

SUR L'ORIGINE DES CROÛTES GYPSEUSES DU SAHARA SEPTENTRIONAL ALGERIEN: CAS DE LA REGION DE OUARGLA

YOUCEF Fouzia^{1*}, HAMDI-AÏSSA Baelhadj^{1,2}, BOUHADJA Meghnia¹,
LAMINI Khadidja¹

*Université de Ouargla, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Laboratoire de biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algérie
Université de Ouargla, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides,
Ouargla 30 000, Algérie, E-mail: youcef_yf@yahoo.fr*

Résumé.- Les sols gypseux sont très fréquents dans les régions arides et semi-arides et présentent des accumulations de différentes formes qui ont chacune une origine et une signification spécifique. L'étude morphologique et analytique des croûtes gypseuses de surface dans deux stations (N'Goussa et El-Bour) située dans la région de Ouargla (Algérie) montre l'épaisseur importante des croûtes gypseuses au niveau des profils étudiés (24 cm à 145 cm) et un taux de gypse très élevé avec des valeurs allant de 58,17% à 73,26%. La formation des croûtes gypseuses étudiées a nécessité des conditions climatiques plus humides que les conditions hyperarides actuelles qui règnent dans la région de Ouargla.

Mots clés: Sahara septentrional, croûtes gypseuses, sol, Ouargla, aridité.

ABOUT THE ORIGIN OF GYPSUM CRUSTS OF THE NORTHERN SAHARA OF ALGERIA: CASE STUDY OF OUARGLA AREA

Abstract.- Gypsiferous soils are very common in arid and semi-arid regions. They present different shapes of accumulations having each one special origin and significance. The morphological and analytical study of gypsum crusts in two stations (N'Goussa et El-Bour) located in the area of Ouargla (Algeria) shows significant thickness of gypsum crusts in the studied profiles (24 cm to 145 cm) and very high content of gypsum with values ranging from 58.17 to 73.26%. The studied gypsum crusts were formed during more humid period with climatic conditions different from those of Ouargla area.

Key words: Northern Sahara, gypsum crusts, soil, Ouargla, aridity

Introduction

Les zones arides et semi-arides se caractérisent au niveau pédologique par la présence des accumulations de sels (gypse, calcite, sels solubles...), qui présentent des morphologies très variables [1]. Le gypse et les sels solubles peuvent s'accumuler dans le sol quand l'évapotranspiration devient supérieure aux précipitations. Ils s'accumulent sous plusieurs grands types qui peuvent être distingués selon leurs origines et ont chacun une signification climatique spécifique [2].

Selon le degré de précipitation du gypse dans le sol, deux types d'accumulation peuvent être distingués [3]: les accumulations discontinues qui renferment: le gypse diffus, les pseudo-mycéliums, les amas, les nodules et les racines gypsifiées (manchons de gypse); et les accumulations continues qui renferment les croûtes et les encroûtements.

WATSON (1985), admet que les croûtes gypseuses existent dans tous les continents, y compris l'antarctique et sont généralement définies comme des accumulations ayant 0,10 m à 5,0 m d'épaisseur et contenant plus de 15% de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et au minimum 5% de gypse que la roche mère sous-jacente [4]. Selon WATSON (1985), les croûtes gypseuses peuvent être subdivisées en trois principaux types en se basant sur des critères texturaux et structuraux: les croûtes formées après l'évaporation des eaux de surface dans les lagunes et les lacs, caractérisées par des lits horizontaux discrets supérieures à 0,1 m d'épaisseur; les croûtes de nappe qui se développent à partir de l'évaporation d'une nappe phréatique proche de la surface, composées de grands cristaux lenticulaires; et les croûtes de surface, qui ont des formes variées, mais qui sont toutes le résultat de la dégradation d'accumulations de subsurface [4].

CHEN (1997), a attribué le terme de gypcrete pédogénique à la couche gypseuse massive, microcristalline, blanche et poudreuse existant à la surface du sol avec une épaisseur de 10 cm ou plus [5]. Pour BUREAU et ROEDERER (1961), le terme de "croûte gypseuse est accordé à la partie zonée (la plus durcie et souvent superficielle) de la formation généralement désignée par le terme de croûte gypseuse; c'est l'équivalent de ce que l'on appelle souvent croûte gypseuse zonaire [6].

L'objectif de ce travail est d'une part la contribution à l'étude des sols du Sahara Algérien, et d'autre part l'explication de l'origine et les conditions qui ont permis la formation de ces grandes accumulations de gypse (croûtes gypseuses).

1.- Matériel et méthodes

La présente étude est réalisée dans la région de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien) caractérisée par un climat hyperaride, avec des précipitations de 64,94 mm/an et des températures moyennes annuelles de 23,53°C (période: 1990-2004). Les sols gypseux sont très répandus dans la région ils correspondent au pédopaysage gypseux [7].

Le choix des sites d'étude (fig. 1) a été effectué après des prospections sur terrain et des sondages à la tarière en vue de bien choisir l'emplacement des profils. Le critère de choix principal de ces derniers, est basé sur l'existence de croûtes gypseuses sur des sols naturels (non anthropisés).

La première station est située à N'Goussa (32°08'N ; 05°19'E, altitude: 135 m) où un profil est effectué: P₁N. La deuxième est située à El-Bour (32°09'N ; 05°20'E, altitude : 120 m), dans laquelle, trois profils sont réalisés: P₂B, P₃B et P₄B entre les dunes à coté de la zone de Dabdaba.

La description morphologique des profils de sol est basée sur les principes de BAIZE et JABIOL (1995) [8]; en première étape l'environnement du profil est décrit (localisation, topographie, végétation, état de surface et enfin le temps et la date de description); puis en deuxième étape, chaque horizon est décrit à part (épaisseur en cm, couleur, texture, structure, présence de matière organique, tâches, éléments grossiers, réaction à l'acide chlorhydrique, porosité, limites entre les horizons, état d'humidité, consistance et transition). Des échantillons de sol sont prélevés de chaque horizon.

La granulométrie est déterminée par tamisage humide, à travers une série de tamis à différents diamètres (1mm, 0,5mm, 0,2mm, 0,1mm et 0,05mm) [9]. Le calcaire total est déterminé par la méthode du calcimètre de Bernard qui se base sur la décomposition de carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique et la mesure du volume de gaz carbonique dégagé lors de cette réaction [9]. Pour le gypse, la méthode proposée par COUTINET (1965) a été utilisée, ayant comme principe le dosage des ions SO_4^{2-} libérés après une attaque aux carbonates d'ammonium et précipitation avec le chlorure de baryum [10]. La matière organique est estimée après le dosage du carbone organique existant dans les échantillons par la méthode Anne, basée sur le principe de l'oxydation du carbone organique par le bichromate de potassium en milieu sulfurique et le titrage de l'excès de bichromate par le sel de Mohr en présence de diphénylamine [9].

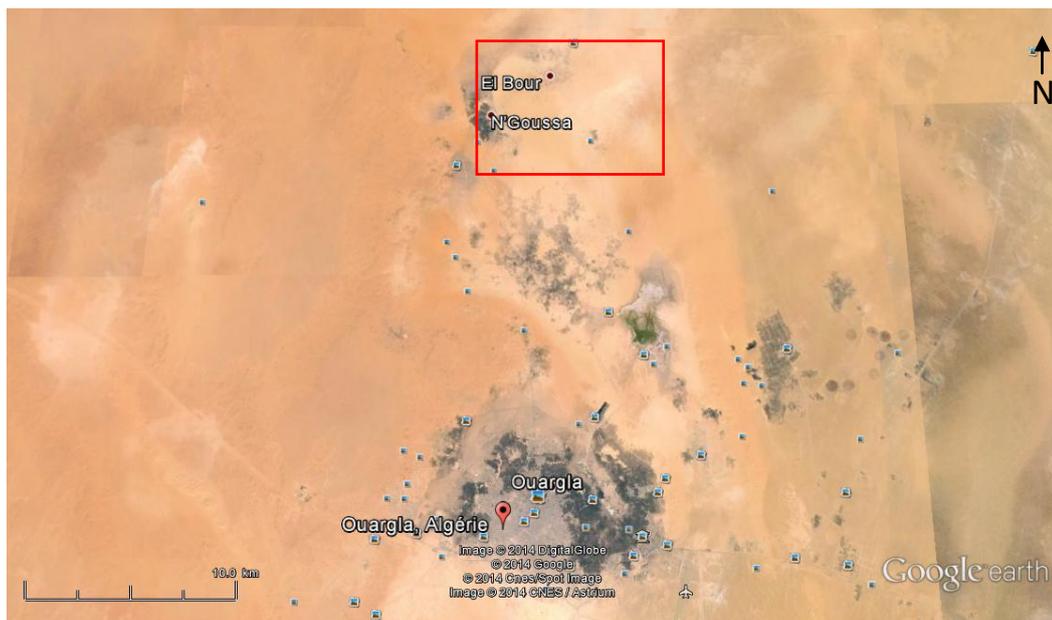


Figure 1.- Localisation des stations d'étude

2.- Résultats et discussion

La description morphologique des profils de sol sur terrain, a permis de constater l'épaisseur très importante des croûtes gypseuses étudiées (fig. 2 et 3) variant entre 24 et 145 cm.

L'analyse granulométrique montre une texture sableuse dans tous les horizons étudiés avec la dominance de la fraction sable grossier pour les profils P₁N et P₄B tandis que dans l'horizon C du profil P₄B et les profils P₃B et P₂B la fraction du sable fin, est la plus dominante (tab. I). Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total montrent que les profils étudiés sont non calcaire à modérément calcaire avec des taux variant entre 0,23% et 13,9%. La mesure du taux de gypse dans les différents profils montre que les croûtes gypseuses de surface sont extrêmement gypseuses avec des taux variant entre 58,17% et 73,26%. Pour les autres horizons les analyses montrent qu'ils sont légèrement gypseux sauf pour l'horizon profond de la coupe P₄B qui est non gypseux. D'une manière générale, il a été remarqué que le taux de gypse diminue brusquement en allant vers les horizons de profondeur avec des valeurs allant de 0,29% à 5,92% seulement (tab. I et fig. 4, 5, 6 et 7). Le taux de matière organique est très faible dans tous les horizons, avec des valeurs

inférieures à 1% (tab. I).



Figure 2.- Profil P₃B à El Bour (Ouargla)

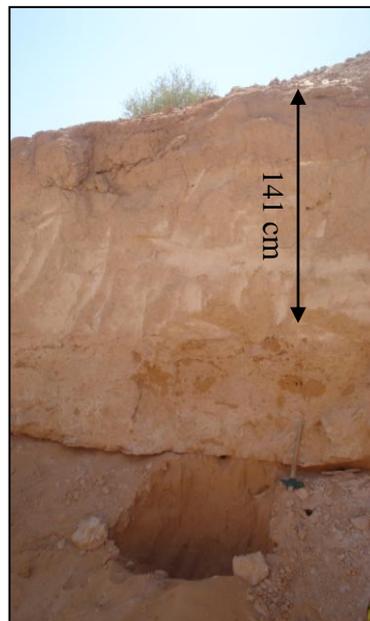


Figure 3.- Profil P₂B à El Bour (Ouargla)

Les croûtes gypseuses sont omniprésentes dans les zones de N'Goussa et El-Bour (Ouargla). On peut facilement les repérer surtout avec leur épaisseur importante et leur couleur blanchâtre. Le climat hyperaride de la région de Ouargla, caractérisé à la fois par un très fort ensoleillement et de faibles précipitations a permis la conservation et la non dissolution de ces croûtes gypseuses. Elles sont très dures et formées de gypse microcristallin.

L'origine des croûtes gypseuses est discutée par plusieurs auteurs [4,5,11,12,13,14,15,16] et différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer leur formation.

Les croûtes gypseuses étudiées rappellent celles décrites par WATSON (1985) comme étant des croûtes de surface, ayant comme origine une dégradation des accumulations de sub-surface et une dissolution des cristaux de gypse par les eaux météoriques, puis une conservation dans le sol, jusqu'à ce qu'une évaporation ultérieure précipite les sels solubles [4]. Dans le même contexte, la formation des croûtes gypseuses pédo-génétiques en Australie est expliquée par une dissolution des sédiments gypseux parentaux et puis une précipitation sous forme de microcristaux [5].

Certains auteurs [14,17] par contre attribuent l'origine de ces croûtes à un niveau plus haut des nappes phréatiques. Selon POUGET (1968), depuis le début du Quaternaire, les niveaux statiques des grands appareils artésiens ayant baissé de plusieurs mètres, il n'y a aucune surprise à trouver d'anciennes formations gypseuses de nappe en des lieux maintenant topographiquement surélevés par rapport aux niveaux actuels des nappes [14]. Selon DUTIL (1971), le gypse a été un élément très mobile dans le paysage du Bas-Sahara, malgré une solubilité relativement faible, de tels déplacements impliquent des conditions d'humidité très différentes des conditions actuelles [17]. L'existence de telles conditions

dans la région de Ouargla est rapporté par plusieurs auteurs [18,19,20,21,22]. En outre d'après FEDOROFF et COURTY (1989), dans les conditions climatiques actuelles du Sahara, les eaux sont trop rares pour véhiculer les ions nécessaires à la formation des grandes accumulations gypseuses [2].

Les croûtes gypseuses étudiées montrent une morphologie différente de la croûte gypseuse qui a été étudiée à Sebket Mellala (30 km à l'ouest de Ouargla) par YOUCEF et HAMDI-AÏSSA (2014), et qui montrent des cristaux de gypse bien cristallisés et pure ce qui prouve une formation dans un milieu lagunaire [22]. Cependant, leur épaisseur très importante a nécessité sûrement des quantités importantes d'eau et une nappe d'eau proche de la surface pour véhiculer cette quantité énorme de gypse, puis une évaporation très intense pour permettre la consolidation de ces croûtes gypseuses.

La préservation de ces croûtes gypseuses à la surface du sol indique l'existence d'un climat aride depuis leur formation [23,24].

Tableau I.- Analyses physico-chimiques des profils étudiés

Horizon	Profondeur (cm)	Granulométrie (diamètres en μm)						Calcaire total %	Gypse %	Matière organique %
		<50 μm	Sable fin		Sable grossier					
			50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000			
<i>Profile P₁N</i>										
Ay	0-111	–	–	–	–	–	–	2,19	68,67	0,45
Ck	111-161	7	5,08	35,04	49,20	2,04	1,64	13,9	4,24	0,58
R	>161	1,39	3,13	30,39	64,72	0,35	0,02	0,69	1,92	0,66
<i>Profile P₂B</i>										
Ay	0-141	–	–	–	–	–	–	0,71	58,17	0,77
Ck	141-204	6,25	5,96	51,94	29,67	5,34	0,84	7,68	0,52	0,53
R	>204	1,19	3,31	62,52	28,70	3,85	0,43	0,23	0,37	0,71
<i>Profile P₃B</i>										
Ay	0-145	–	–	–	–	–	–	0,67	73,26	0,58
Ck	145-166	4,35	7,22	51,51	36,30	0,54	0,08	6,08	2,56	0,48
R	>166	2,61	2,18	45,47	49,22	0,51	0,01	1,77	5,56	0,34
<i>Profile P₄B</i>										
Ay	0-24	–	–	–	–	–	–	4,89	60,23	0,9
Ck	24-44	5,96	0,94	29,06	51,80	6,45	5,79	12,26	3,16	0,63
C	44-132	5,08	2,77	63,80	28,19	0,11	0,05	3,75	5,92	0,69
R	>132	0,87	2,21	39,78	57,10	0,03	0,01	1,16	0,29	0,45

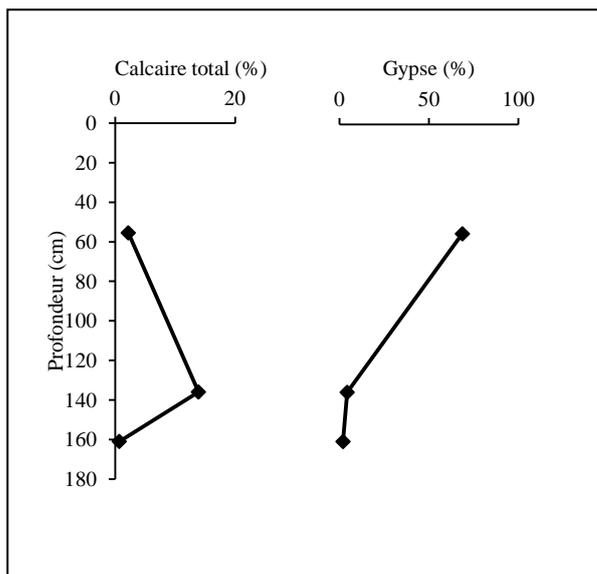


Figure 4.- Profils calcaire et gypseux de la coupe P₁N

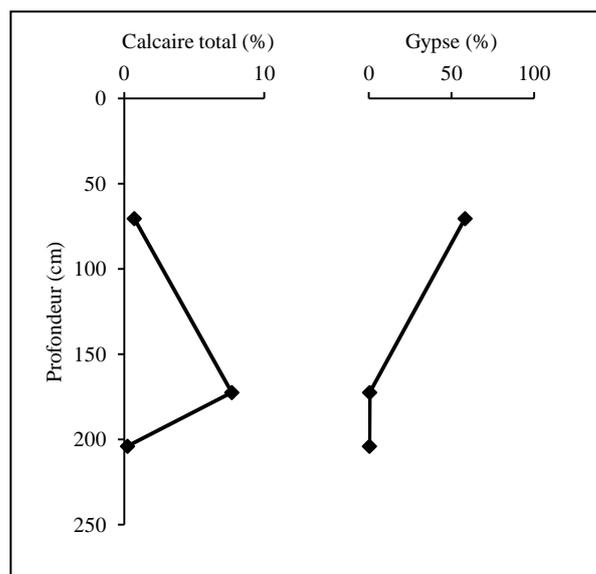


Figure 5.- Profils calcaire et gypseux de la coupe P₂B

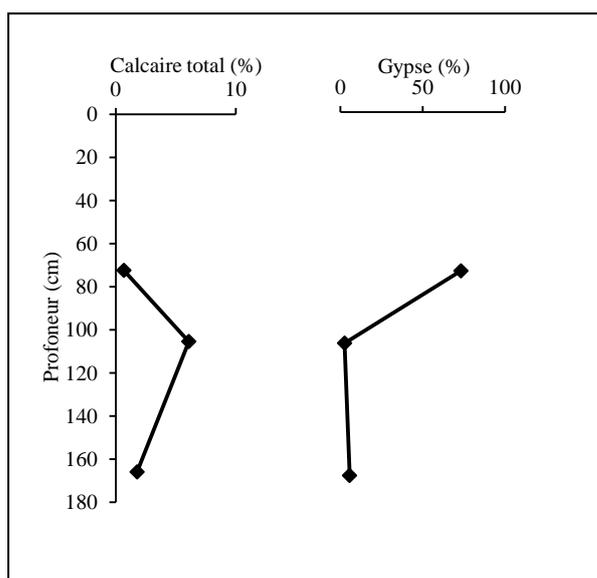


Figure 6.- Profils calcaire et gypseux de la coupe P₃B

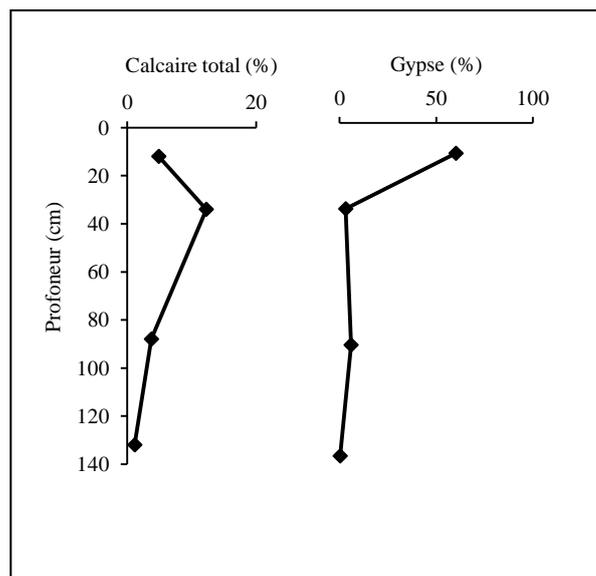


Figure 7.- Profils calcaire et gypseux de la coupe P₄B

Conclusion

L'étude morphologique et analytique de quelques profils de sol à croûte gypseuse de surface réalisée au niveau de la région de Ouargla (N'Goussa et El Bour), a pu montrer que les croûtes gypseuses étudiées ont des épaisseurs importantes, et leur formation a certainement nécessité une grande quantité d'eau et de ce fait des conditions climatiques plus humides que les conditions d'hyperaridité actuelle qui règnent dans la région. L'aridité qui a suivie cette période humide a permis la consolidation et la préservation des

croûtes gypseuses à la surface.

Références bibliographiques

- [1].- Halitim A., 1988.- Les sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- [2].- Fedoroff N., Courty M., A., 1989.- Indicateurs pédologiques d'aridification: exemple du Sahara. Bulletin de la Société Géologique de France, 5: 43-53.
- [3].- Harita A., Benmansour A., Grira M. et Gallili T., 2005.- Impact des eaux d'irrigation sur l'origine des accumulations gypseuses dans les sols de l'oasis Metouia (Tunisie). Etude et gestion des sols, vol. 12: 43- 54.
- [4].- Watson A., 1985.- Structure, chemistry and origins of gypsum crusts in southern Tunisia and the central Namib Desert. Sedimentology, 32: 855-875.
- [5].- Chen X. Y., 1997.- Pedogenic gypcrete formation in arid central Australia. Geoderma, 77: 39-61.
- [6].- Bureau P., Roederer P., 1961.- Contribution à l'étude des sols gypseux de la partie sud du Golfe de Gabès. Bull. AS. fr. Et. Sol, (NS): 150-176.
- [7].- Hamdi-Aïssa B., Girard M. C., 2000.- Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse, 3: 179-188.
- [8].- Baize D., Jabiol B., 1995.- Guide de description des sols. AFES-INRA, Paris, 388 p.
- [9].- Aubert G., 1978.- Méthodes d'analyses des sols. C.R.D.P., Marseille, 191 p.
- [10].- Coutinet S., 1965. Méthodes d'analyses utilisables pour les sols salés, calcaires et gypseux. Agronomie Tropicale, 12: 1242-1253.
- [11].- Coque R., 1962.- La Tunisie présaharienne. Etude géomorphologique. Thèse de doctorat, Faculté des lettres, Paris, 488 p.
- [12].- Durand J. H., 1963.- Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie: formation et âge. Bull. Soc. Géol. Fr., 7: 959-968.
- [13].- Watson A., 1988.- Desert gypsum crusts as palaeoenvironmental indicators: A micropetrographic study of crusts from southern Tunisia and the central Namib Desert. Journal of Arid Environments, 15: 19-42.
- [14].- Pouget M., 1968.- Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le Sud tunisien. Cahier de l'ORSTOM, série Pédologie, 6: 309-365.
- [15].- Toomanian N., Jalalian A., Eghbal M. K., 2001.- Genesis of Gypsum Enriched Soils in Northwest Isfahan, Iran. Geoderma, 99: 199-224.

- [16].- Hashemi S. S., Baghernejad M., Khademi H., 2011.- Micromorphology of Gypsum Crystals in Southern Iranian Soils under Different Moisture Regimes. *Journal of Agriculture Science Technology*, 13: 273-288.
- [17].- Dutil P., 1971.- Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 346 p.
- [18].- Gibert E., 1989.- Géochimie et paléohydrologie des bassins lacustres du Nord-Ouest saharien. Programme Palhydraf, site2. Thèse de doctorat, Université Paris XI, Orsay, 210 p.
- [19].- Hamdi-Aïssa B., 2001.- Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris Grignon, 307 p.
- [20].- Youcef F., 2006.- Indicateurs paléo-écologiques dans les sols des basins endoréiques (Sebkha et Daya) du Sahara septentrional. Exemple des Sebkhas de Ouargla et Mellala et de la Daya d'El- Amied. Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 83 p.
- [21].- Soulié-Märsche I., 2008.- Charophytes, indicators for low salinity phases in North African sebkhet. *Journal of African Earth Sciences*, 51: 69-76.
- [22].- Youcef F., Hamdi-Aïssa B., 2014.- Paleoenvironmental reconstruction from palaeolake sediments in the area of Ouargla (Northern Sahara of Algeria), *Arid Land Research and Management*, 28: 129-146.
- [23].- Fedoroff N., Courty M. A. Paléosols. In: Miskovsky J. C., eds. *Géologie de la préhistoire*. Paris: Géopré, 1987: 251-280.
- [24].- Aref M. A. M., 2003.- Classification and depositional environments of Quaternary pedogenic gypsum crusts (gypcrete) from east of the Fayum Depression, Egypt. *Sedimentary Geology*, 155: 87-108.