparente, transition nette
.goût : non salé, forte effervescence à l' HCL. ,

H2 : 17-36cm

Sec, couleur (10 YR 5/8), structure polyédrique, très poreux, sol peu friable, texture argileuse, présence de taches briques, transition nette, pas de taches blanches, présence de coquillage (débris), traces de charbon, présence de racine moyennes à fine, goût : non salé forte effervescence à l' HCL. ,

H3 : 36-64cm

Sec, couleur (10 YR 7/6), transition peu nette, présence de pores, structure polyédrique grumeleuse, sol peu friable, texture argileux sableuse, peu de tache de charbon, peu de taches blanchâtres, présence de fine racines, Présence d'activité biologique, goût : non salé, forte effervescence à l' HCL. ,

H4 : 64-1m

Sec, couleur (10 YR 6/6), sol peu friable, transition peu nette, présence de pores, structure polyédrique, texture argileux sableuse, présence de fine racines, absence d'activité biologique.

Goût : non salé, forte effervescence à l' HCL. ,



Photo 11 : Profil 15

Tableau 15 : les analyses physico-chimiques de profil 15

profil	prof	Granulométrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2. 5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A %	LF%	LG %	SF%	SG%					
P15H1	0-17	32	36	21.27	10.93	1.93	0.84	8.38	43.84	4.34	Argileuse
P15H2	17-36	40	32.8	21.36	5.76	0.78	0.72	8.51	43.00	3.56	Argileuse
P15H3	36-64	27	25.2	30.38	17.4	2.2	0.62	8.37	40.24	2.17	Limoneuse
P15H4	64-100	28	23.2	31	17.24	1.52	0.59	8.33	52.02	4.34	Limoneuse

L'analyse granulométrique du profil 15 montre une texture argileuse pour les deux premiers horizons et une texture limoneuse pour les deux derniers horizons (H3 et H4). Le pH des échantillons étudiés est généralement moyennement alcalin à fortement alcalin (8.51) pour l'horizon P15H2. Les sols de ce profil sont peu salés avec des valeurs de la CE oscillant entre 0.59 dS/m dans l'horizon inférieur et 0.84 dS/m dans l'horizon de surface. Les résultats obtenus pour le dosage du calcaire total (Tableau 15), montrent que le sol de ce profil est fortement calcaire, surtout l'horizon inférieur enregistre la valeur maximale de 52.02%. La distribution de gypse est hétérogène dans tout le profil. La teneur de gypse dans les horizons est variée entre 2.17% et 4.34%, c'est un profil légèrement gypseux d'après l'échelle de Barzanji (1973).

IV.1.6 Profil 17

Végétation : Tamarix

Pente : plane

Geomorphologie : terrasse

Aspect de surface : ancien labour

Coordonnée : X=5°36' 56" Y : 34° 55' 0"

H1 :0-30cm

Sec, couleur (10 YR 6/4), structure polyédrique fine, sol moyennement compact, poreux, présence des pseudos mycéliums, présence des fentes de retrait, forte effervescence à l'HCL.

H2 :30-60cm

Sec, couleur (10 YR 6/4), structure polyédrique grossière, poreux, sol compact, présence des racines fines, présence des fentes de retrait, forte effervescence à l' HCL.

H3 :60-1m

Sec, couleur (10 YR 5/4), structure lamellaire, poreux, sol friable, présence des taches blanchâtres et des taches de pseudo mycélium, forte effervescence à l' HCL.



Photo 12 : Vue générale de profil 17

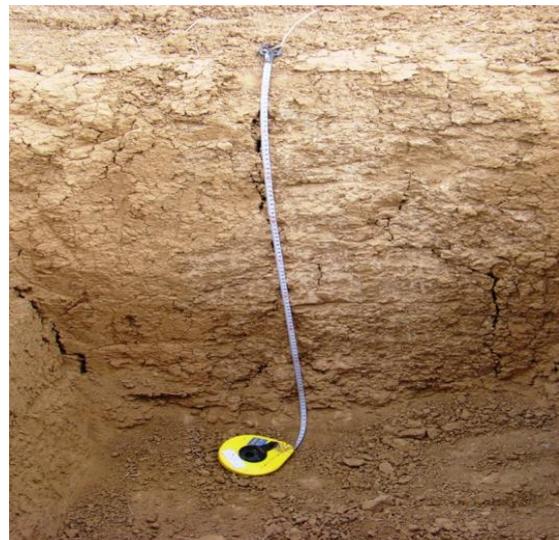


Photo13 : Profil 17

Tableau 16 : les analyses physico-chimiques de profil 17

profil	prof	Granulometrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF%	SG %					
P17H1	0-30	61	23,2	4,795	11,08	2,5	1.7	7,92		1.47	Argileuse
P17H2	30-60	65	9,6	10,98	14,44	3,44	1.4	8,04	37.13	1.47	Argileuse
P17H3	60-100	67	14,4	6,142	12,08	3,56	1.5	7,91		1.47	Argileuse

Le profil présente une texture argileuse dans les trois horizons, le pH est moyennement alcalin. Selon Aubert (1978) la conductivité électrique obtenus montrent que les sols de profil 17 sont salés. Elle oscille entre 1.4dS/m dans l'horizon médian et 1.7 dS/m dans l'horizon de surface.

Les résultats obtenus pour le dosage du calcaire total (Tableau16), montre que le sol de ce profil est fortement calcaire d'après l'échelle de Baize (2000) (tableau. Annexe), surtout l'horizon 2 enregistre la plus grande valeur 37.13%.

Le profil 17 montre un taux de gypse de 1.47% dans tout le profil .ce qui signifie des sols légèrement gypseux selon l'échelle établie par Barzanji (1973).

IV.1.7 Profil 102

Jour : Temps sec

Végétation : Salsola,Tamarix

Pente : plane

Géomorphologie : terrasses

Coordonnée : X=5°30' 58" Y=34°55' 15"

H1 :0-15 cm

Sec, couleur (10 YR 5/3), transition nette, structure polyédrique grumeleuse, friable, des racines fines, des taches blanchâtres, sol poreux, absence d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL.

H2 :15-76 cm

Sec, couleur (10 YR 6/2), structure polyédrique sub angulaire, présence des traits blanchâtres sous forme de pseudo mycélium, absence d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL.

H3 :76-1m

Frais, couleur (10 YR 4/3), transition peu nette, structure polyédrique sub angulaire, présence des cristaux de gypse, absence d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL.



Photo 14 : Vue générale de profil 102



Photo 15 : Profil 102



Photo 16 : Profil 102

Tableau 17 : les analyses physico-chimiques de profil 102

profil	prof	Granulometrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale(%)	Gypse (%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF %	SG%					
P102H1	0-15	16	1	36.85	20	2	16.57	7.33	36.08	4,34	Limoneuse
P102H2	15-76	21	20.77	57.21	22	0	12.30	7.88	37.13	5.04	Limoneuse
P102H3	76-100	25	46	28.59	0	0	16.26	7.72	35.87	5.04	Limoneuse

Le profil présent une texture limoneuse dans les trois horizons, le pH est légèrement alcalin, quant à la conductivité électrique, elle est oscille entre 12.30dS/m dans l'horizon médian et 16.57 dS/m dans l'horizon de surface et signifie que ce profil est excessivement salé.

Les résultats obtenus pour le dosage du calcaire total (Tableau17), montre que le sol de ce profil est fortement calcaire d'après l'échelle de Baize (2000) (tableau. Annexe), surtout l'horizon 2 enregistre la plus grande valeur 37.13%.

Le profil 102 montre un taux maximum de gypse de 5,04% .Cependant on constate une valeur minimale de 4.34 % dans l'horizon de surface P102H1 (Tableau). Généralement, les sols sont légèrement gypseux selon l'échelle établie par Barzanji (1973).

IV.1.8 Profil 103

Jour : temps nuageux

Végétation : Salsola plus ou moins dégradé

Pente : faible

Geomorphologie : terrasse

Coordonnée : X=5° 31' 7" Y : 34°54' 15"

H1 :0-20cm

Frais, couleur (7.5 YR 5/8), structure particulière, friable, transition graduelle, sol peu compact, Présence de nombreuses taches blanchâtres, présence de taches d'oxydo réduction (noire et rouille), quelques racines, sol poreux, absence d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL.

H2 :20-37cm

Frais, couleur (7.5 YR 5/6), structure particulière, sol peu compact, poreux, texture argileux sableuse, Présence de taches blanchâtres, présence des cristaux de gypse, absence des racines, Transition nette, présence de taches d'oxydo réduction, absence d'activité biologique, Goût : salé, forte effervescence à l' HCL.

H3 :37-80cm

Frais, couleur (10YR 5/8),sol compact, structure massique, poreux, texture argileux sableuse, présence de taches d'oxydo réduction, présence des cristaux de gypse, taches blanchâtres, absence de racines, transition nette, présence des roses de sable, absence d'activité biologique, la circulation de l'eau horizontale fait des filaments lités ou des lamelles, Goût : très salé, forte effervescence à l' HCL.

H4 : >80cm

Frais, couleur (7.5YR 6/8), sol peu compact, structure particulière friable, texture sableuse à argileuse, transition nette, pas de racines, présences des taches d'oxydo réduction, peu de cristaux de gypse, présence de charbon noire, quelques taches blanchâtres, Goût : peu salé, forte effervescence à l' HCL.



Photo 17 : Vue générale de profil 103

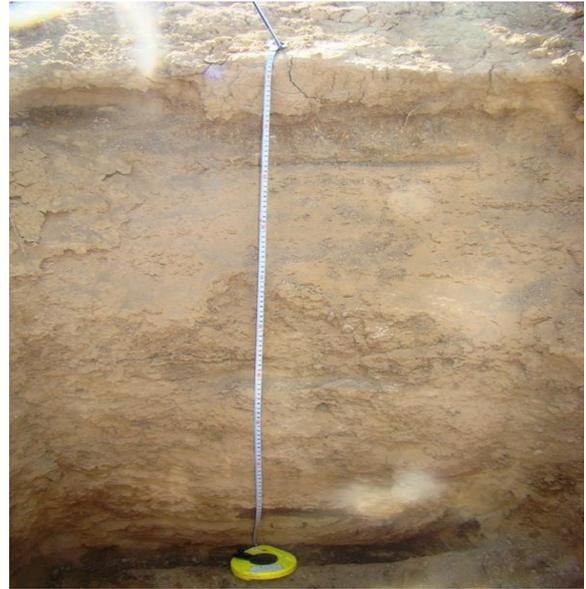


Photo 18 : Profil 103



Photo 19 : Rose de sable

Tableau 18: les analyses physico-chimiques de profil 103

profil	prof	Granulometrie					CE dS/m (1/5)	PH (1/2.5)	Calcaire totale (%)	Gypse (%)	Texture
		A%	LF%	LG%	SF%	SG%					
P103H1	0-20	4	32	49.56	13	5	15,86	8,13	39,44	7,9	Limoneuse
P103H2	20-37	33	20	46.28	1	1	20,75	8,35	40,27	1,47	Argileuse
P103H3	37-80	29	67	64.37	1	5	19,52	8,54	43	1,47	Limoneuse
P103H4	80-100	31	56	62.59	2	20	9,75	8,3	49,51	12,51	Argileuse

L'analyse granulométrique montre une texture argileuse et limoneuse dans le profil 103. Le pH est moyennement alcalin varie entre 8.13 et 8.54, les sols de ce profil sont extrêmement salé avec des valeurs de la CE oscillent entre 9.75dS/m et 20.75dS/m. Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total montrent que les sols des profils étudiés sont fortement calcaires (Baize, 2000). Le profil 103 montre que les quantités de carbonate de calcium, augmentent avec la profondeur de 39.44% à 49.51%. Les taux du gypse obtenus dans les différents horizons montrent que ces sols sont légèrement gypseux, ses valeurs varient entre 1.47 et 7.9% (Tableau 18). Pour l'horizon inférieur du profil le sol est modérément gypseux avec une valeur de 12.51% selon Barzanji (1973).

D'après les descriptions et les analyses, tous les sols sont extrêmement salés (la CE de l'extrait dilué 1/5). Ils sont tous très riches en calcaires et comportent du gypse dans l'ensemble du profil. Se sont donc tous des " **Calcic Solonchaks (gypsic)**" dans le système WRB.

IV. 2 Morphologie de gypse dans les sols de la plaine d'El outaya

L'analyse morphologiques des profils étudiés indiquent la présence de gypse sous différentes formes : une forme de plaque dans le profil 23(photo 20), une forme des surfaces polygonales dans le profil 5(photo 21), une forme de pseudo mycélium présent dans le profil 102 (photo 22) et une forme de rose de sable constatée dans le profil 103 (photo23). Selon Djilli (2000), le gypse peut présenter sous différentes formes dans le sol en fonction des conditions dans lesquelles il se précipite.



Photo20: Plaque de gypse de profil 23



Photo21 : Surface polygonal de profil 5



Photo22 : Gypse sous forme de pseudo mycélium Profil102



Photo 23 : Rose de sable de profil 103

IV.3 Caractérisation minéralogique des sols

Tableau 19 : composition minéralogique des profils étudiés.

profil	bassanite	quartz	gypse	calcite	anhydrite	dolomite	
P23H1	****	**	**	*	*	*	kaolinite
P23H2	****	**	*	****		*	intergrades
P23H3	****	**	*	*	*	*	intergrades
P5H1							
P5H2	****	****	*	**			
P5H3		***	*	****		*	
P35H1	****	***	traces		*	*	
P35H2	****	*	***	**	***	*	
P35H3		***	*	****		*	hématite
P33H1	****	****	*			*	
P33H2							
P33H3		**	*	****	*	*	intergrades
P15H1	****	***	*			*	Palygorskyte Smectite
P15H2	-	-	-	-	-	-	-
P15H3	-	-	-	-	-	-	-
P15H4	****	**	*	*	*	*	
P17H1		***	*	****		traces	hematite
P17H2	****	*	**	**			
P17H3	****	***	*	*		traces	hématite
P102H1	****	****	**	****		traces	hématite
P102H2	****	*	*	*	*		
P102H3	****	****	**	**	*		
P103H1	****	**	****	*		traces	smectite
P103H2	****	**	**	**		**	
P103H3		**	*	****	*	*	
P103H4	****	**	traces			traces	

**** dominant

*** abondant

** moyen

* faible

Les résultats du tableau (19) et les annexes de(1-22) montrent que tous les profils étudiés sont composés de bassanite (représenté par les pics 2.99A° , 3.002A° , 3.004A° ,.....), de quartz (représenté par les pics 3.29A° , 2.26A° , 2.44A° , 3.31A° ,.....), de gypse (représenté par les pics de 7.66A° , 3.76A° , 2.067A° , 4.19A° , 7.56A°) de calcite (représenté par les pics de 1.86A , 2.26A , 3.03A) de dolomite (représenté par les pics de 1.89A , 1.84A) et l'anhydrite (représenté par les pics de 2.84A , 1.82A , 2.49A , 2.88A).

IV.3.1 Minéralogie de profil 23

Le profil **23** représente la partie amont de la plaine, il se trouve contre bas de la Colline de Maghraoua, les minéraux essentiels dans ce profils sont le bassanite, le quartz et en faible présence la calcite et la dolomite (tableau 19), comme il ya une manifestation particulière de la kaolinite uniquement en surface (Tableau 19). Ceci pourrait s'expliquer par son origine d'héritage.

IV.3.2 Minéralogie de profil 5

Les deux horizons analysés de ce profil révèlent la dominance de bassanite, du quartz et la calcite et une faible présence du gypse. les minéraux argileux n'ont été pas détectés.

IV.3.3 Minéralogie de profil 35

Les résultats diffractométrique des rayons x révèlent dans cet échantillon, la présence dominant de bassanite dans les premiers horizons et la calcite dans le troisième horizon, le quartz est abondant dan le premier et le troisième horizon tandis que le gypse et l'anhydrite sont présent essentiellement dans l'horizon médian. Des traces de gypse en premier horizon. Très peu de dolomite avec les pics de 1.89A et 1.86A (tableau 19) (annexe).

IV.3.4 Minéralogie de profil 33

L'examen minéralogique révèle que cet échantillon est constitué principalement du bassanite, le quartz et peu de gypse dans l'horizon H1. Il ya l'abondance de calcite dans l'horizon H3 et très peu de l'anhydrite et de la dolomite (tableau 19) et annexe.

IV.3.5 Minéralogie de profil 15

Deux horizons ont été analysés par les rayons X, l'horizon de surface présente la dominance de bassanite, le quartz peu de gypse et de dolomite. On remarque la présence de polygorskyte et le smectite. L'horizon inférieur montre les mêmes minéraux que l'horizon de surface avec peu de gypse, calcite, l'anhydrite et la dolomite.

IV.3.6 Minéralogie de profil 17

A partir des résultats diffractométriques obtenus on remarque l'abondance du bassanite, de quartz et le gypse avec des quantités moyennes, la calcite est abondante dans le premier horizon, l'anhydrite est absente et peu d'hématite.

IV.3.7 Minéralogie des profils 102 et 103

Ces deux profils sont situés dans la partie basse de la plaine (bled selga), l'analyse diffractométrique indique que ces profils comportent principalement comme minéraux abondants le bassanite, le quartz, la calcite et le gypse surtout dans l'horizon de surface de profil 103 avec la présence de smectite dans cet horizon. Le gypse se manifeste en trace dans l'horizon inférieur de profil 103 mais l'analyse chimique montre la valeur maximale de gypse dans les sols étudiés de la plaine.

IV.4 Synthèse des analyses diffractométriques.

Les résultats des analyses minéralogiques obtenus montrent que les minéraux dominants sont le bassanite, le quartz, la calcite, le gypse, l'anhydrite et la dolomite, malgré leur abondance différente d'un profil à l'autre, ils sont soit hérités ou mobilisés par le vent.

La présence des minéraux (gypse quartz et calcite) dans nos échantillons dans les conditions arides est confirmée par nombreux auteurs, Watson(1980); Herrero et Porta (1987); Boyadjiev et Sayegh(1992).

D'après Artieda et Herrero (1996), le gypse, le bassanite et l'anhydrite apparaissent en nature sous différents environnements. Cependant, seule le bassanite et le gypse ont été observés dans les sols. L'hémihydrate est produit au niveau des croûtes de surface (Pouget, 1968), et est observée dans les formations gypsifères sous climats chauds et secs (Jauzein, 1974).

La présence de quelques minéraux argileux dans les profils étudiés ; la kaolinite dans le profil 23 situé en amont de la plaine et le smectite dans l'horizon de surface de profil 103 la partie basse de la plaine. La présence de la kaolinite dans les profils étudiés soit en surface soit en profondeur au coté de la smectite reflète un héritage dû à l'altération différentielle de la roche mère.

IV.5 Etude micromorphologique des sols

IV.5.1 Le profil 23

Le profil 23, situé en amont de la plaine d'El Outaya, a une texture fine (argileuse). Dans le sol, des cristaux de gypse lenticulaires apparaissent (Photos 24,25,27) dans les trois horizons de ce profil, le gypse est présent sous la forme de petites lentilles bleu transparentes tandis qu'on remarque une autre forme prismatique dans le deuxième horizon (photo 26).



Photo 24: Gypse lenticulaire du profil 23H1

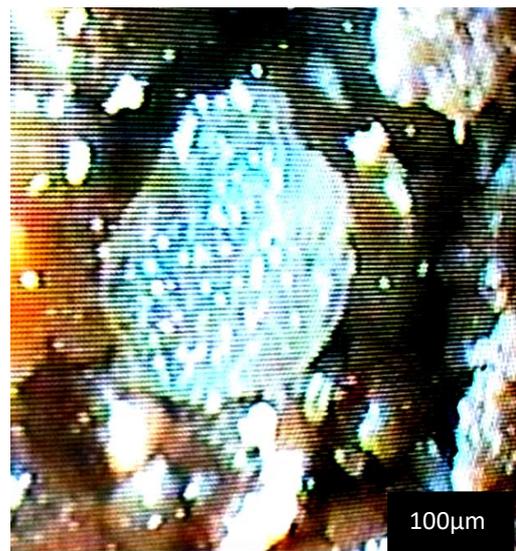


Photo 25 : Profil 23H2

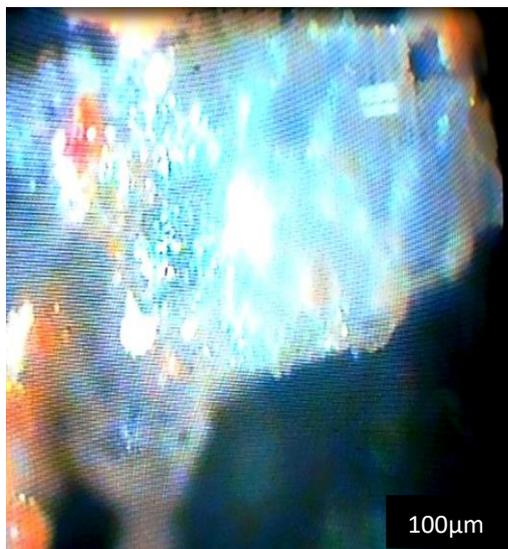


Photo 26: Profil 23H2

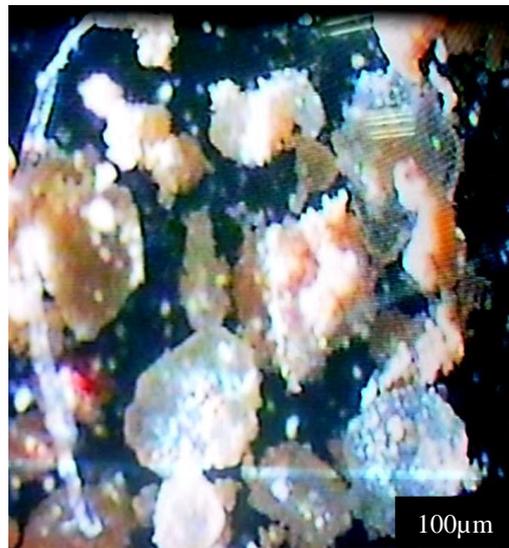


Photo 27: Profil 23H3

IV.5.2 Le profil 5

L'examen microscopique des sols prélevés nous révèlent différentes formes de gypse, une forme lenticulaire dans l'horizon de surface, une forme aciculaire ou bâtonnet dans l'horizon médian et une forme prismatique dans l'horizon profond(H3) (photo 30).



Photo 28.Profil 5H1



Photo 29.Profil 5H2

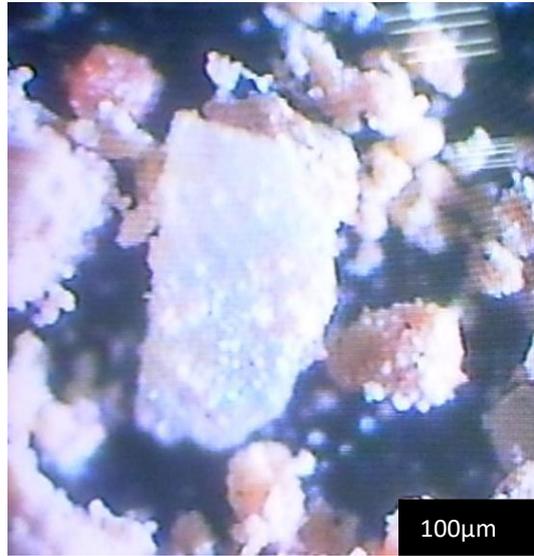


Photo 30 .Profil 5H3

IV.5.3 Le profil 35

La description de profil 35 indique que le gypse est présent sous une forme lenticulaire (Photo32) dans l'horizon médian et une forme ovoïde dans l'horizon de surface (photo31)

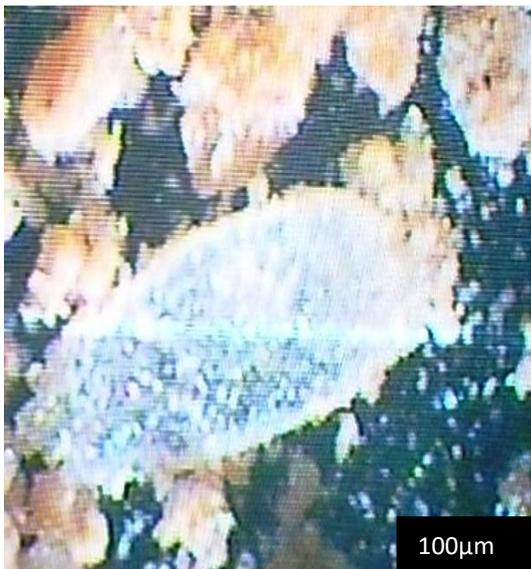


Photo 31.Profil 35H1

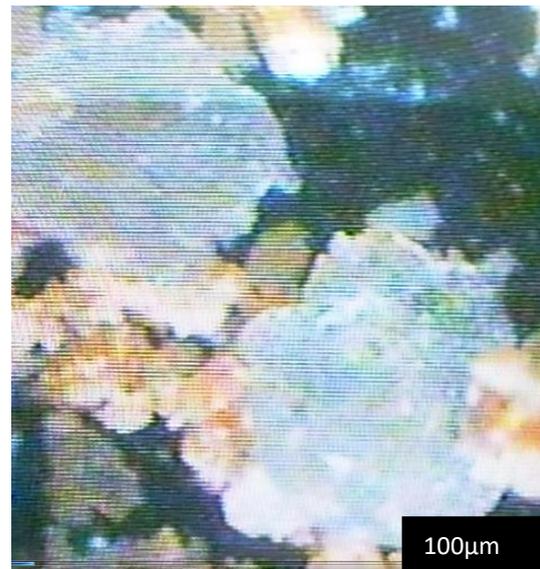


Photo 32. Profil 35H2

IV.5.4 Le profil 33

L'observation micro morphologique de ce profil indique la présence de gypse en différentes formes, lenticulaire est la plus abondante dans les deux premiers horizons comme, il est présent dans le troisième horizon avec la forme tabulaire indiquée dans la photo 36.

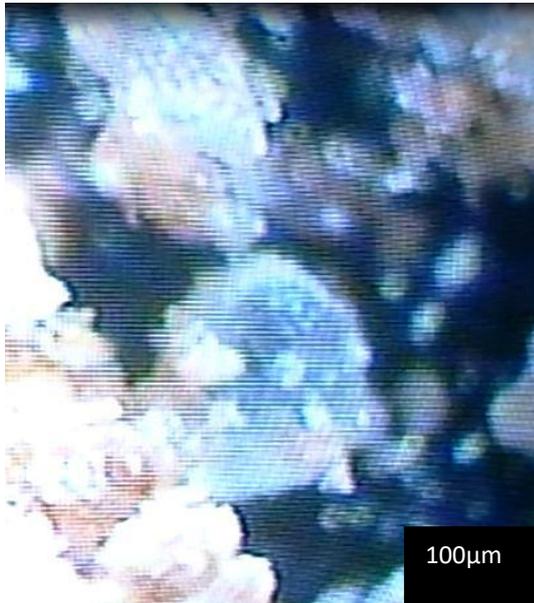


Photo 33.profil 33H1



Photo 34. Profil 33H2

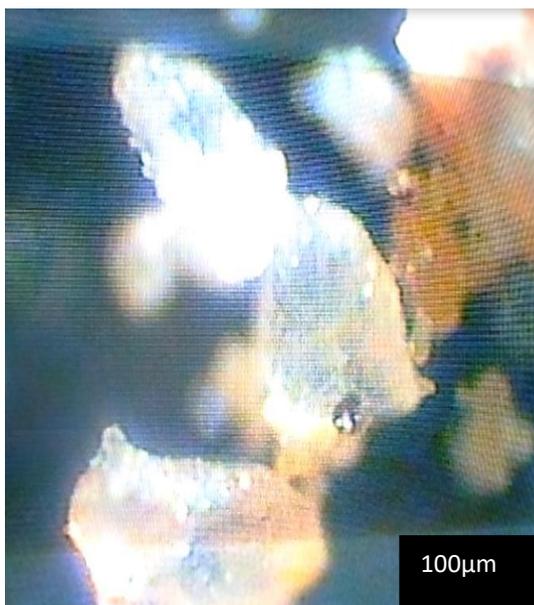


Photo 35: Profil 33H3

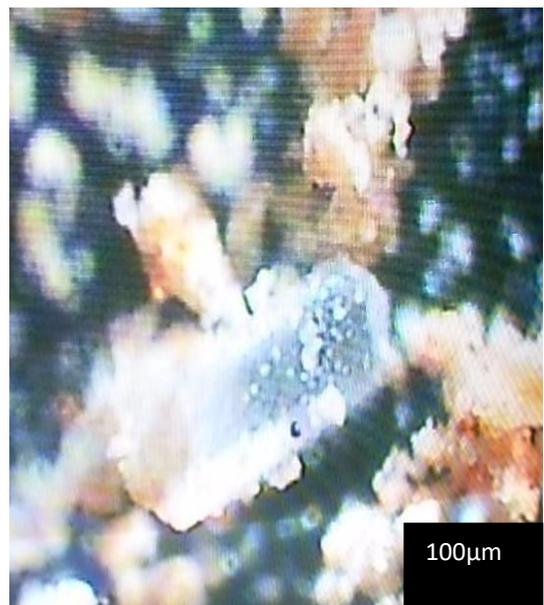


Photo 36: Profil 33H3

IV.5.5 Le profil 15

L'étude micro morphologique de ce profil montre trois formes différentes de gypse dans le sol, une forme aciculaire dans l'horizon de surface (photo37), une forme prismatique dans le troisième horizon(H3)(photo38) et une forme tabulaire dans l'horizon de profondeur(photo39).

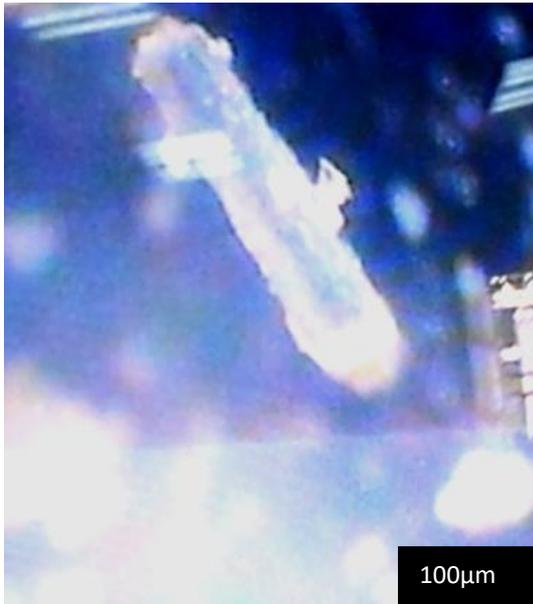


Photo 37: Profil 15H1



Photo 38: Profil15H3

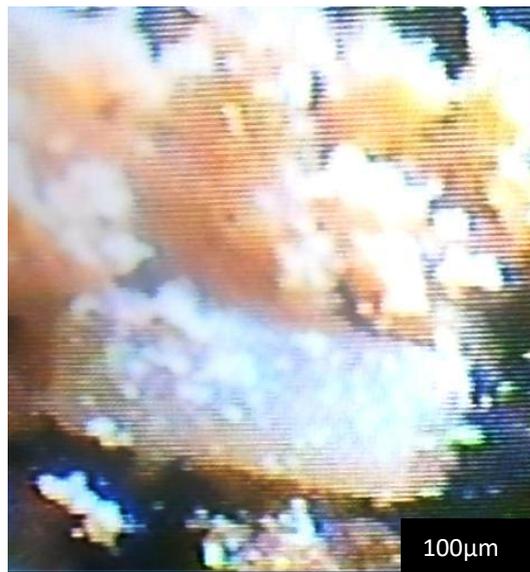


Photo 39: Profil 15H4

IV.5.6 Le profil 17

Les photos montrent des formes de cristaux lenticulaires de gypse en surface (photos 40 et 41) et une forme ovoïde et prismatique en profondeurs, à côté de gypse il y a la présence des grains de quartz dans tous les horizons (photos 42 et 43).

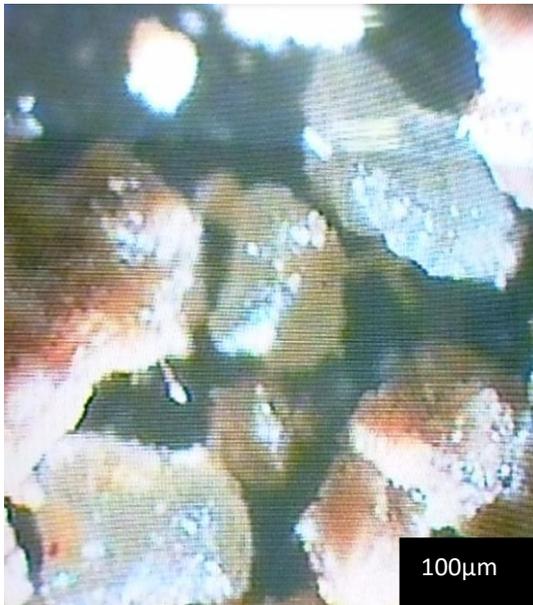


Photo 40.Profil 17H1

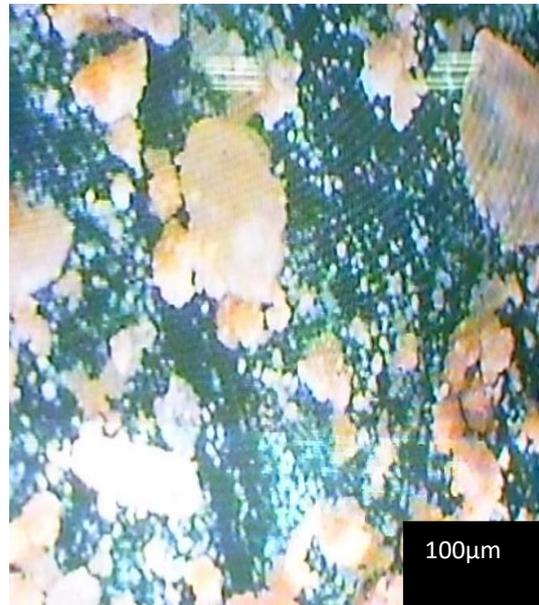


Photo 41.Profil 17H2

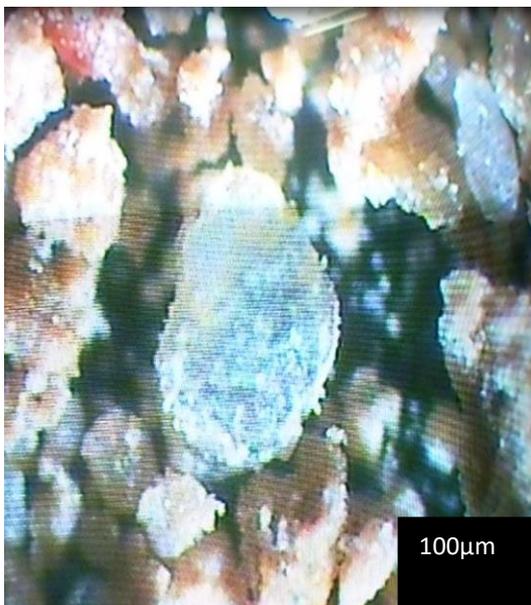


Photo 42.Profil 17H3

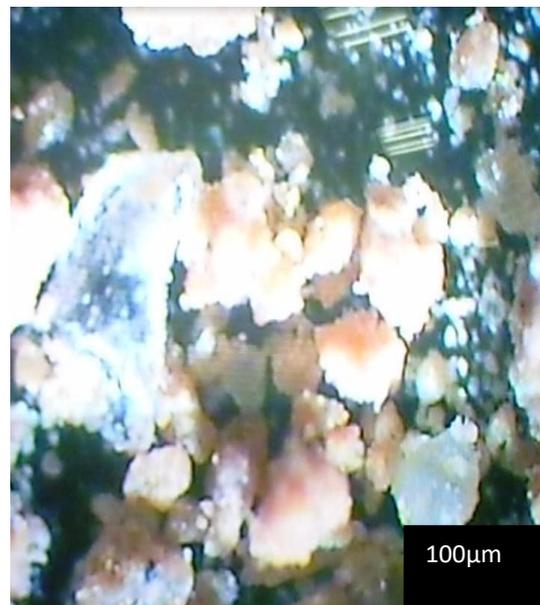


Photo 43.Profil 17H3

IV.5.7 Le profil 102

Grace aux observations microscopiques des échantillons de sols on a distingué quatre formes de gypse une forme lenticulaire abondante dans l'horizon de surface (photo 44), une forme colonnaire dans l'horizon médian (photo 45), deux formes apparaissent en profondeur du profil 102 (la forme prismatique et aciculaire (photos 46 et 47)).

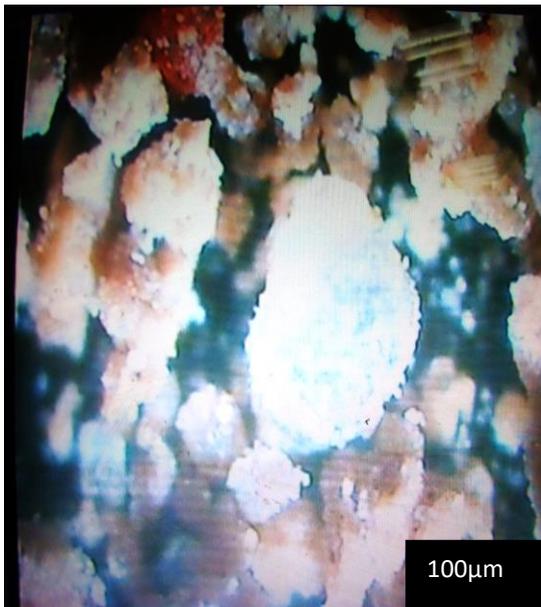


Photo 44.Profil 102H1

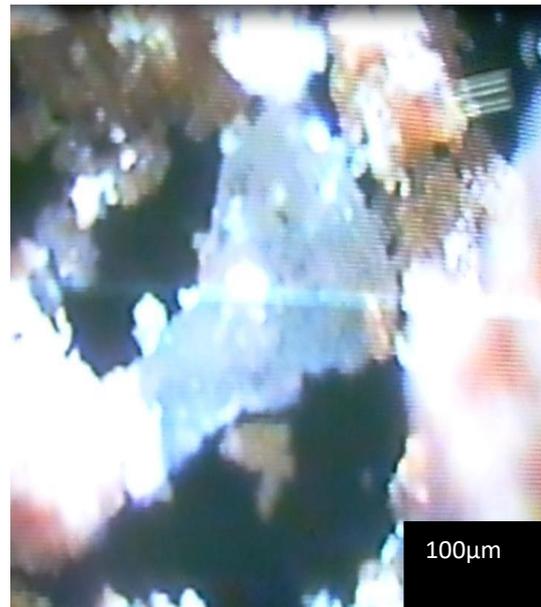


Photo 45.Profil 102H2



Photo 46.Profil 102H3

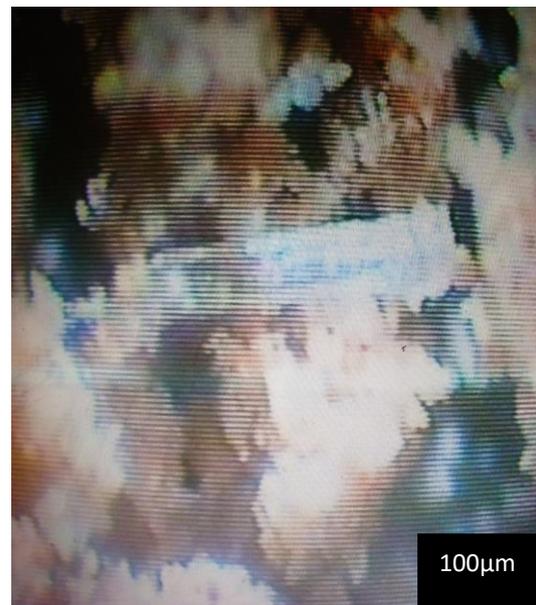


Photo 47.Profil 102H3

IV.5.8 Le profil 103

Les photos (123) montrent des cristaux de gypse plus grand dans ce profil, le gypse sous forme colonnaire dans l'horizon de surface (photo48), la forme aciculaire de gypse est présent dans le deuxième horizon (photo 49), une forme ovoïde à lenticulaire dans le troisième horizon (photo 50).

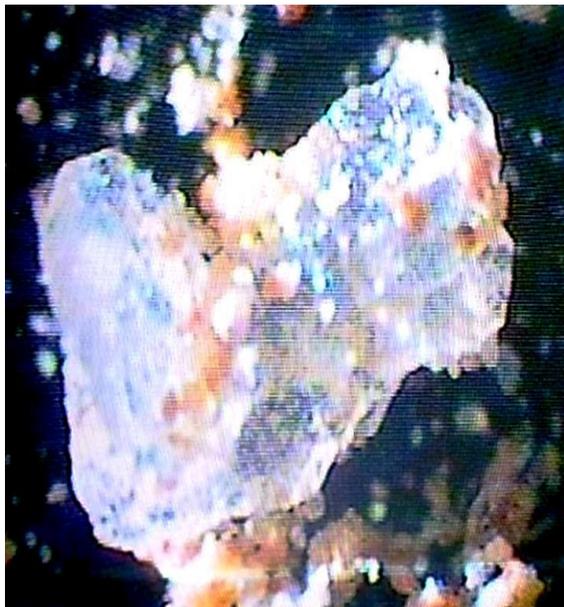


Photo 48.Profil P103H1



Photo 49.Profil 103H2

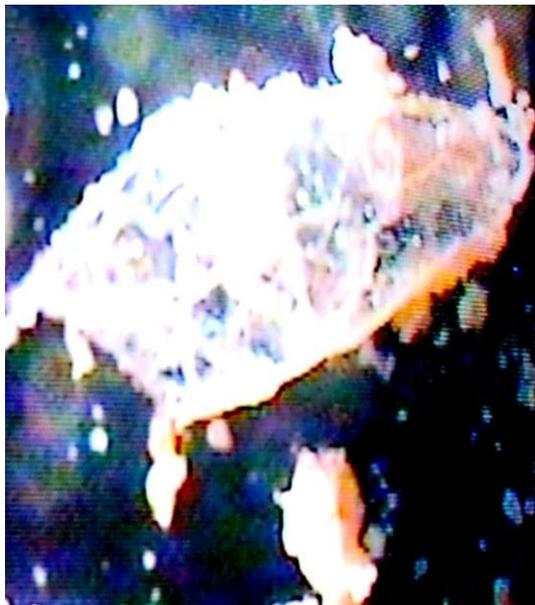


Photo 50.Profil 103H3



Photo 51: Rose de sable dissociée avec des taches d'oxydoréduction du profil 103H4

IV.6 Discussion des résultats

Dans cette partie, nous essayerons d'expliquer l'origine de Gypse et les processus de leur formation.

IV.6.1 Synthèse morpho-analytique des sites d'étude

L'analyse granulométrique montre une texture argileuse dans la plupart des profil (p23,p5,p35,p17)et une texture limoneuse dans les profil(102,33,et 103)23et l' horizon inferieurs de profil 33 et, une texture limoneuse dans tout le profil 102. Poch (1992), sur fond d'étude réalisée en Espagne dans la région d'Ebro, a montré que la texture des sols gypseux est étroitement liée à la teneur en gypse et qu'elle est conditionnée par le matériau parental. Le pH est faiblement alcalin varie entre 7.33 et 8.54. Selon Boyadgiev et Verheye, (1996), les sols gypseux présentent un pH modérément à légèrement alcalin (pH=7,4 – 9,4).

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total montrent que les sols des profils étudiés sont excessivement calcaires (Baize, 1988), avec des taux varient entre 35, 87% et 52,02%.

Généralement, les profil sont salés à extrêmement salés sauf le profil 33 qui est non salé,Les profils 102 et 103 sont extrêmement salés avec des valeurs de la CE oscillent entre 9.75dS/m et 20.75dS/m tandis que le profil 23 enregistré des valeurs de la CE entre 5.6 et 16.57 dS/m dans l'horizon inferieur c'est un profil très salé.

Les taux du gypse obtenus dans les différents profils montrent que ces sols sont légèrement gypseux. Pour l'horizon inferieur du profil 103 le sol est fortement gypseux avec une valeur de 12.51% selon Barzanji (1973).

La description morphologique des profils montre l'existence de gypse dans la plaine D'El Outaya et les formes d'accumulation de ce dernier. Ces formations sont le résultat de précipitation par les ruissellements des eaux (la plupart des profils), ou une origine d'une nappe (rose de sable dans le profil 103) Ces accumulations ont évoluées sous des conditions climatiques avec une alternance de périodes humides et arides (Yousef, 2006).

IV.6.2 Origine du gypse et ses formes dans les sols de la plaine d'eloutaya

Les résultats des analyses minéralogiques réalisés par diffractométrie aux rayons x (DRX) montrent que le bassanite ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) est le minéral dominant dans les profils, ces analyses confirment la présence du gypse, du quartz et de la calcite, et la présence de l'anhydrite en faible quantité dans la plupart des profils (tableau19). L'existence de ces minéraux est confirmé par Dekkiche ,1976 ; Watson, 1980 ; Boyadjieva et Sayegh ,1992).

Le gypse existe rarement à l'état pur, il peut présenter des inclusions de quartz, de sable et d'argile (Barriand et al. 1978), ou bien des inclusions d'oxyde de fer (Benmati, 1993).

D'après Shahid et al. (2007) L'anhydrite est formé sous un été chaud à des températures du sol dépasse 40°C dans la surface du sol et dépasse 30°C dans des profondeurs atteint 50 cm, avec une salinité élevée. la présence d'une fraction, même mineure d'anhydrite indique une source allogène d'origine géologique (Murray, 1964) ce qui est confirmé par la présence de minéraux lourds trop arrondis (Job.1992). nos résultat minéralogiques indique la présence marquée de l'anhydrite ce qui confirme une origine géologique de gypse distribué dans la plaine. Les hautes températures de la région d'El outaya jouent un rôle dans la formation de la bassanite (déshydratation de gypse) ceci est prouvé par Eswaren et Zhi-tong(1991) où ils rapportent que la déshydratation peut commencer a des basse températures (environs 40°C). de même pour la Fao (1990) La déshydratation commence à (40°C) et atteint un niveau correspondant à la forme semi-hydratée (c'est-à-dire la bassanite) à 70 à 90°C .

Différentes formes des minéraux sulfatés peuvent être trouvés dans les sols, le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) étant le type dominant qui se produit dans le centre de l'Irak. Les conditions climatiques chaudes et sèches sont plus adaptées à la formation de gypse puis d'autres formes de calcium ; des minéraux sulfatés tels que le bassanite et l'anhydrite. Le gypse peut être transformé en ces formes anhydres par le chauffage (Muhaimed et al 2013).

L'analyse micromorphologique montre que le gypse lenticulaire représente la morphologie la plus abondante dans les sols des régions arides cette forme est décrite par plusieurs auteurs (Barzanji et Stoops, 1974 ; Chen, 1997 ; Artieda, 2004). En raison de la grande solubilité du gypse par rapport au carbonate de calcium, l'accumulation de ce minéral dépend des changements hydrogéochimiques. Par conséquent les formes d'accumulation de gypse peuvent être utilisées comme indicateur de ses conditions de formation. (Poch et al. 2010). La forme, la taille et la position des cristaux de gypse sont utilisées pour déterminer

leurs sources (Buck et Van Hoesen, 2002). Notre étude confirme que les cristaux de gypse lenticulaires sont les plus abondants dans les profils étudiés (**figure 6, 8 et 10**), des observations similaires ont été rapporté par (Jafarzadeh and Burnham, 1992;Farpoor et al. 2003).L'horizon inferieur du profil 102 montre une autre forme des cristaux de gypse, qui est aciculaire (figure 7), cette forme est relativement rare.

La formation des cristaux prismatiques et columnaires existent dans les sols

Avec des précipitations faibles et avec une période courte comme dans le régime aridic.des résultats d'études au sud d'Iran montrent que les cristaux lenticulaire sont formés en absence de la matière organique comme il est observé que les cristaux prismatiques sont trouvés autour d'un pH de 7.5 et plus (Hashemi et al,2011)tandis que des études passés ont été signalé que le gypse prismatique est fréquemment trouvé dans des conditions acides(Edinger,1973,Carenas et al.1982).ainsi, la présence des quantités importantes des sels joue un rôle important dans les faces incurvées pendant leur développement.les sels peut affectés la déshydratation et par conséquent la croissance ou le développement des cristaux de gypse est rapide (Hashemi et al,2011).

IV.6.3 Les processus de formation de gypse dans la plaine d'El Outaya

Le gypse est déposé dans les sols de la plaine par deux processus, par **descensum** où il ya un déplacement vers le bas après mouillage ou dissolution de ce sel transporté par les eaux des oueds ou les eaux de ruissellement et se précipite. Soit **par ascensum**, où le gypse est formé par la précipitation de Ca^{+2} et SO_4 (pendant la salinisation) quand il, ya la remonté de l'eau vers le haut par capillarité pour remplacer l'eau perdue par évaporation. Pour les profils 102 et 103 le taux maximum du sable est enregistré dans les horizons de surface qui est un caractère de désert formés par les dépôts éoliens (Fadden et al 1987).

Le gypse a été transporté par les eaux des oueds (transport hydrique) de haut et se dépose dans la partie basse de la plaine où s'accumule, comme il peut se transporter par le vent à la surface des sols, ces deux processus sont réalisés dans le profil **103** où le gypse se trouve à des quantités élevées dans l'horizon de surface et l'horizon inferieur où se forme les roses de sable. Dans les milieux de Sebkhass, le gypse se cristallise sous forme lenticulaire pour donner les roses du sable.

Les profils **102** et **103** représentent la partie basse de la plaine, ces deux profils marquent les quantités les plus importantes du gypse et de la salinité tandis que le profil **23** représente la partie amont de la plaine, il se trouve contre bas de la coline de Maghraoua.

Le gypse est présent dans les sols de la plaine sous forme d'amas friable et cristallisé, associés aux sels solubles (au environ de smala et de la ferme Dufour). Sa genèse dans le sol provient surtout de l'altération des roches de nature gypso-marneuses (Helvétienne et Tortonnienne) par les eaux de pluie en provoquant une ablation chimique par dissolution (Abdelhafidh ,2011). Le transport en solution des sulfates et des chlorures de l'amont et leurs dépôts dans les zones basses sont assurés par les eaux des crues. En présence du chlorure de sodium l'évaporation des eaux provoque la précipitation de sulfate de calcium sous formes plus ou moins hydraté (bassanite ou anyhdrite). Dans d'autre cas l'accumulation du gypse dans le sol n'est pas liée aux processus de dissolution mais plutôt à des mouvements par ascension capillaire à partir d'une nappe phréatique proche de la surface saturée ou proche de la saturation vis avis du gypse.

La taille fine du gypse est due à un double processus d'alimentation des horizons en sulfate ; par le haut (irrigation et inondation) et par le bas (nappe phréatique) entraînant des phénomènes continuels de solubilisation et cristallisation. En profondeur, la formation des gros cristaux est associée à une grande teneur d'humidité, ces cristaux de gypse sont souvent cimentés avec de la calcite et constituent ce qu'on appelle la rosette de sable c'est le cas de profil103.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les sols gypseux présentent des vastes étendues dans les régions arides et semi arides. Le Sahara Algérien constitue le milieu favorable pour la formation de ces sols. La plaine d'El Outaya (Biskra) est l'un des régions privilégiée pour l'étude de ces sols. Dans les sols, le gypse est un sel peu soluble abondant dans tous les échantillons mais à des quantités variables ainsi les sels solubles est présents dans la plaine particulièrement dans la partie basse où s'accumulent. Les eaux de ruissellements et le vent sont des agents vecteurs des accumulations gypseuses surtout dans la partie basse de la plaine.

L'objectif de notre travail est d'une part la contribution à la connaissance de gypse dans le sol et d'autre part la caractérisation de quelques formes de ce dernier dans le sol à fin de mieux comprendre leur origine.

Les résultats d'étude morpho – analytique des profils choisis dans la plaine d'El Outaya, montrent que Les sols de cette région sont de texture variable mais généralement fine, ils sont d'apport alluvial plus ou moins salés. Ces sols sont légèrement alcalin (pH entre 7.33 et 8.54), excessivement calcaires (de 35.87 à 52.02%) et légèrement gypseux à modérément gypseux (de 1.47 à 12.51%). Ces sols sont non salés à excessivement salés (C.E de l'extrait aqueux 1/5 de 0.3 à 20.75 ds/m), Les paysages gypseux sont ainsi caractérisés par deux processus très facilement observables : dissolution du gypse dans les parties hautes et accumulation de celui-ci dans les zones les plus basses avec formation des sols à différenciation gypseuse.

Dans la plaine, le gypse est mobilisé par les eaux des oueds (transport hydrique) de haut et se dépose à la partie basse de la plaine où s'accumule, comme il peut se transporter par le vent à la surface des sols, Un excès des sels était observé dans la partie aval de la plaine où se forme la SEBKHA dans SELGA Saadoune (profil 102 et 103) de même il y a une accumulation gypseuses très nette (rose de sable).

En général, les résultats obtenus montrent la présence du gypse dans la plaine d'El Outaya à des quantités variables d'où les taux élevés sont enregistrés dans la partie basse de la zone d'étude où les eaux de ruissellement et le vent contribuent à cette action. L'étude morphologique, analytique, minéralogique et microscopique de quelques profils réalisés au niveau de la plaine montre que les quantités du gypse accumulé dans les sols sont liées à la topographie, à la géologie de la région, et à l'aridité du climat dont le vent est un agent essentiel dans le transport des matériaux.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdelhafid Y ., 2011. Genèse et caractéristiques des sols de la plaine d'El-Outaya. Rapport du projet sur les phases salines(2012). CRSTRA-Biskra.74p.

Abdesselam S., 1999. Contribution à l'étude des sols gypseux au Nord-Est du Sahara Algérien: Caractérisation et Genèse. Cas des oasis de Tolga (Région des Zibans).Thèse Mag., I.N.A., El-Harrach, 147p.

Abrukova LP., Isayeh VA., 1983. Structural mechanical properties of gray- brown gypsiferous soil. Soviet soil sciences 15(6), 90- 100.

Artieda O., Herrero J., 1996 . Soils with gypsum of the Central Ebro Valley. Excursion Guide. International symposium on soils with gypsum. Lleida, 15-21 sep. Edicions Universitat de Lleida. Lleida, Spain, 203p.

Artieda O., 2004. Materials parentales y geomorfologia en la genesis de aridisoos en sectradel centro denaledelEbro.phD.Dissertation.Univ de Zaragoza.576p

Baize D., 1998 . Guide des analyses courantes en pédologie. Edition Masson, Paris, pp 41-44.

Baize D., Girard MC., 2008 . Référentiel pédologique. Association française pour l'étude du sol (Afes). 9^{ème} Éditions Quæ. 405p.

Barzanji A.F, 1973.Gypsiferous soils of Irak.Thèse de doctorat, Gent, Belgique, 199p

Barzanji A.F., Stoops G., 1974. Fabric and mineralogy of gypsum accumulations in some soils of Iraq.Gypsic features, in *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, Stoops, G., Marcelino, V.,and Mees, F., Eds., Amsterdam: Elsevier,. 195-216.

Benmati A., (1993) .Contribution à l'étude de l'altération des roches carbonatées tendres en milieu semi-aride de Souaghi (Béni-Slimane). Relation avec la pédogenèse fersiallitique et la formation des croûtes et encroûtements calcaires. Thèse Mag, I.N.A. El Harrach, 255p.

Bensaid R., 1999. Les sols à accumulations gypso-calcaires de la région de Ain-Benoui (Biskra). Ann. Agron. I.N.A., El-Harrach. Vol.20 : 1-8.

Bernou S, 1996. Contribution à la création d'une banque de données pédologiques des sols gypseux de l'Algérie du Nord. Mém.Ing.INA, El Harrach, 49p.

- Boyadgiev T.G., Sayegh A.H., 1992.** Forms of evolution of gypsum in arid and soil parent materials. *Pédologie*, XLII-2,: 171-182.
- Boyadgiev T.G., Verheye W.H., 1996.** Contribution to a utilitarian classification of gypsiferous soil *Geoderma* 74: 321-338.
- Brady N.C., 1990.** The nature and properties of soils (6thedition).Mac Milan, New York
- Buck, B.J., Van Hoesen, J.G., 2002.** Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico, U.S.A. *J.Arid Environ.* 51: 469– 487.
- Chen, X. Y., 1997.** Pedogenic gypcrete formation in arid central Australia.*Geoderma* 77: 39-61. **CIHEAM JAMZ (Zaragoza).**
- Coque R., 1962.** La Tunisie Présaharienne : Etude géomorphologique. Armand colin, Edition Paris, Thèse d'état 488 p.
- Dekkiche B., 1974 .**Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe. Thèse Univ . Gant, Belgique, 210p.
- Dekkiche B., 1976.** Notes sur quelques sols à accumulation de gypse dans hodna *Anales INA (El Harrache)*1:139-148.
- Djebaili S. 1984.** Steppes Algériennes : phytosociologie et écologie, OPU, Alger.177p.
- Djili K., 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord d'Algérie. Création d'une banque de données informatisées et utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la valorisation des données pédologiques. Thèse Doct d'état. INA, El-Harrach, 243p.
- DPAT., 2007.** Rapport sur la monographie de la wilaya de Biskra. 155p
- Durand J.H., 1963** Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie : formation et age.*Bull. Soc. Géol. Fr. (7)* : 959-968.
- Dutil P., 1971** Contribution à l'étude des sols et paléosols sahariens. Thèse d'état fac .sci. Univ de Strasbourg, 346p.

Elorza M.G et Santollala F.G ,1998.Geomorphology of the tertiary gypsum formations in the Ebro Depression (Spain), *Geoderma*(87):1-29.

Eswaran, H., Zi-Tong, G., 1991. Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. In: Nettleton, W.D. (Ed.), Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils, SSSA Special Publication, 26: 89–119.

Fadden LD., Wells SG., Jercinovich., MJ., 1987. Influences of eolian and pedogenic Micromorphology of soils: 271-277.

FAO., 1988 – Soils map of the world, revised legend. World soil resources. Report N° 60
FAO, Rome, 119p.

Fao., 1990. Management of gypsiferous soils.FAO.BULL.62.Rome, 81p.

Farina M.P.W, Chnnon P et Thiband G.K.2000.A comparison of Strategies for ameliorating sub soil Acidity II.Long term soil effects.*Soil.Sci.Soc.Am*, j n 64:652-658.

Farpoor, M.H., Eghbal, M.K., Khademi, H., 2003. Genesis and micromorphology of saline and gypsiferous Aridisols on different geomorphic surfaces in Nough area, Rafsanjan. *J. Sci. and Technol.Agric. and Natur. Resour. Isfahan*, 7: 71– 93 .

Fedoroff N., Courty M.A., 1989. Indicateurs pédologique d'aridification : Exemple du Sahara.*Bull. Soc. Géol. France*, (8) 1: 43-53.

FerhanI A. ,2003.L'effet de l'irrigation sur les changements des caracteres physico mécaniques d'un sol saharien. Cas de la station ITDAS (El-Outaya) Thèse d'ING. 57 p.

Florea N et Aljoumaa Kh, 1998.Genesis and classification of gypsiferous soils of the Middle Euphrates flood plain.Syria.*Geoderma* 87:67-85.

Hachicha T, Fromm R et Smykatz-kloss W, 2005.Aridic crusts and vein mineralization in the Playa aregAlmakrzene, south, Tunisia.Sousse:1-15.

Halitim A, 1988. Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU., 361p.

Hamdi-Aissa B., 2001. Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micro-morphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doctorat, INA Paris-Grignon, 310p.

- Hamdi-Aissa B., Valles V., Aventurier A., Ribolzi O., 2004.** Soils and Brine Geochemistry and Mineralogy of Hyperarid Desert Play, Ouargla Basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and management*, 18(2):103-126 .
- Hashemi S.S., Baghernejad M., and Khademi H., 2011.** Micromorphology of gypsum crystals in Southern Iranian soils under different moistures Regimes. *Journal of Agriculture Science Technology*, 13:273-288.
- Herrero J., Porta J., 2000.** The terminology and the concepts of gypsum-rich Soils. *Geoderma* 96 : 47–61.
- Herrero J., Boixadera J., 2002.** Gypsic Soils. *Encyclopedia of Soil Science*. pp:635-639.
- Herrero J., Poch RM., Porta J., Boixadera J., 1996 .** Soils with gypsum of the Central Catalan Depression. *Excursion Guide. International symposium on soils with gypsum, Lleida 15-21 septembre 1996. Edicions Universitat de Lleida, Spain, 87p.*
- Herrero J., Porta J., 1987.** Gypsiferous soils in the North-East of Spain. in soil micromorphology (Ed: Fedoroff N., Driesson L. Mand Courty M.A): 172-178.
- Herrero J., Porta J., 1990 .** Micromorphology and genesis of soils enriched with gypsum. *CIHEAM JAMZ (Zaragoza)*.
- Jafarzadeh, A., Burnham, C.P., 1992.** Gypsum crystals in soils. *J. Soil Sci.* 43 : 409– 420.
- Job, J.O. 1992.** Les sols salés de l'oasis D'El Guettar (sud tunisien). edition. ORSTOM. 151p.
- Kadri A., 1987 –** Pédologie des milieux gypseux en Tunisie présaharienne. DEA des sciences de la terre. Faculté des sciences de Tunis. 163p.
- Kulke H., 1974.** Zur geologie und mineralogy der kalk-und giskrusten Algeriens. *Geologische Rundschau* 63 : 970-998
- Lee S.Y., Dixon J.B., Aba-Husayn M.M., 1983.** Mineralogy of Saudi Arabian soil : Eastern Region. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47: 321-326.
- Malcon E., Summer M.E., 1990.** Gypsum as ameliorant for the sub soil acidity syndrome. *FIPTER. Pub n°1.* 42p.

Mashali AM., 1996 . Soil management practices for gypsiferous soils. : A review. Proc. Int. Symposium on soils with gypsum. Lleida, 15-21 sep. Edicions Universitat de Lleida. Lleida, Spain, 203p.

Muhaimeed, A.S., al-Jeboory, S.R., Saliem, K.A., Burt, R.and Chiaretti,J.V., 2013. Genesis and Classification of Selected Soils in an Arid Region of Central Iraq.Soil Horizon p.1-13.

Murray,R.C., 1964. Origin and diagenesis of gypsum and anhydrite. J., of SedimentaryPetrology,. 34 (3): 512-523.

Nejdhashemi A.P, Mahmoodi S et Rahimi H, 2000.Investigation of permeability of gypsiferous soils during leaching process. Iranian Journal of agricultural Science.31:241-254.

Nettelton W.D., Nelson R.E., Brasher B.R., Derr D.S., 1982. Gypsiferous soils on the western united states. In Soil Sci. Soc.Am. special publ., 10: 147-168.

Nettleton W.D, 1991.Occurrence, characteristics and genesis of carbonate, gypsum and silica accumulations in soils.SSSA.Spec.Pub. 26.149p.

Ouamer A.k, 2008. Contribution a l'étude des sols gypseux d'algerievalorisation d'une banque de données et détermination des profils références.Mem Mag.ina El harrach.119p.

Pankhanova I., Yamnova IA., 1987 . Forms of gypsic neoformations as deterring the gypsic soil melioration properties. Soviet Soil Science 6, pp 94 - 102.

Poch R.M., Verplancke G, 1997. Penetration resistance of gypsiferous horizons. European Journal of soil science.48:535-543.

Poch R.M, 1992. Fabric and physical properties of soils with gypsic and hypergypsic horizon of the Ebro Valley.These.P.H.D.Univ.Ghent.285p.

Poch R.M., 1996.Proceedings of the International symposium on soils with gypsum. Ed. Univ.Lleida, Catalonia, Spain, 97p.

Poch RM., 1989 . Relation between micromorphological and physical characteristics of some gypsiferous soils of the URGELL irrigated area (N-S Spain). M. Sc. Thesis, Univ Gent, Belgium, 130p.

- Poch, R.M., Artieda, O., Herrero, J., and Lebedeva-Verba, M., 2010.** processes on the origin and evolution of desert pavements. *Geology*, 15: 504-508.
- Pouget M, 1968.**Contribution a l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud Tunisien.Cah.ORSTOM.Ser.Pedol..3-4 :310-364.
- Pouget M., 1980.**Les relations sol-végétation dans les steppes Sud Algéroises Trav.Doc.ORSTOM.116, 555P Soil Sci.Am..Publ.26, Madison, WI, pp: 17-35.
- Rayan J., Estefan G., Rashid A., 2001 .** Soil and plant analysis laboratory manual. Second Edition,(ICARDA),Pakistan ,Syria(NARC) Pakistan,172p.
- Razi S., 2006.** Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par le ray-grass.Mém Mag.Univ. El-Hadj Lakhdar Batna-, 171p.
- Richard L.A, 1954.**Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.USDA.Hand book n°60.Washington.160p.
- Rouahna H., 2007.**Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de Ain Ben Noui-Biskra.Mém Mag. Univ El-Hadj Lakhdar .Batna, 83p.
- Shahid, S.A., Abdelfattah, M.A. and Wilson, M.A., 2007.** A unique anhydrite soil in the Coastal Sabkha of Abu Dhabi Emirate. *Soil Surv. Horiz.* 48:75–79.
- Sidi H et Pansu M, 1990.**Effets d'apports organiques et du gypse sur la stabilité structurale de deux sols méditerranéens .*Science du sol.vol.28, 3.pp237-253.*
- Stoops G., Ilaiwi M., 1981.** Gypsum in arid soils. Morphology and genesis. Proceedings of the third international soil classification Workschop Damascus : 175-185.
- Tomas M, Summer M.E, Weeks G et Saigusa M, 1999.** Long term effects of gypsum on Cropyield and sub soil chemical properties .*Soil sci.Am.J.39:891-895.*
- Trichet J., 1963 .** Description d'une forme d'accumulation du gypse par voie éolienne dans le sud tunisien. *Bull.Soc.Géol. Fr,* 617-628.

Van Alphen JG., Los Rios Romero F., 1971 . Gypsiferous soils. Notes on their characteristics and management. Bulletin 12, International institute for land reclamation and improvement wageningen . The Netherlands, 44 p.

Ventura E, Darrel N et Looropeza L, 2001. Soil erosion of an indurate volcanic soil from the semi arid area of the Mexico. Nat. Soil.erosion.res.lab. 47(3) :330-335 .

Vieillefon J, 1979. Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux .Cah.ORSTOM.Ser.péd.Vol XVII .3 :195-223.

Watson A., 1980 . Végétation polygon in Central Namib Desert, Madogua Serie 11-12.

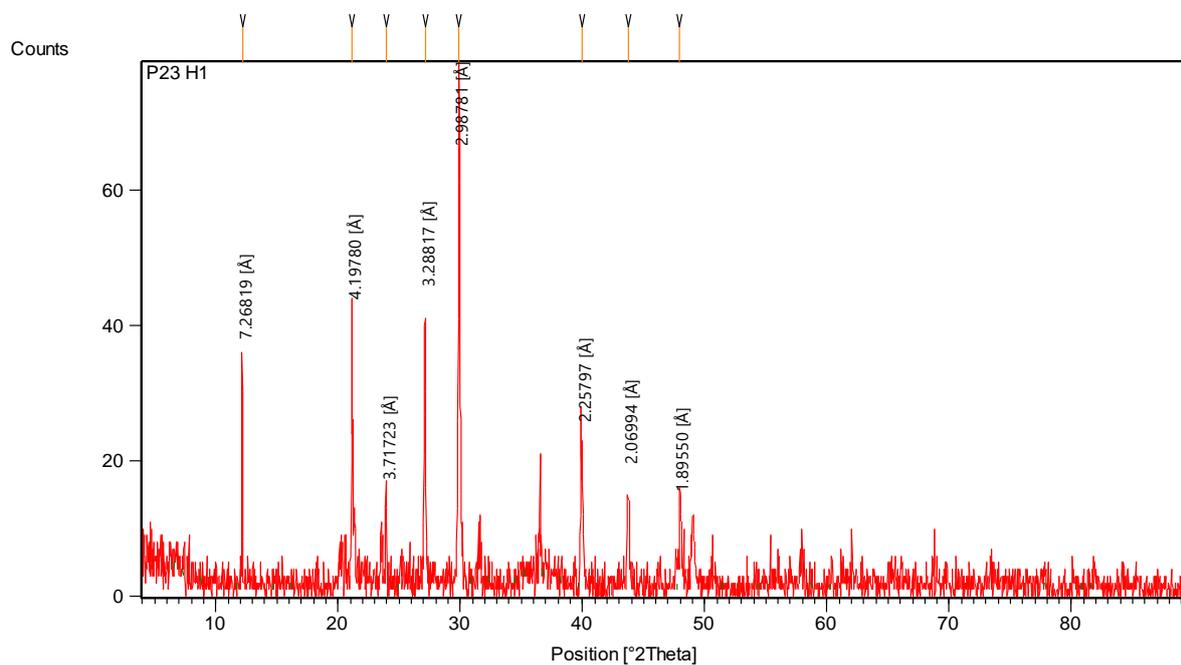
Watson A., 1985 . Structure, Chemistry and origin of gypsum in of in southern Tunisia and in central Namib Desert. Sedimentology 32: 855-875.

Watson A., 1988 . Desert gypsum crusts as paleoenvironmental indicators: Amicropitrographic study of crusts from southern Tunisia and the Central Namib Desert. Journal of arid environnements 15: 19- 42.

Youcef F., 2006. Indicateurs paléo-écologiques dans les sols des bassins endoréiques (Sebkha et Daya) du Sahara septentrional. Exemple des Sebkhas d' Ouargla et Mellala et de la Daya d' El-Amide. These Mag, université d' Ouargla, 86p.

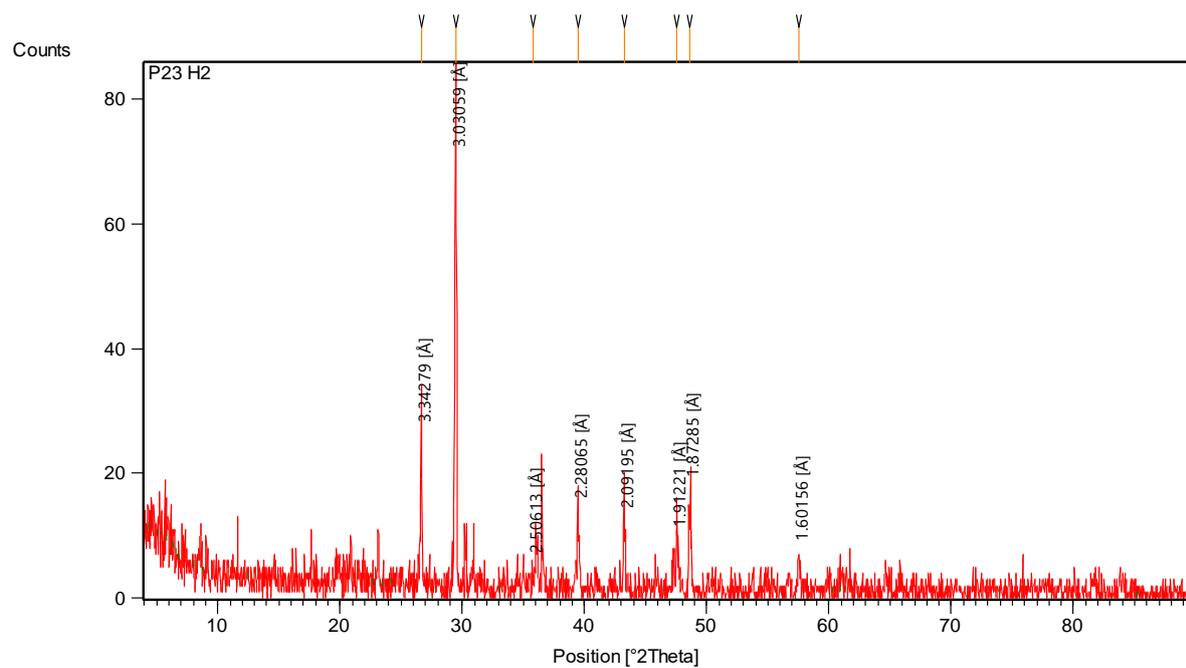
Annexes

Annexes



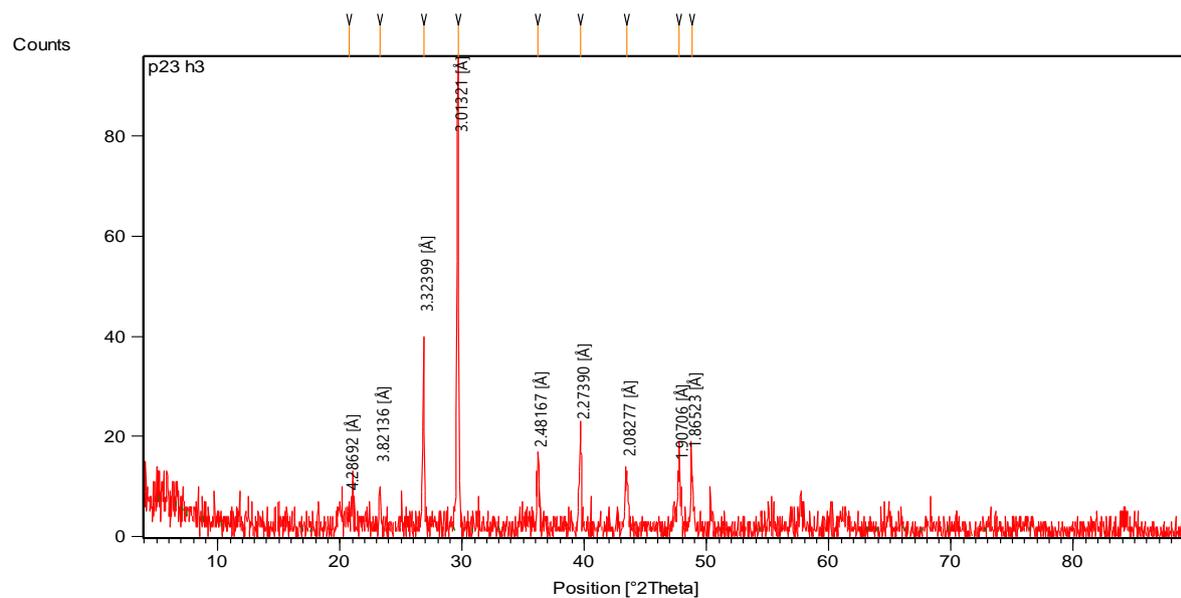
Annexe 1: Les diffractogrames du profil 23H1

minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	Dolomite	calcite	Kaolinite
P23H1	++	++	++++	+	+	+	++



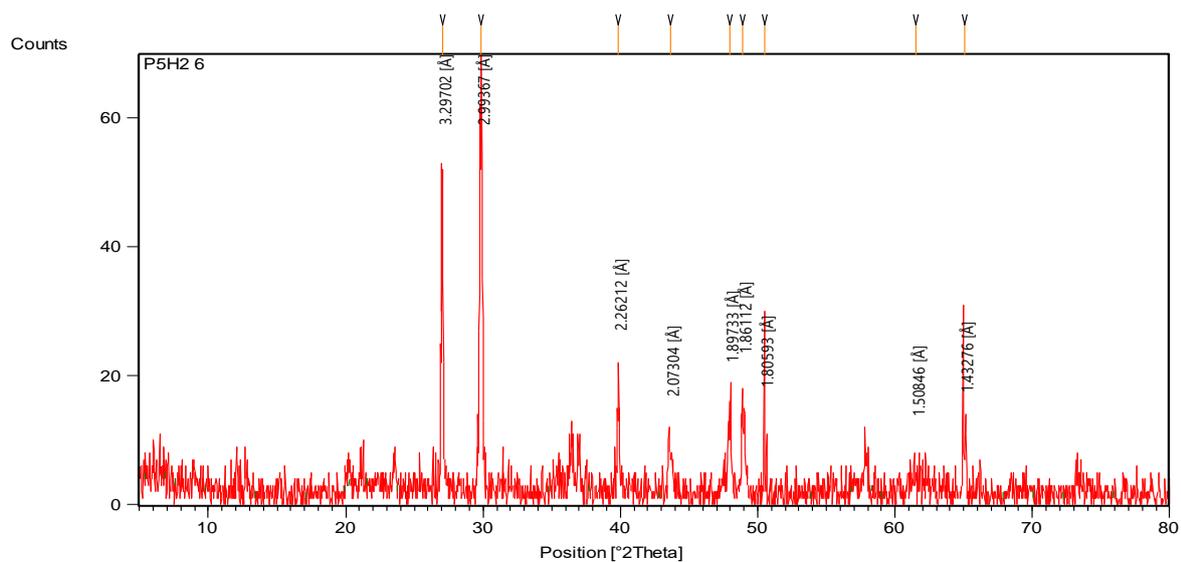
Annexe 2: Les diffractogrames du profil 23H2

minéral	quartz	gypse	bassanite	Dolomite	calcite	Intergrades
P23H2	++	+	++++	+	++++	-



Annexe 3: Les diffractogrames du profil 23H3

minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	Dolomite	calcite	Intregrades
P23H3	++	+	++++	+	+	+	-



Annexe 4: Les diffractogrames du profil 5H2

Gypse (7.66A°)

Bassanite (2.99A°)

Quartz (3.297A°- 2.26-1.80A°)

Calcite (1.86A°)

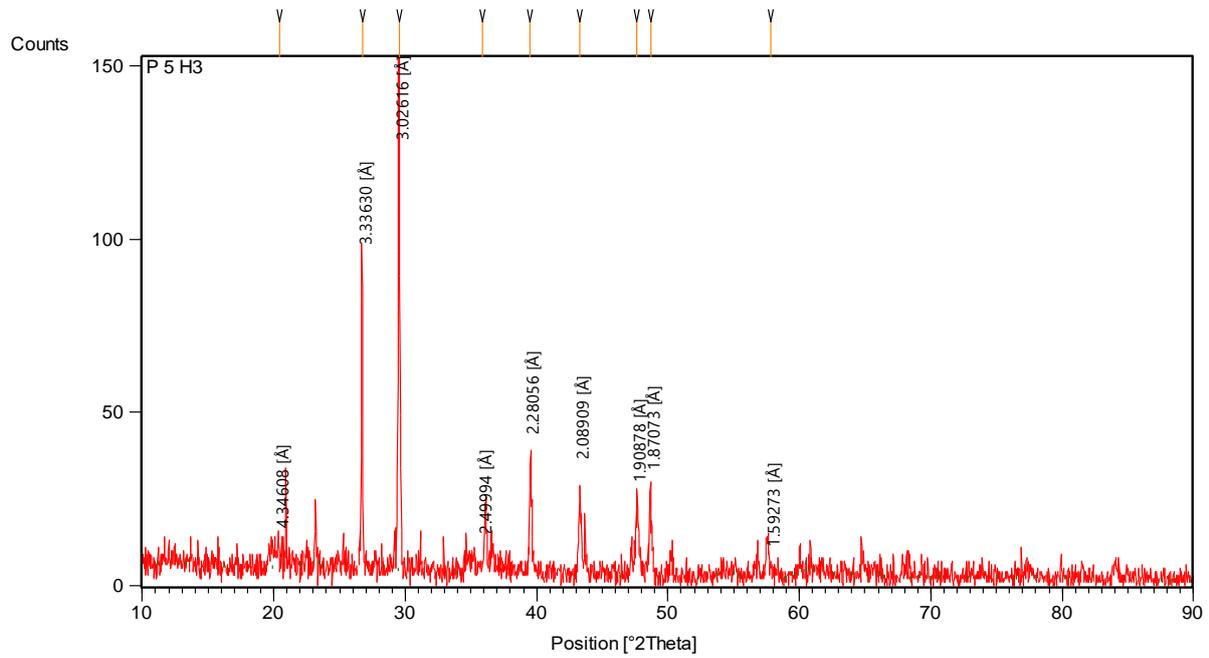
minéral	quartz	gypse	bassanite	calcite
P5H2	++++	+	++++	++

++++ **Dominant**

+++ **Abondant**

++ **Moyen**

+ **Faible**



Annexe 5: Les diffractogrames du profil 5H3

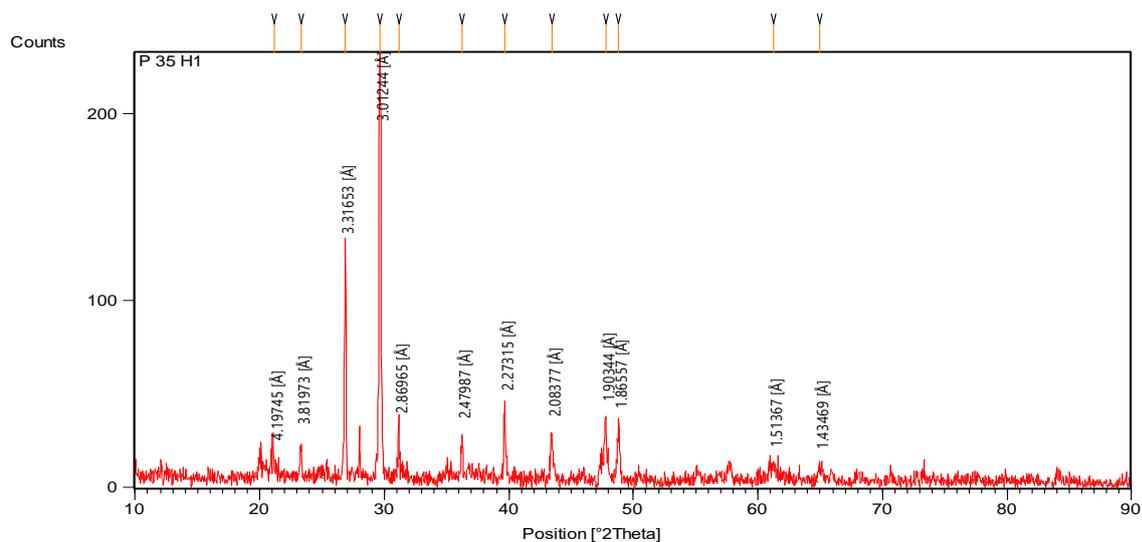
minéral	quartz	gypse	calcite	Dolomite
P5H3	+++	+	++++	++

Quartz (3.33A°)

Calcite (3.02A°)

Gypse (4.34A°, 2.28A°) 2.49A°

Dolomite 1.87A°



Annexe 6: Les diffractogrames du profil 35H1

minéral	quartz	gypse	Anhydrite	calcite	Dolomite
P35H1	+++	trace	+	++++	+

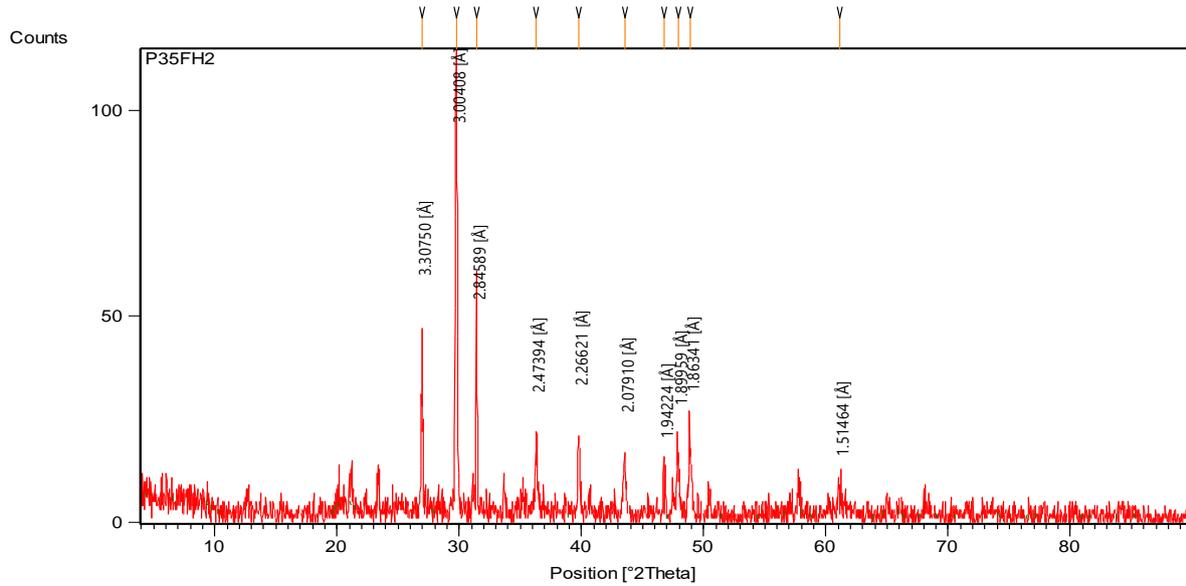
Quartz (3.31A°)

Calcite (3.01A°)

Gypse (4.19A°)

Dolomite 1.86A°

Anhydrite 2.88A°



Annexe 7: Les diffractogrammes du profil 35H2

Bassanite (3.004Å^o -)

Anhysrite(2.845

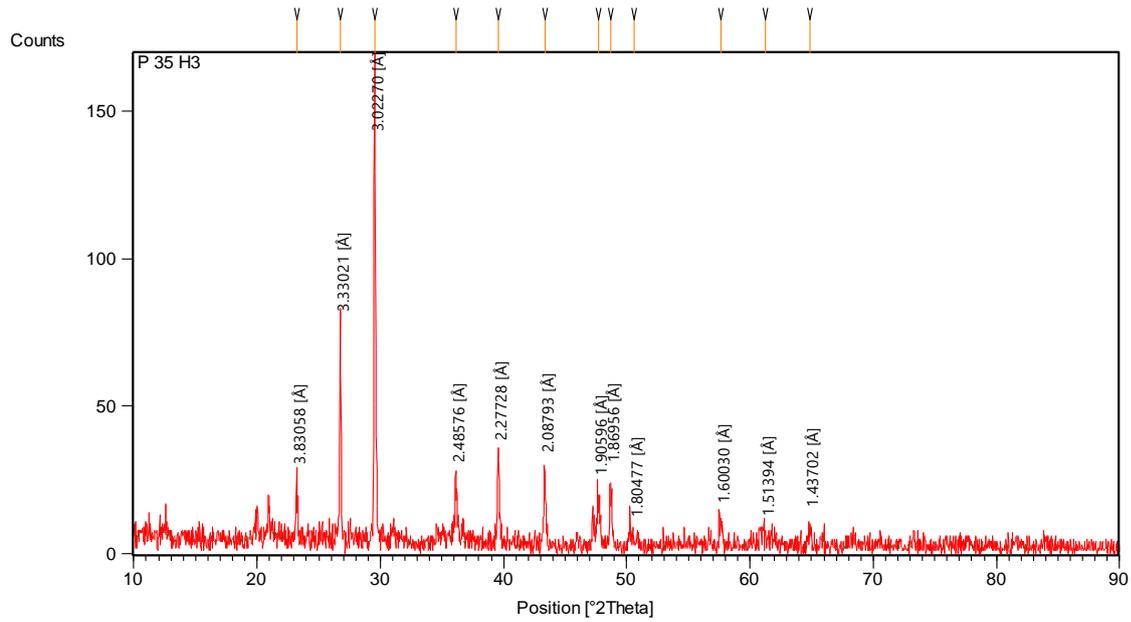
Gypse(3.30

Quartz(2.46

Calcite (2.26- 1.86

Dolomite(1.89

minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	calcite	Dolomite
P35FH2	+	+++	++++	+++	++	+



Annexe 8: Les diffractogrames du profil 35H3

minéral	quartz	gypse	Hématite	calcite	Dolomite
P35H3	+++	+	+	++++	+

Quartz (3.30A°)

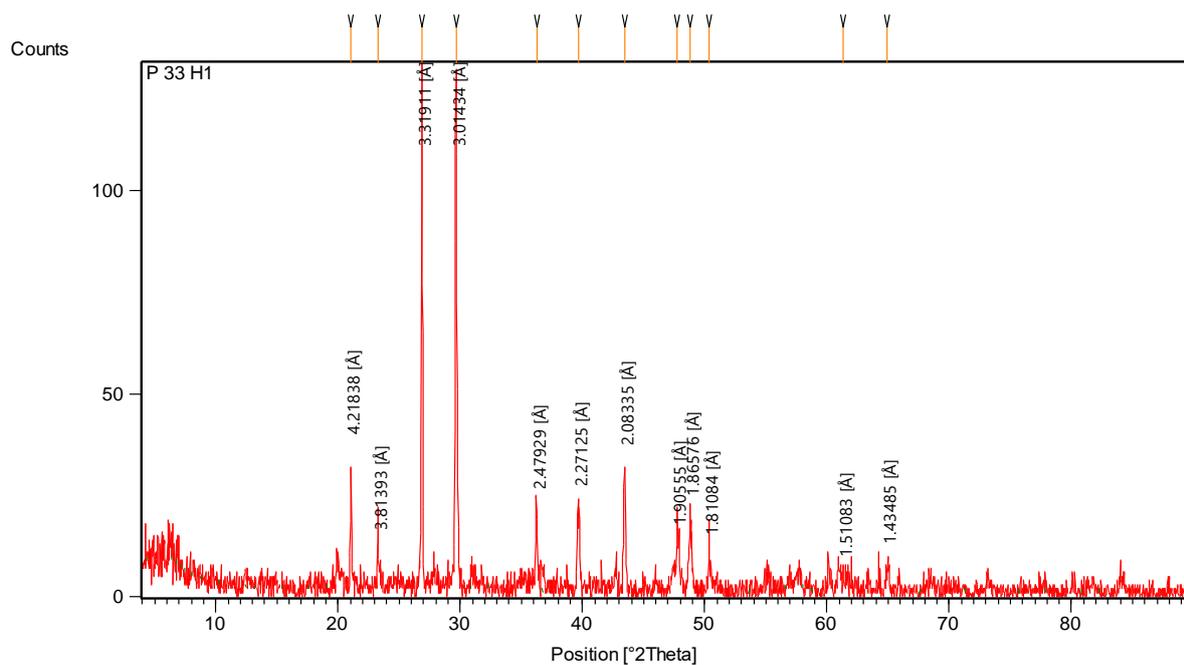
Calcite (3.02A°)

Gypse (4.19A°, 3.83A°))

Hematite (2.27A°)

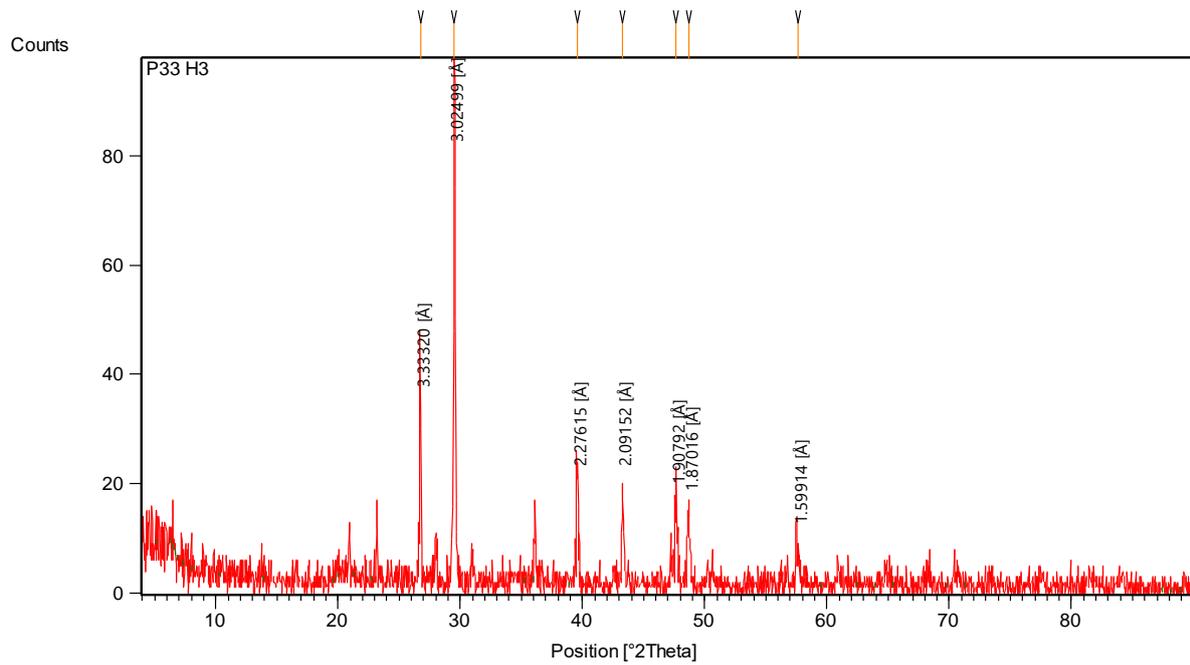
Dolomite 1.86A°

Anhydrite 2.88A°



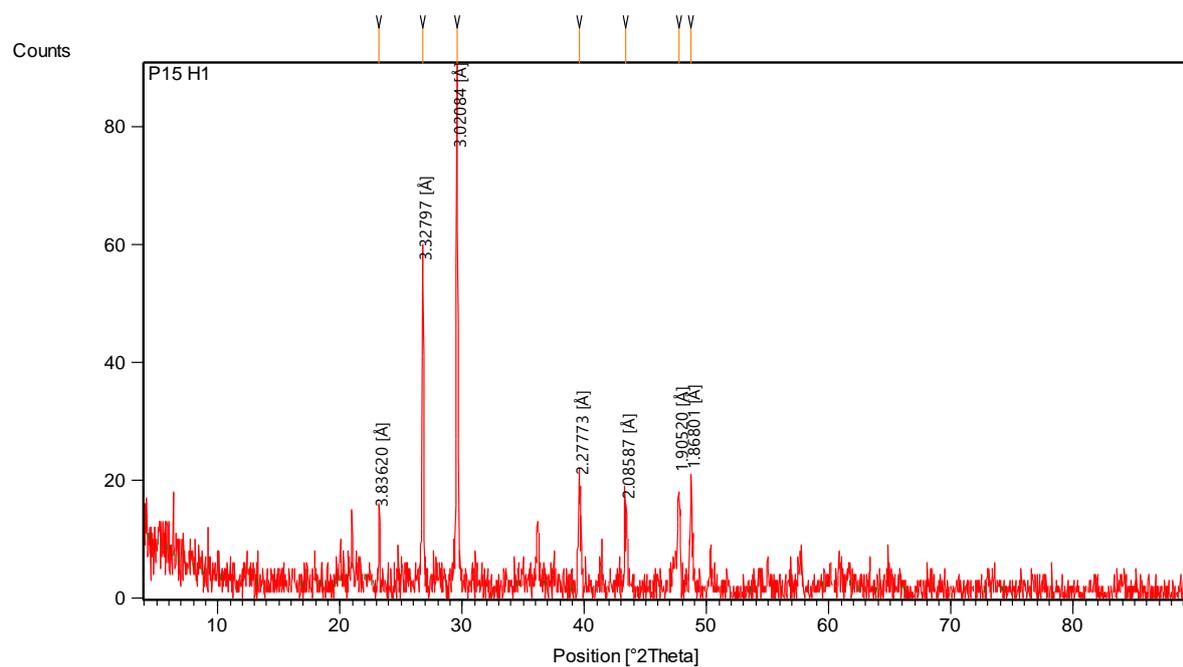
Annexe 9: Les diffractogrames du profil 33H1

minéral	quartz	gypse	bassanite	Dolomite
P33H1	++++	+	++++	+



Annexe 10: Les diffractogrames du profil 33H3

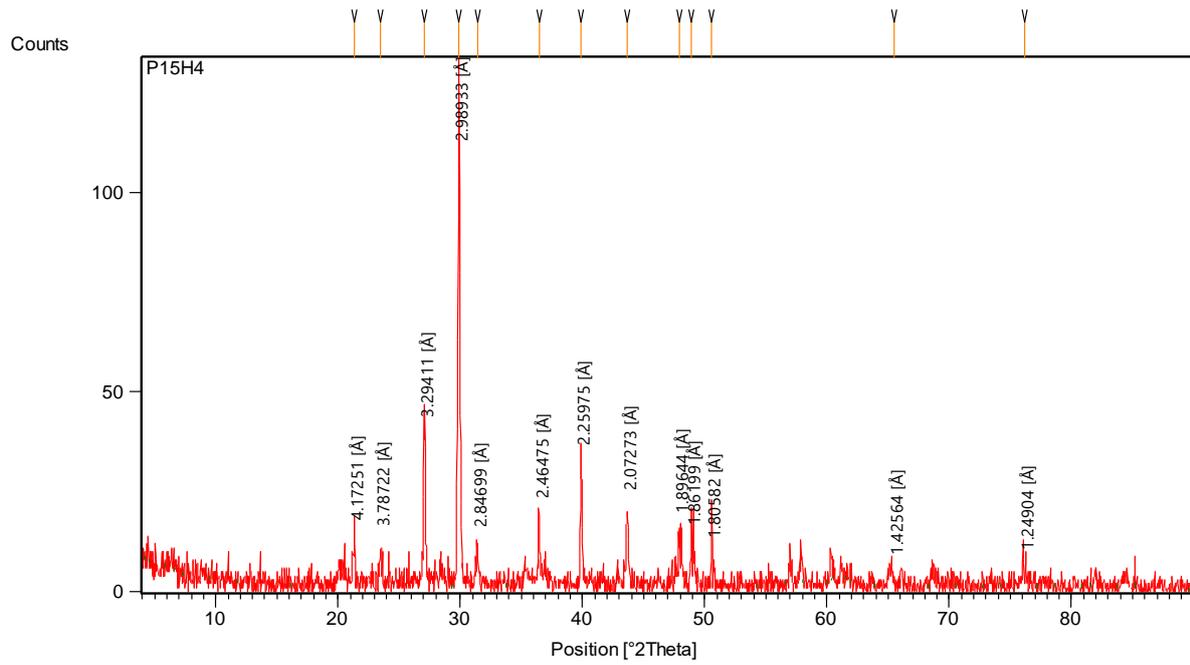
minéral	quartz	gypse	Anhydrite	Dolomite	calcite	Intergrades
P33H3	++	+	+	+	++++	-



Annexe 11: Les diffractogrames du profil 15H1

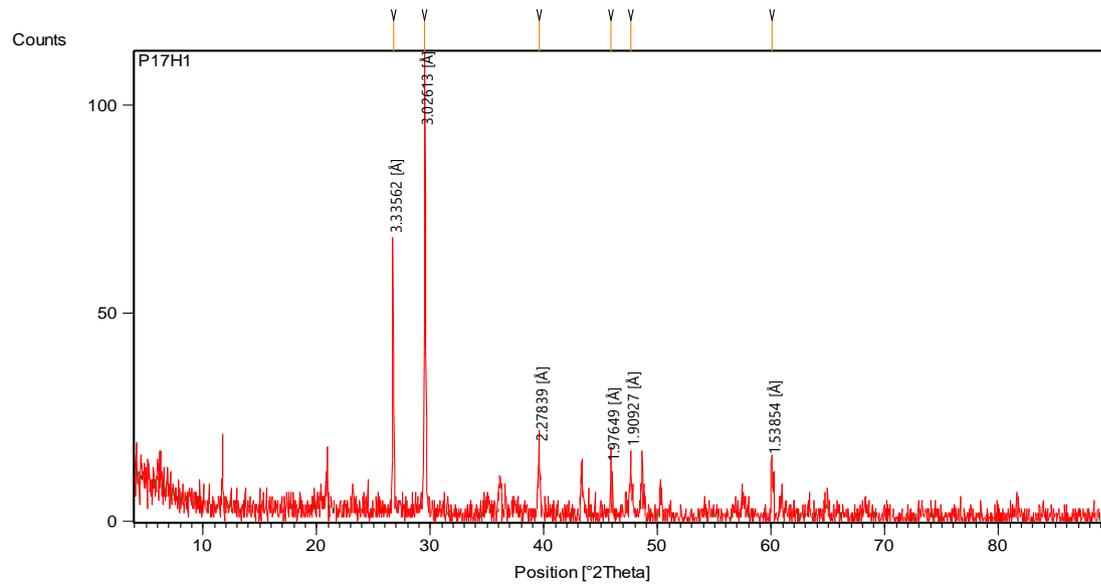
minéral	quartz	gypse	bassanite	Dolomite	palygorskite	Smectite
P15H1	+++	+	++++	+	-	-

- Trace



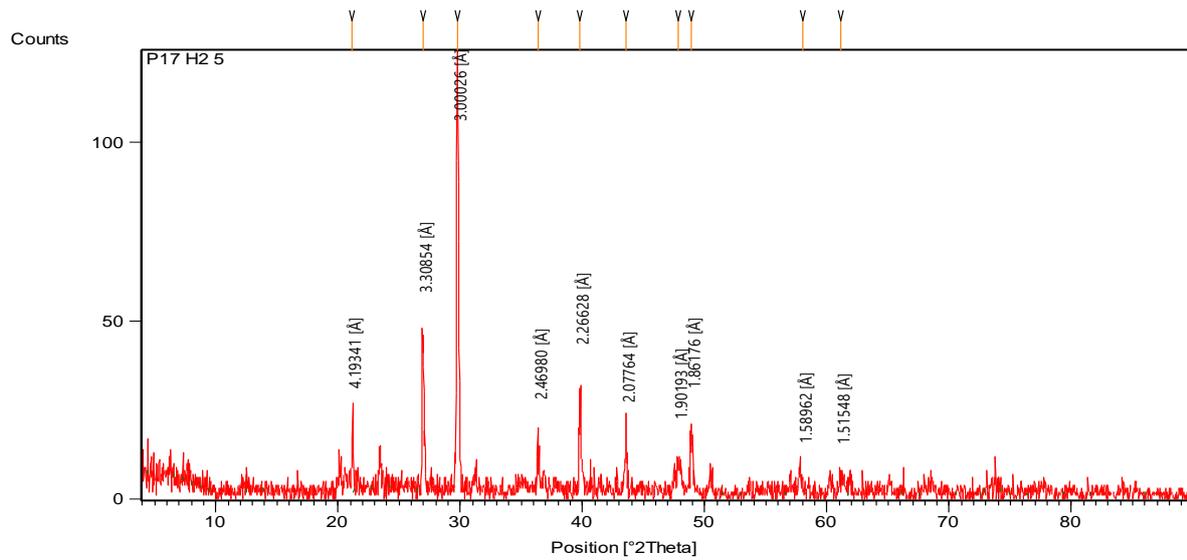
Annexe 12: Les diffractogrames du profil 15H4

minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	Dolomite	calcite
P15H4	++	+	++++	+	+	+



Annexe 13: Les diffractogrames du profil 17H1

minéral	quartz	gypse	Hématite	calcite	Dolomite
P17H1	+++	+	+	++++	-



Annexe 14: Les diffractogrames du profil 17H2

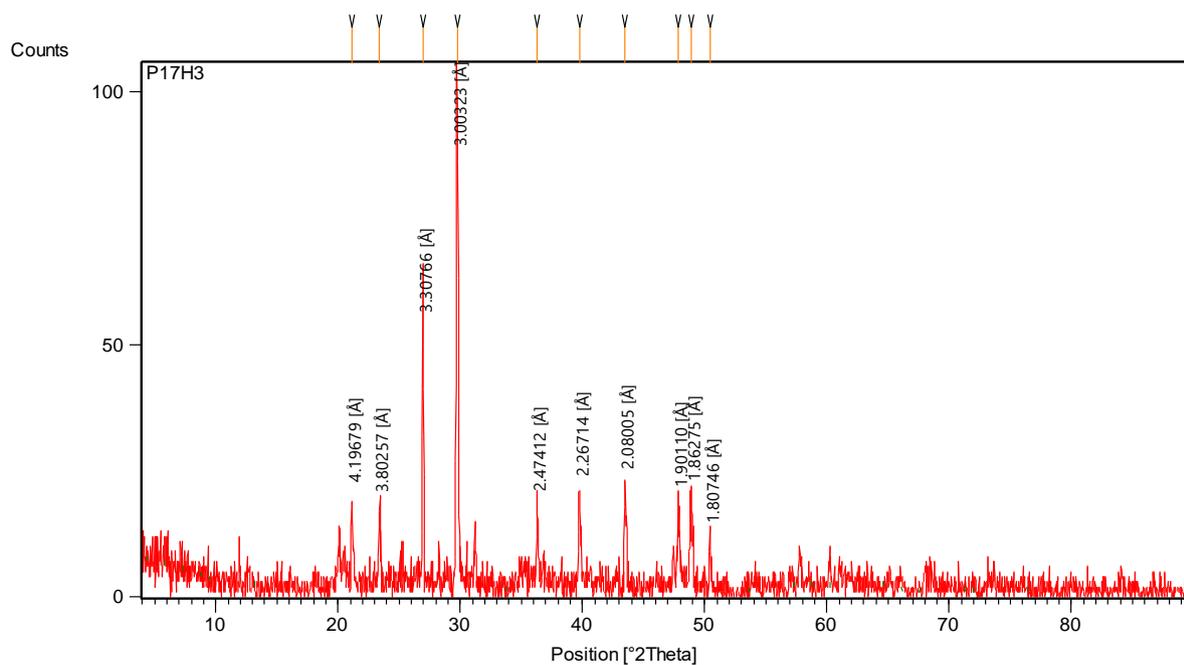
Bassanite (3.002Å^o -)

Gypse(4.19 -3.30

Quartz(2.46

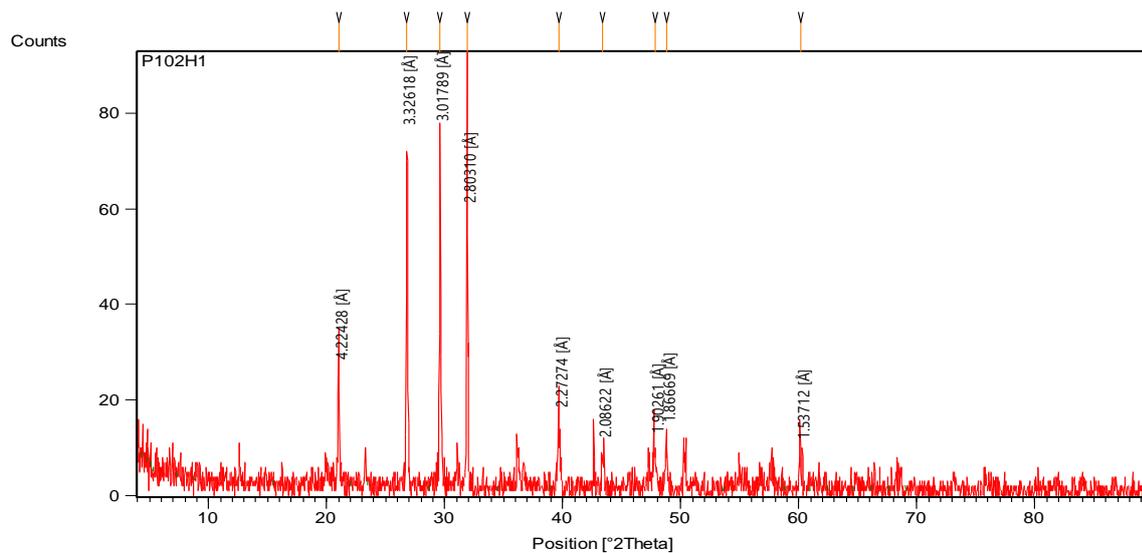
Calcite (2.26

minéral	quartz	gypse	bassanite	calcite
P17H2	+	++	++++	++



Annexe 15: Les diffractogrames du profil 17H3

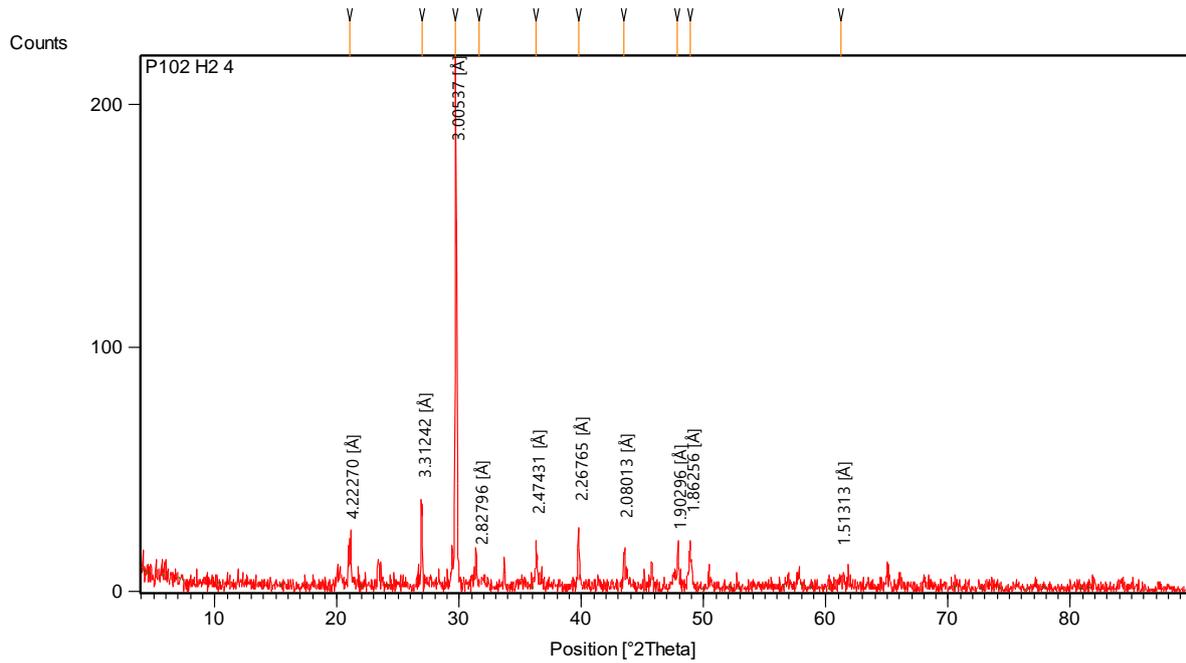
minéral	quartz	gypse	Bassanite	Hématite	calcite	Dolomite
P17H3	+++	+	++++	+	+	-



Annexe 16: Les diffractogrames du profil 102H1

minéral	quartz	gypse	Bassanite	Hématite	calcite	Dolomite
P102H1	++++	++	++++	+	++++	-

Bassanite 2.80 Å°



Annexe 17: Les diffractogrames du profil 102H2

Bassanite (3.005 Å°)

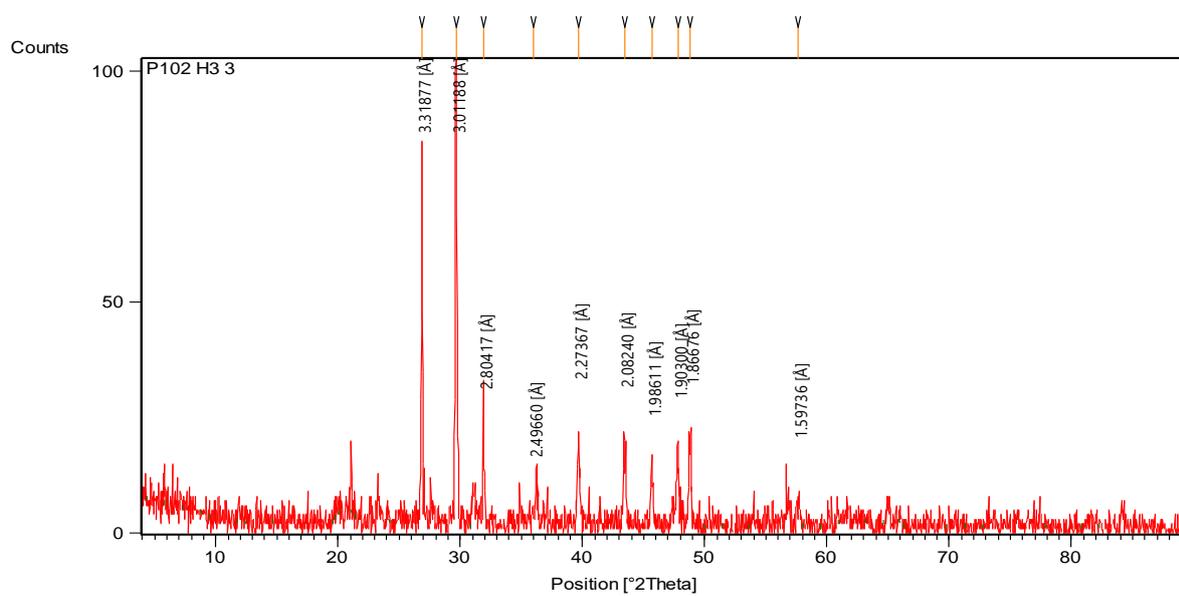
Anhydrite(2.827

Gypse(4.22

Quartz(3.31

Calcite (2.26- 1.86

minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	calcite
P102H2	+	+	++++	+	+



Annexe 18: Les diffractogrames du profil 102H3

Bassanite (3.01Å^o)

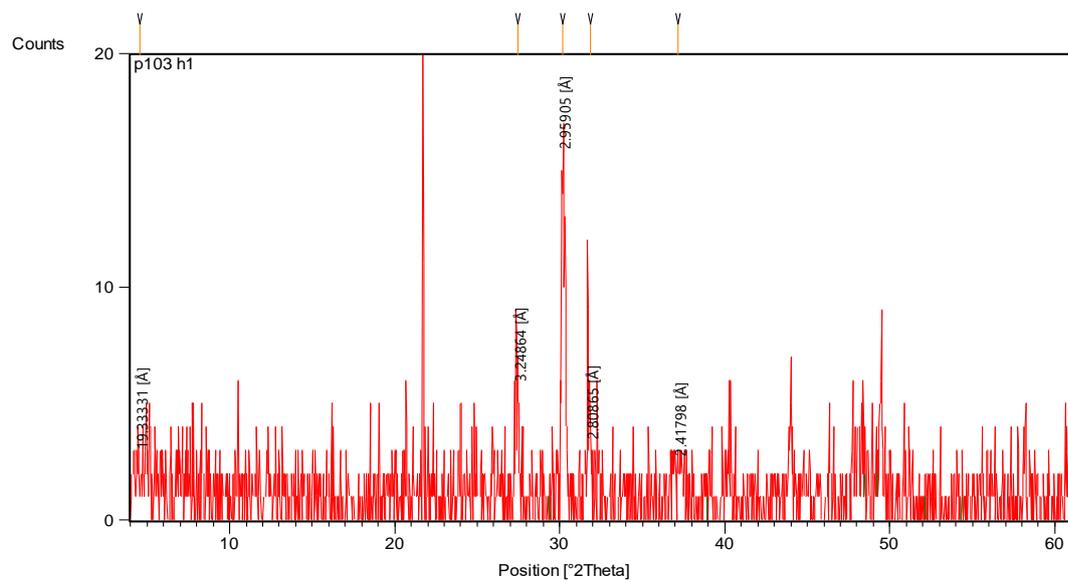
Anhydrite(2.49

Gypse(7.56- 2.80

Quartz(3.31

Calcite (2.26- 1.86

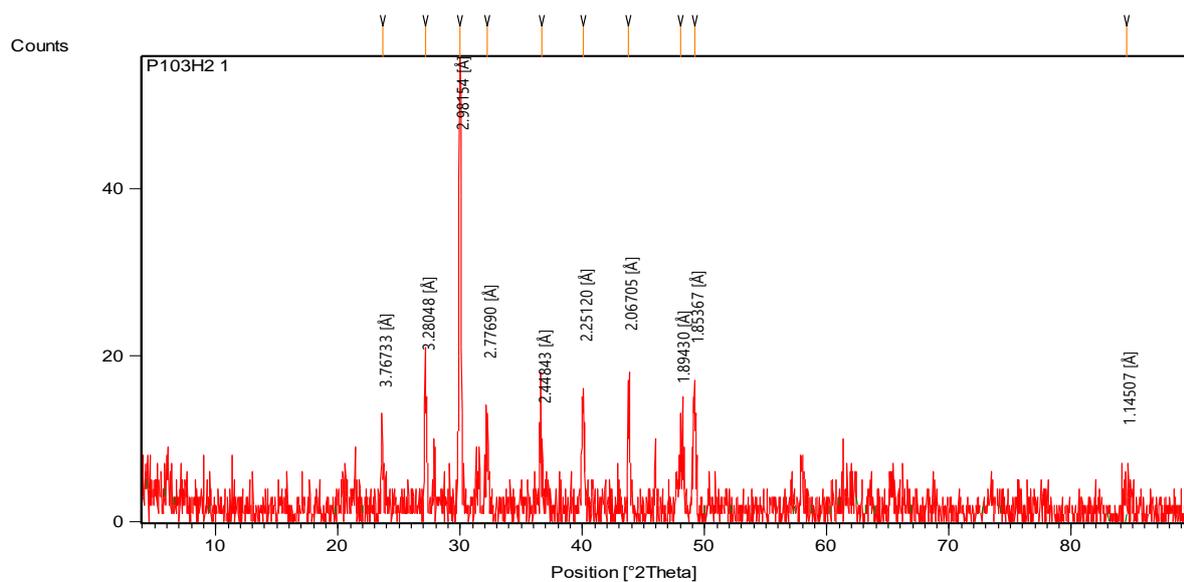
minéral	quartz	gypse	bassanite	Anhydrite	calcite
P102H3	++++	++	++++	+	++



Annexe 19: Les diffractogrames du profil 103H1

minéral	Smectite	quartz	gypse	Bassanite	calcite	Dolomite
P103H1	+	++	++++	++++	+	-

Smectite 19.33A



Annexe 20: Les diffractogrames du profil 103H2

Bassanite (2.98Å -2.067)

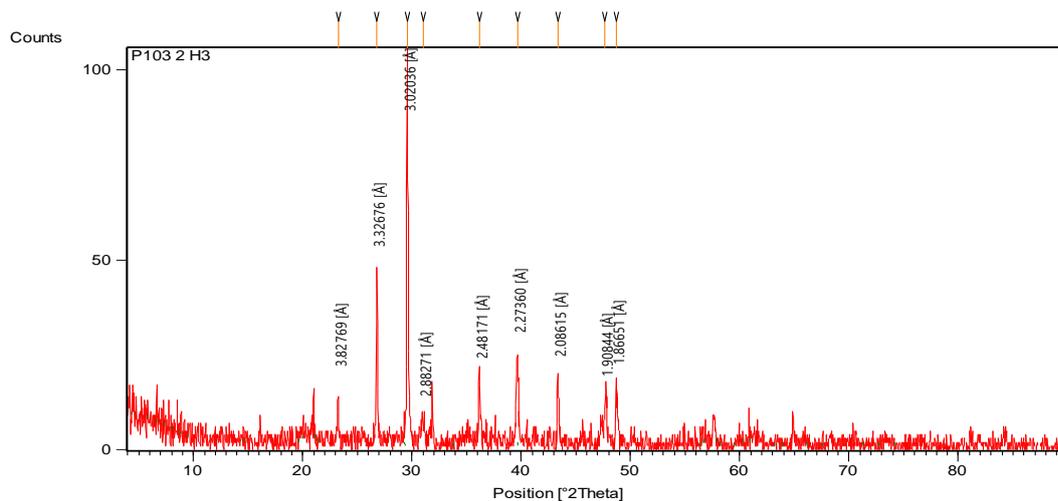
Gypse(3.76 -2.067

Quartz(2.448

Calcite (1.85

Dolomite(1.89

minéral	quartz	gypse	bassanite	calcite	Dolomite
P103H2	++	++	++++	++	++



Annexe 21: Les diffractogrames du profil 103H3

Anhydrite(2.88

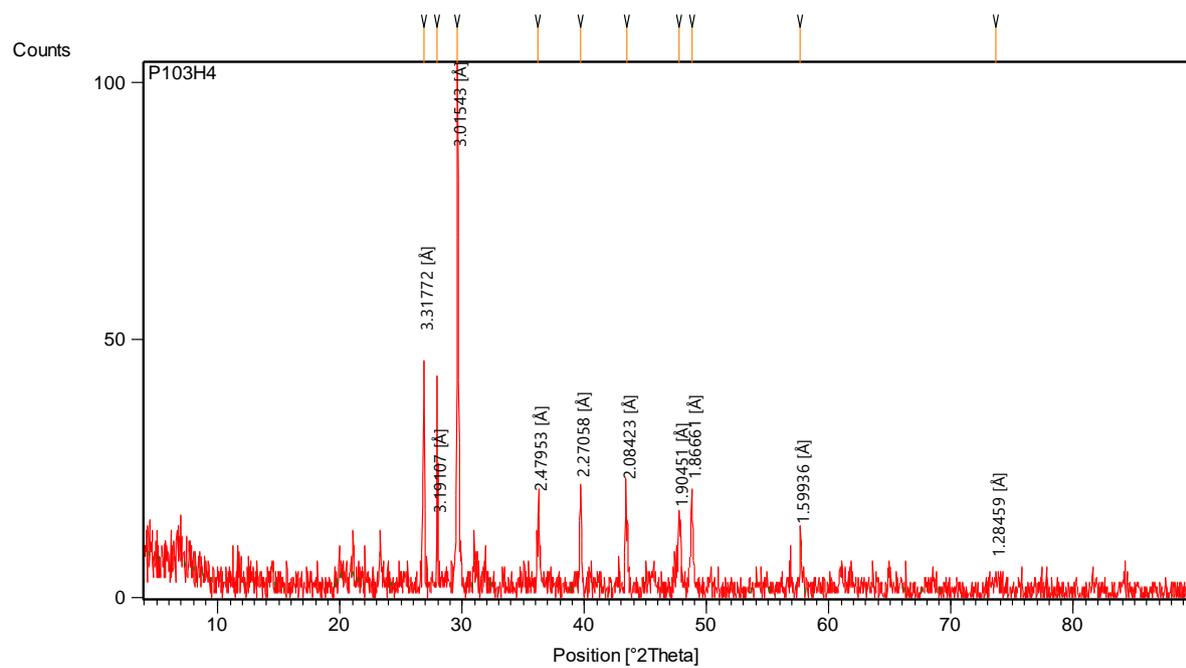
Gypse(7.56- 3.82

Quartz(3.31-1.86

Calcite (3.02

Dolomite(2.08)

minéral	quartz	gypse	Anhydrite	calcite	dolomite
P103H3	++	+	+	++++	+



Annexe 22: Les diffractogrames du profil 103H4

minéral	quartz	gypse	Hématite	calcite	Dolomite
P103H4	++	-	+	++++	-

GENESIS OF GYPSUM IN SOILS OF EL OUTAYA PLAIN

GENESE DE GYPSE DANS LES SOLS DE LA PLAINE EL OUTAYA

HOURIA ROUAHNA⁽¹⁾, RABAH BEN SAID⁽²⁾

⁽¹⁾Université Mohamed kheidar. Biskra.

⁽²⁾Université de Skikda-route d'El-Haddaiek. Skikda

hrouahna@yahoo.fr, labagro21@hotmail.fr

RESUME

Le gypse est le minéral le plus abondant dans les sols des régions arides, il se forme lorsque la concentration de Ca⁺² et SO₄⁻² est élevée dans le sol. Trois profils représentatifs dans la plaine d'El outaya (nord-ouest de Biskra) ont été étudiés. Le climat de la région est aride avec des températures annuelles maximales de 41°C et des précipitations moyennes annuelles de 129.5mm. Les résultats obtenus par l'observation microscopique indiquent que la forme lenticulaire du gypse est la plus abondante dans les différents horizons des profils étudiés ; tandis qu'il y a d'autres formes rares surtout dans les horizons souterraines, tel que la forme aciculaire. La formation du gypse est fréquent dans les piedmonts (profil 23) et la partie basse de la plaine (Sebkha de Selga)(profil 102 et 103), elle est liée à la position topographique, à la formation géologique(Trias) et l'aridité du climat. L'étude de la diffraction par les rayons X a montré l'abondance du bassanite dans le cortège minéralogique des sols étudiés qui se traduit par la présence des processus de déshydratation.

MOTS CLES : GENESE, GYPSE, PLAINE D'EL OUTAYA, REGIONS ARIDES, PROFILES.

ABSTRACT

Gypsum is a common mineral in soils of arid regions, it forms when Ca⁺² and SO₄⁻² concentrations in the soil are high. Three pedons representatives were studied in the plain of El outaya (North West of Biskra).the climate of the region is arid with maximum annual temperatures of 41°C and mean annual precipitation of 129.5mm. Microscopic observation indicates that lenticular crystals of gypsum were abundant in the different horizons of the studied pedons; whereas such forms are rare and they are frequently found in the subsurface horizons as acicular form. The formation of gypsum has been frequently found in piedmont plains (pedon 23) and the lower part of plain (Sebkha of Selga) (pedon 102 and 103), it is related to topographic location, geological formation and the arid climate. The study of the X-ray diffraction showed the abundant of bassinnet in the mineralogical cortege of the studied soils witch justified by the presence of dehydration process.

KEYWORDS: Genesis, gypsum, plain of El outaya, arid regions, pedons.

INTRODUCTION

Les zones arides sont caractérisées par la présence du gypse, calcaire et des sels solubles avec des formes très variables. Le gypse peut s'accumuler dans le sol quand l'évapotranspiration devient supérieure aux précipitations (Fedoroff et Courty, 1989).

La formation du gypse est généralement associé avec les roches gypsifères et les sédiments de différents origines (Hashemi et al, 2011).Lorsqu'il est présent en faible quantité, le gypse a un effet positif sur les propriétés du sol et peut jouer un rôle d'amendement et d'engrais car il apporte des ions Ca⁺⁺ et SO₄⁻⁻nécessaires à la croissance des plantes. Par contre, à des teneurs élevées, il affecte le comportement et le fonctionnement des sols et des plantes (Pouget, 1995).

Dans la région d'El Outaya, les risques de dégradation des sols résultent de la salinisation des sols et des eaux. D'une part sa solubilité, intermédiaire entre les sels solubles et la calcite, le gypse confère aux sols des comportements particuliers. Comparés aux autres sols des régions arides (notamment les sols calcaires et les sols salés) les sols gypseux restent très peu connus (Halitim et al, 2003).

L'objectif de ce travail, est d'étudier la genèse du gypse, ses caractéristiques, et ses formes dans le sol pour les connaître mieux, et trouver des solutions adéquates pour les rendre plus fertiles.

MATERIELS ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

La plaine d'El Outaya est située dans le Nord-Ouest de la région de Biskra, son territoire s'étend sur une superficie de 406,10km² (DPAT, 2007), Elle est limitée au Nord par El Kantara, au Sud par Biskra et El Hadjeb, à l'Est par Branis et Djemorah et à l'Ouest par Tolga.

Selon Chebbah (2007), la plaine d'El Outaya est située entre deux anticlinaux et qui a fonctionné comme un bassin de sédimentation pendant tout le Néogène, Elle est le résultat d'un remplissage Mio-pliocène-quaternaire caractérisé par :

- Des dépôts quaternaires très hétérogènes (alluvions, sable, dunes et poudingues) sont développés dans les lits des oueds et les zones basses.
- Des dépôts mio-pliocènes caractérisés par des graviers, des grès conglomératiques à grains fins à moyens, avec des passages d'argiles et de marnes gypseuses.

Les dépôts alluvionnaires du quaternaire dont se sont formés les sols de la plaine proviennent des formations géologiques de nature gypso-calcaire et salifère

La région d'El-Outaya se situe dans un étage bioclimatique aride avec des précipitations moyennes annuelles qui atteignent 129.5mm (1995-2008) répartis d'une façon irrégulière durant l'année. Les températures maximales et minimales annuelles sont de l'ordre de 41°C enregistrés en Juillet et 6.84 C° en mois de Janvier où la moyenne annuelle est de 22.4 C°. L'évapotranspiration est très importante, la moyenne est évaluée à 250.25mm.

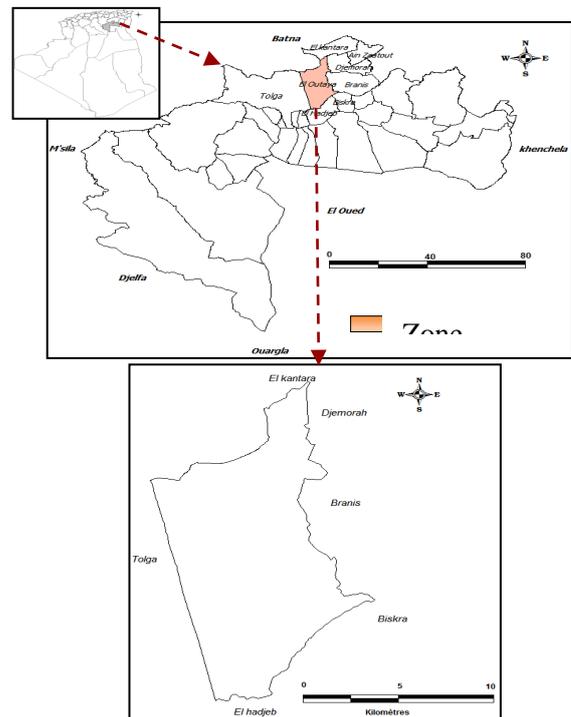


Figure 01: Situation géographique de la région d'El Outaya.

Le choix des profils

A partir des données de l'étude agro pédologique effectuée par l'ANRH (1980, 1984), sur la plaine d'El Outaya, des profils types ont été choisis selon leurs teneurs en gypse ensuite, une prospection sur le terrain vers chaque profil à été réalisée pour la caractérisation des différentes zones quelles sont représentées sur la carte (Fig 2), des échantillons du sol ont été prélevés pour chaque profil pour les faire des analyses.

La réalisation des profils à été effectuée manuellement, ses profondeurs sont de 1m, répartis sur la superficie de la plaine. Pour mieux connaître la genèse du gypse, leurs formes dans la plaine, des analyses, ont été réalisé sur 26 horizons distingués par les formes de gypse. Trois profils représentatifs ont été choisis ; le profil 23(N35°1'50.5", E

5°34' 24.8"), le profil 102 (N 34°55' 15", E 5°30' 58") et le profil 103 (N 34°54' 15", E 5°31' 7").

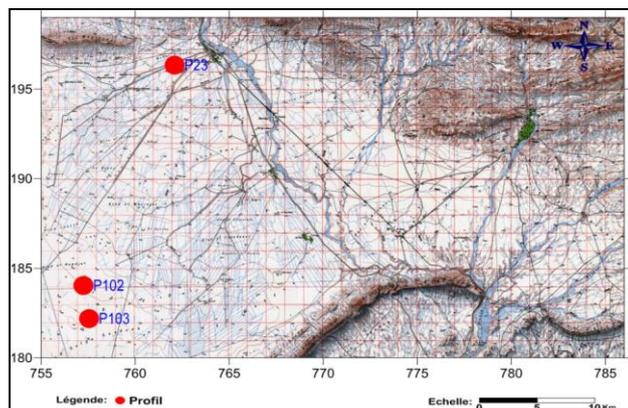


Figure 02: Carte de répartition des profils

Méthodes d'analyse

Les échantillons du sol sont séchés à l'air libre, broyés et tamisés à 2 mm. Les analyses réalisées sont : le pH est mesuré par le pH mètre avec un rapport sol /eau 1/2.5. La conductivité électrique mesurée avec Conductimètre sur un rapport sol/eau 1/5. Le dosage du gypse est effectué par la méthode à l'acétone de Richard qui consiste à centrifuger la solution du sol en présence d'acétone, le taux de gypse est déterminé par l'utilisation de la courbe standard qui relie la concentration avec la conductivité électrique de la solution étudiée. Le calcaire total est dosé par le Calcimètre de Bernard. l'analyse granulométrique a été faite par la méthode internationale dite méthode de la pipette de ROBINSON. L'étude minéralogique est réalisée par diffraction aux rayons X, sur la fraction totale du sol broyé sous forme de poudre. L'examen microscopique est effectué par un microscope optique de précision, chargé avec un appareil photo.

RESULTATS ET DISCUSSION

Propriétés générales du sol

L'analyse granulométrique montre une texture argileuse dans le profil 23 et les horizons inférieurs de profil 103 et, une texture limoneuse dans tout le profil 102. Poch (1992), sur fond d'étude réalisée en Espagne dans la région d'Ebro, a montré que la texture des sols gypseux est étroitement liée à la teneur en gypse et qu'elle est conditionnée par le matériau parental. Le pH est faiblement alcalin varie entre 7.33 et 8.54 pour tous les profils étudiés (Tab 1) ; selon Boyadgiev et Verheye, (1996), les sols gypseux présentent un pH modérément à légèrement alcalin (pH=7,4 – 9,4). Les profils 102 et 103 sont extrêmement salés avec des valeurs de la CE oscillent entre 9.75 et 20.75 dS/m, tandis que le profil 23 enregistré des valeurs de la CE entre 3.89 et 5.11 dS/m dans l'horizon inférieur c'est un profil très salé.

Tableau 01 : les propriétés chimiques des profils étudiés

Profil	Gypse%	CE dS/m	pH (1/2.5)	Calcaire%
p103H1	7,9	15,86	8,13	39,44
p103H2	1,47	20,75	8,35	40,27
p103H3	1,47	19,52	8,54	43
p103H4	12,51	9,75	8,3	49,51
p23H1	7,21	3,89	7,93	40,27
p23H2	4,34	5,6	7,81	41,53
p23H3	4,34	5,11	8,04	44,47
P102H1	4,34	16,57	7,33	36,08
P102H2	5,04	12,30	7,88	37,13
P102H3	5,04	16,26	7,72	35,87

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total montrent que les sols des profils étudiés sont excessivement calcaires (Baize, 1988), avec des taux varient entre 35, 87% et 49,51%. Les taux du gypse obtenus dans les différents profils montrent que ces sols sont légèrement gypseux, ses valeurs varient entre 1.47 et 7.21% pour la plupart des horizons (Tab 1). Pour l'horizon inférieur du profil 103 le sol est fortement gypseux avec une valeur de 12.51% et pour le même profil ces résultats sont semblables à ceux trouvés par Barzanji (1973) sur un matériel comparable.

Le profil 103 montre que les quantités de carbonate de calcium, augmentent avec la profondeur de 39.44% à 49.51%.

Morphologie de gypse dans les sols de la plaine d'El outaya

Les caractéristiques morphologiques des profils étudiés indiquent la présence de gypse sous différentes formes : une forme de plaque dans le profil 23 (fig 3), une forme de rose de sable présente dans le profil 103 (fig 4) et une forme de pseudo mycélium constatée dans le profil 102 (fig 5). Selon Djilli (2000), le gypse peut présenter sous différentes formes dans le sol en fonction des conditions dans lesquelles il se précipite.

Les propriétés micro morphologiques et minéralogiques des sols

Le gypse lenticulaire représente la morphologie la plus abondante dans les sols des régions arides cette forme est décrite par plusieurs auteurs (Barzanji et Stoops, 1974 ; Chen, 1997 ; Artieda, 2004). En raison de la grande solubilité du gypse par rapport au carbonate de calcium, l'accumulation de ce minéral dépend des changements hydrogéochimiques. Par conséquent les formes d'accumulation de gypse peuvent être utilisées comme indicateur de ses conditions de formation (Poch et al. 2010).



Figure 03: Plaque de gypse de profil 23



Figure 4. Rose de sable de profil 103



Figure 05: Gypse sous forme de pseudo mycélium Profil 102

Les analyses de l'horizon inférieur du profil 103 montre un taux élevé de gypse, le sol est humide avec des taches d'oxydoréduction et l'agglomération de gypse sous forme de rose de sable ceci est remarqué par Halitim et Rober, (1992) sur un matériel similaire. Et expliqué par Bellair (1954), par l'activité de la nappe d'eau.



Figure 06: forme aciculaire du gypse du Profil 102H3

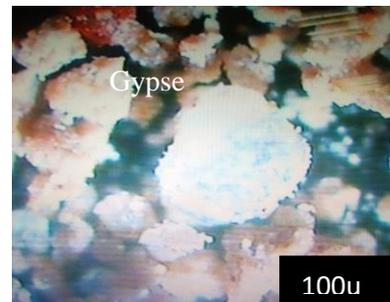


Figure 07: forme lenticulaire du gypse du Profil 102 H1

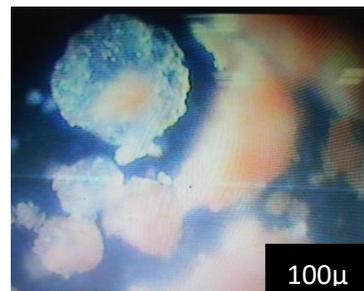


Figure 08: Gypse lenticulaire du profil 23H1

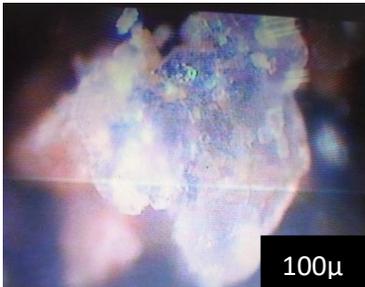


Figure 09: Gros cristaux du gypse du profil 103H1

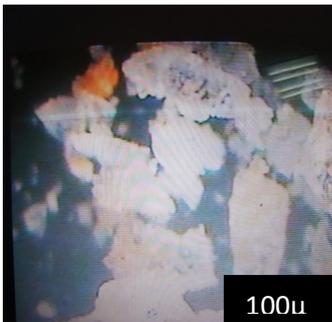


Figure 10: Rose de sable dissociée avec des taches d'oxydoréduction du profil 103H4

La forme, la taille et la position des cristaux de gypse sont utilisées pour déterminer leurs sources (Buck et Van Hoesen, 2002). Notre étude confirme que les cristaux de gypse lenticulaires sont les plus abondants dans les profils étudiés (figure 6, 8 et 10), des observations similaires ont été rapporté par (Jafarzadeh and Burnham, 1992; Farpoor et al. 2003). L'horizon inférieur du profil 102 montre une autre forme des cristaux de gypse, qui est aciculaire (figure 7), elle est relativement rare.

Le gypse est déposé dans les sols de la plaine par deux processus, par mouvement descendant où il ya un déplacement vers le bas après mouillage ou dissolution de ce sel transporté par les eaux des oueds ou les eaux de ruissellement et se précipite. Soit par mouvement ascendant, où le gypse est formé par la précipitation de Ca^{2+} et SO_4 (pendant la salinisation) quand il, ya la remonté de l'eau vers le haut par capillarité pour remplacer l'eau perdue par évaporation. Pour les profils 102 et 103 le taux maximum du sable est enregistré dans les horizons de surface qui est un caractère de désert formés par les dépôts

éoliens. Ceci est remarqué aussi par (Fadden et al 1987) dans des conditions comparables à nous conditions.

Le gypse a été transporté en amont par les eaux des oueds (transport hydrique) et se dépose dans la partie basse de la plaine où il s'accumule, comme il peut se transporter par le vent à la surface des sols, ces deux processus sont réalisés dans le profil 103 où le gypse se trouve à des quantités élevées dans l'horizon de surface et l'horizon inférieur où se forme les roses de sable. Dans les milieux de Sebkhass, le gypse se cristallise sous forme lenticulaire pour donner les roses du sable.

Les profils 102 et 103 représentent la partie basse de la plaine, ces deux profils marquent les quantités les plus importantes du gypse et de la salinité tandis que le profil 23 représente la partie amont de la plaine, il se trouve contre bas de la coline de Maghraoua. Les résultats des analyses minéralogiques réalisés par diffractométrie aux rayons x (DRX)

Montrent que le bassanite ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) est le minéral dominant dans les trois profils, ces analyses confirment la présence du gypse, du quartz et de la calcite, et la présence de l'anhydrite en faible quantité dans le profil 23 H1 et dans le profil 102 H3 (figures 11.12.13). L'existence de ces minéraux est confirmé par Dekkiche, 1976; Watson, 1980; Boyadjieva et Sayegh, 1992) dans des conditions comparables à notre étude.

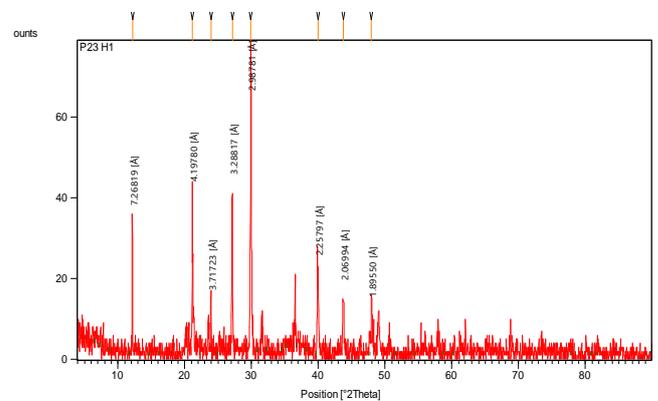


Figure 11 : Résultats diffractométriques de P23H1

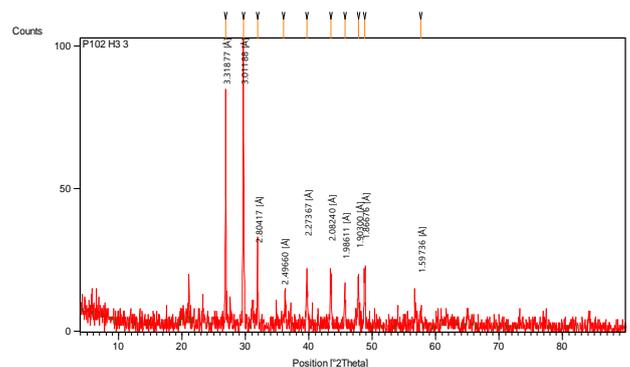


Figure 12 : Résultats diffractométriques de P102 H3

Le gypse existe rarement à l'état pur, il peut présenter des inclusions de quartz, de sable et d'argile (Barriand et al. 1978), ou bien des inclusions d'oxyde de fer (Benmati, 1993).

D'après Shahid et al. (2007) l'anhydrite est formé sous un été chaud à des températures du sol dépasse 40°C dans la surface du sol et dépasse 30°C dans des profondeurs atteint 50 cm, avec une salinité élevée. la présence d'une fraction, même mineure d'anhydrite indique une source allogène d'origine géologique (Murray, 1964) ce qui est confirmé par la présence de minéraux lourds trop arrondis (Job.1992).

La déshydratation commence à (40 ° C) et atteint un niveau correspondant à la forme semi-hydratée (c'est-à-dire la bassanite) à 70 à 90 ° C (FAO, 1990).

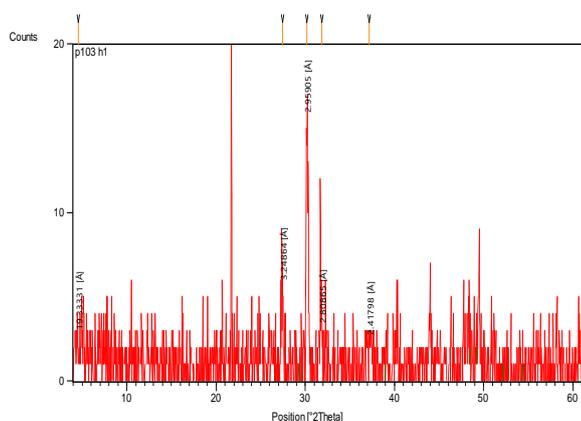


Figure 13: Résultats diffractométriques de P103 H1

Les hautes températures de la région d'El outaya jouent un rôle dans la formation de la bassanite (déshydratation de gypse) ceci est prouvé par Eswaran et Zi-tong (1991) où ils rapportent que la déshydratation peut commencer à des basses températures (environ 40°C).

Différentes formes de minéraux sulfatés peuvent être trouvés dans les sols, le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) étant le type dominant qui se produit dans le centre de l'Irak. Les conditions climatiques chaudes et sèches sont plus adaptées à la formation de gypse puis d'autres formes de calcium ; des minéraux sulfatés tels que la bassanite et l'anhydrite. Le gypse peut être transformé en ces formes anhydres par le chauffage (Muhaimed et al 2013).

CONCLUSION

En général, les résultats obtenus indiquent la présence de gypse dans la plaine El Outaya à des quantités variables d'où les taux élevés sont enregistrés dans la partie basse de la zone d'étude où les eaux de ruissellement et le vent contribuent à cette action. L'étude morphologique, et profils réalisés au niveau de la plaine d'El outaya montre que les

quantités de gypse accumulées dans les sols de la zone d'étude sont liées à la topographie, à la géologie de la région, et à l'aridité du climat contenant le vent comme agent essentiel dans le transport des matériaux.

REFERENCES

- [1] Artieda, O., 2004. Materials parentales y geomorfología en la genesis de aridisoles en sector del centro de la Ebro. Ph.D. Dissertation. Universidad de Zaragoza. 576p.
- [2] Baize, D., 1988. Guide d'analyses courantes en pédologie, 2ème édition. I.N.R.A. Paris, 257p.
- [3] Barzanji, A.F., 1973. Gypsiferous soils in Iraq. Ph.D. Thesis. State University of Ghent, Belgium.
- [4] Barzanji A.F., Stoops G., 1974. Fabric and mineralogy of gypsum accumulations in some soils of Iraq. Gypsum features, in Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths, Stoops, G., Marcelino, V., and Mees, F., Eds., Amsterdam: Elsevier, pp195-216.
- [5] Bellair, P., 1954. Sur l'origine des dépôts de sulfates de calcium actuels et anciens. C.R. Acad. Sci. Paris: 1059-1061.
- [6] Boyadgiev T.G., Sayegh A.H., 1992. Forms of evolution of gypsum in arid and soil parent materials. Pédologie, XLII-2, pp: 171-182.
- [7] Boyadgiev T.G., Verheye W.H., 1996. Contribution to a utilitarian classification of gypsiferous soil. Géoderma 74, pp: 321-338.
- [8] Buck, B.J., Van Hoesen, J.G., 2002. Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico, U.S.A. J. Arid Environ. 51, 469-487.
- [9] Chebbah M., 2007. Caractérisation sédimentologique et géochimique du Néogène, de part et d'autre de l'accident sud atlasique, région de Biskra. Thèse de doctorat d'état de l'Université Mentouri, 417p.
- [10] Chen, X. Y., 1997. Pedogenic gypcrete formation in arid central Australia. Geoderma 77, pp: 39-61.
- [11] Dekkiche, B., 1976. Notes sur quelques sols à accumulation de gypse dans Hodna. Annales INA (EL Harrach) Vol n1. PP/139-148.
- [12] Djilli, K., 2000. Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Création d'une banque des données informatisées et utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et valorisation des données pédologiques. Thèse Doct d'état. INA (EL Harrach). 243p.
- [13] DPAT., 2007. Monographie de la wilaya de Biskra. 155p.
- [14] Eswaran, H., Zi-Tong, G., 1991. Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. In: Nettleton, W.D. (Ed.), Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils, SSSA Special Publication, vol. 26, pp. 89-119.
- [15] Fadden LD., Wells SG., Jercinovich, MJ., 1987.

Influences of éolian and pedogenic

- [16] Micromorphology of soils, pp: 271-277.
- [17] Fao., 1990. Management of gypsiferous soils.FAO.BULL.62.Rome, 81p.
- [18] Farpoor, M.H., Eghbal, M.K., Khademi, H., 2003.Genesis and micromorphology of saline and gypsiferous Aridisols on different geomorphic surfaces in Nough area, Rafsanjan. J. Sci. and Technol.Agric. and Natur. Resour. Isfahan, vol. 7, pp. 71– 93 (in Persian with an abstract in English).
- [19] Halitim, A., Ben Said, R., BEN SAAD, A., Sellami, L et Fenghour, O., 2003. Sols gypseux, genèse, caractérisation et fonctionnement .Rapport annuel d'un projet.27p
- [20] Halitim, A., et Robert, M., 1992. Genesis of gypseous and calcareous formations in arid zone (Algeria). Dynamics and effects in soil properties. Workshop on gypseous soils, Aleppo, ICARDA-FAO, 11 p.
- [21] Hashemi S.S., Baghernejad M., and Khademi H., 2011. Micromorphology of gypsum crystals in Southern Iranian soils under different moistures Regimes. Journal of Agriculture Science Technology,13:273-288.
- [22] Jafarzadeh, A., Burnham, C.P., 1992. Gypsum crystals in soils. J. Soil Sci. 43, 409– 420.
- [23] Job,J.O.1992. les sols salés de l'oasis D'El Guettar (sud tunisien).edit.ORSTOM. 151P.
- [24] Muhaimed, A.S., al-Jeboory, S.R., Saliem, K.A., Burt, R.and Chiaretti,J.V., 2013. Genesis and Classification of Selected Soils in an Arid Region of Central Iraq.Soil Horizon p.1-13.
- [25] Murray, R.C., 1964. Origin and diagenesis of gypsum and anhydrite. J. of Sedimentary Petrology, Vol. 34, n03, p: 512-523.
- [26] Poch R.M., 1992. Fabric and Physical Properties of gypsic and hypergypsic horizons in the Ebro Valley.Ph.D. Thesis. Universities of Gent.
- [27] Poch, R.M., Artieda, O., Herrero, J., and Lebedeva-Verba, M., 2010. processes on the origin and evolution of desert pavements. Geology, 15: 504-508.
- [28] Pouget, M., 1995. Les Gypsosols.Ed. I.N.R.A., Référentiel pédologique francais, 6ème version, 332p.
- [29] Shahid, S.A., Abdelfattah, M.A. and Wilson, M.A., 2007. A unique anhydrite soil in the Coastal Sabkha of Abu Dhabi Emirate. Soil Surv. Horiz. 48:75–79.
- [30] Watson, A., 1980. Vegetation polygon in the Central Namib desert.Moadoga series, 11-12.

Résumé

Le gypse est le minéral le plus abondant dans les sols des régions arides, il se forme lorsque la concentration de Ca^{+2} et SO_4^{-2} est élevée dans le sol.

L'objectif de ce travail était d'étudier l'origine et les formes de gypse dans les sols de la plaine d'El Outaya, huit profils ont été étudiés dans la plaine d'El outaya (nord-ouest de Biskra). Le climat de la région est aride avec des températures annuelles maximales de 40,94 °C et des précipitations moyennes annuelles de 173.05mm. pour cet objectif, la description des profils sur terrain a été effectuée, une analyse minéralogique par rayons x des échantillons des sols et micromorpho- logique par microscope de précision intégré par un appareil photos est indispensable pour étudier l'individualisation de gypse dans cette plaine.

Les résultats obtenus indiquent que la forme lenticulaire du gypse est la plus abondante dans les différents horizons des profils étudiés ; tandis qu'il y a d'autres formes de gypse ont été moyennement trouvé dans les sols , tel que la forme prismatique ,aciculaire, colonnaire et ovoïde .La formation du gypse est fréquent dans les piedmonts (profil 23) et la partie basse de la plaine(Sebkha de Selga)(profil 102 et 103) ,elle est liée à la position topographique, à la formation géologique(Trias) et l'aridité du climat .L'abondance du bassanite dans le cortège minéralogique des sols étudiés se traduit par la présence des processus de déshydratation.

Mots clés : Gypse, Origine, Plaine El Outaya, Régions arides, Profils

Abstract

Gypsum is the most abundant mineral in soils of arid regions; it is formed when the concentration of Ca^{+2} and SO_4^{-2} is high in the soil.

The aim of this work was to study the origin and forms of gypsum in the soils of El outaya plaine, eight profiles were studied in the El Outaya plain (northwest of Biskra). The climate of the region is arid with annual maximum temperatures of 40.94 ° C and average annual rainfall of 173.05mm. For this purpose, the description of the field profiles has been carried out, a mineralogical x-ray of soil samples and micro-morphological analysis by Precision microscope integrated by camera is essential to study the individualization of gypsum in this plain. The results obtained indicate that the lenticular form of gypsum is the most abundant in the different horizons of the studied profiles; while there are other forms of gypsum were averagely found in soils, such as the prismatic, acicular, columary and ovoid shape. Gypsum formation is common in piedmonts (profile 23) and the lower part of the plain (Sebkha de Selga) (profile 102 and 103), it is related to the topographic position, the geological formation (Trias) and the aridity of the climate. The abundance of bassanite in the mineralogical procession of the studied soils is translated by the presence of dehydration processes

Key words: Gypsum, Origin, El Outaya plain, Arid regions, Pédons

ملخص

الجبس هو أكثر المعادن وفرة في تربة المناطق القاحلة، ويتكون عندما يكون تركيز Ca^{+2} و SO_4^{-2} عاليًا في التربة. كان الهدف من هذا العمل هو دراسة أصل وأشكال الجبس في تربة سهول الوطاية، وقد تمت دراسة ثمانية ملامح في سهل الوطاية (شمال غرب بسكرة). المناخ في المنطقة قاحل مع درجات حرارة قصوى سنوية تبلغ 40.94 درجة مئوية ومتوسط سقوط سنوي للأمطار يبلغ 173.05 ملم، ولهذا الغرض، تم تنفيذ وصف لمحات المجال، التحليل المعدني بالأشعة السينية للتربة والتحليل المجهرى الدقيق باستخدام مجهر دقيق مدمج بواسطة كاميرا أمر ضروري لدراسة انفرادية الجبس في هذا السهل. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الشكل العدسي للجبس هو الأكثر وفرة في الأوجه المختلفة للملاح المدروسة. في حين أن هناك أشكالًا أخرى من الجبس تم العثور عليها بكميات معتدلة في التربة، مثل المنشورية، إبري عمودي وبيضوي الشكل. وتشكيل الجبس هو شائع في سفوح البروفيل 23 والجزء السفلي من سهل سبخة Selga لمحطة 102 و103، وهو مرتبط بالموقع الطبوغرافي والتكوين الجيولوجي (ترياس) وجفاف المناخ، وتترجم وفرة الباسانيت في الموكب المعدني للتربة المدروسة من خلال وجود عمليات الجفاف.

الكلمات المفتاحية:

الجبس، المصدر، سهل الوطاية، المناطق القاحلة، البيدون.