

PAYSAGES ET SOLS DANS LA VALLEE D'OUED RIGH, SAHARA NORD ORIENTAL, ALGERIE

BELKACEM BOUMARAF¹, RABAH BENSAID², ALAIN MARRE³

⁽¹⁾université de Biskra., BP 145 RP 07000Algérie

⁽²⁾Université 20aoute 1955 Skikda, BP 26, route el Hadaiek.Skikda21000,Algérie.

⁽³⁾Université de Reims champagne Ardenne ,42bd des phéniciens 51100 REIMS France
boumaraf.belkacem@yahoo.fr; sols.alg21@yahoo.fr.marre.alain51@orange.fr

RÉSUMÉ

Notre région d'étude se situe dans le Sahara nord oriental de l'Algérie, dans la vallée d'OUED Righ. De part sa position géographique à la porte du désert et son niveau d'altitude de - 25 à -50 m par rapport au niveau de la mer, elle reste un terrain peu exploité d'un point de vue étude de la dynamique des paysages et des sols. La présente contribution est une première approche cartographique. Celle-ci s'appuie sur la confirmation méthodologique et le modèle développé par l'équipe laboratoire de géologie de l'Université de Reims (France). Les stations de terrain retenues sont définies sur la base d'une séquence bien établie, permettant de mettre en évidence les grandes lignes spatiales de l'évolution pédologique. Les analyses physico-chimiques des différents niveaux géomorphologiques du sol combinées aux traitements minéralogiques exécutés au diffractomètre à rayon X montrent que la répartition spatiale des traits pédogénétiques est significativement corrélée à leurs positions sur les unités géomorphologiques.

MOTS CLES : Sahara, Géomorphologie, Mineralogie, Salinite, Gypse, Chott.

ABSTRACT

Our study area is located in the Northern Sahara east of the Algeria, in the Valley of OUED Righ. Share its geographic position at the gateway to the desert and its altitude level from - 25 to -50 m from the sea level, it remains a field little operated on the study of the dynamics of the landscapes and soils. This contribution is a first mapping approach. It is based on the methodological confirmation and the model developed by the laboratory of geology of the University of Reims (France) team. Selected ground stations are defined on the basis of a well-established sequence, to highlight the spatial outline of soil evolution. Physico-chemical analyses of the different geomorphological levels of soil combined with mineralogical treatments performed in the x-ray diffractometer show that the spatial distribution of pedogenic features was significantly correlated to their positions on the geomorphic units.

KEY WORDS : Sahara, geomorphology, mineralogy, salinity, gypsum, Chott.

1 INTRODUCTION

Il est pour nous essentiel de rappeler que la caractérisation génétique des sols dans un contexte saharien amène le pédologue à une connaissance systématique du cadre géomorphologique dans lequel ces sols s'inscrivent, il est aussi établi maintenant qu'on ne peut expliquer isolément, en fonction des seules migrations verticales de la matière minérale, de leur interdépendance avec ceux qui les entourent surtout que la notion de topo-séquence résulte de cette considération basée sur la seule différenciation topographique et reste insuffisante car elle risque d'aboutir

à une confrontation de sols d'âge différents.

La caractérisation des sols de cette région aride implique, avant tout, la connaissance de la nature de la pédogenèse qui les a engendrés et des conditions pédo-climatiques qui président à leur fonctionnement actuel. Une analyse pédologique complète doit prendre en compte l'évolution des sols en fonction de leur environnement et expliquer les interactions existantes entre les processus de pédogenèse et de morphogenèse anciens et actuels.

En matière de la géomorphologie dans le Sahara algérien, les études menées sont anciennes et descriptives (DESPOIS,

1964, DESPOIS ET R. RAYNAL, 1967, CONRADE, (1969) et dépourvu de cartes géomorphologiques précises. Les approches les plus récentes (BALLAIS 1981, BENAZZOUZ, 2000) se limitent à la bordure nord vers les formations atlasiques présahariennes et ces régions restent mal définies.

C'est grâce à des relevés géomorphologiques, à des fosses pédologiques, à des analyses physico-chimiques et minéralogiques que pour la première fois dans des régions sahariennes nous avons réalisé une carte géomorpho-pédologique. Celle-ci inclut la répartition spatiale des processus pédogénétiques dans la vallée de L'OUED RIGHA pu être mise en évidence



Figure 1: La localisation géographique de la vallée de L'Oued Righ (Ballais, 2010)

2 GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIE DE LA VALLÉE DE L'OUED RIGH

La vallée de OUED RIGH se situe au Nord-Est du Sahara Algérien, le long du grand Erg oriental et au sud du massif de l'Aurès (carte : 3). Elle se présente comme une sorte de gouttière très aplatie de 15 à 30 Km de large et s'étend sur 150 Km, sur un axe Sud-Nord entre les latitudes 32° 45' - 34° 30' et les longitudes 5° 45' et 6° 15' Est. Elle est incluse dans un ensemble appelé Bas Sahara. Il s'agit d'une cuvette

vaste de plus de 400.000 Km² qui se relève lentement vers 200-300 m d'altitude sur les plateaux faiblement inclinés du M'ZAB à l'ouest, de TADEMAIT et de la HAMADA de TINGHERT au sud et du DAHAR tunisien à l'est. Au nord, les Chaînes des AURES et des NEMENCHAS dominent cette cuvette. C'est une auréole crétacée qui constitue les plateaux qui ceinturent la dépression centrale. Les formations tertiaires et quaternaires occupent la partie centrale. (GOUSKOV, 1964)

3 CLIMAT DE LA VALLÉE DE L'OUED RIGH

La période sèche s'étend sur toute l'année. La moyenne annuelle des précipitations est de 66.44 mm (période 2003-2012). Les mois les plus secs restent juin, juillet et août avec une moyenne de 1 mm de pluie. Le mois le plus humide est janvier avec un maximum de 17.23 mm. La température moyenne annuelle est de 22.37°C avec les températures les plus élevées durant le mois de juillet avec une moyenne de 34.33°C. Les températures les plus basses sont enregistrées pendant le mois de janvier (10.79°C en moyenne). Durant la période allant d'avril à juillet, les vents du sirocco soufflent très fort. (ONMT, 2012)

4 MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.1 La cartographie géomorphologique :

4.1.1 Les méthodes de prospection de terrain

Après une reconnaissance générale de la vallée de L'Oued Righ, exécutée grâce aux documents de base, cartographiques, géologiques (Castany, 1952) et images satellites (Modèle altimétrique numérique (MNT)). C'est dans sa partie nord que nous avons concentré les prospections de terrain, car elle offrait depuis le plateau de Still jusqu'au fond du Chott Mérouane de nombreuses formes de terrain qui laissent envisager une répartition de types de sols variés et nombreux.

4.1.2 La cartographie géomorphologique.

L'étude géomorphologique est fondée sur un relevé cartographique méthodique (GUEREMY ET MARRE, 1996, MARRE, 2007). Il a permis de montrer l'existence de cinq niveaux géomorphologiques étagés avec le fond du Chott Mérouane et quatre glacis (Fig. 2).

4.2 Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des sols

Le prélèvement des échantillons de sols est effectué selon les niveaux géomorphologiques. De l'aval vers l'amont nous avons respectivement quatre niveaux 1, 2, 3, et 4 (fig. 2) le niveau zéro n'a pas pu être pris en considération ; il coïncide avec le niveau des grands chotts et la présence quasi permanente de la nappe salée.

Pour chaque niveau étudié, près de 24 sondages sont effectués, et au moins trois profils pédologiques

représentatifs ont été analysés. Chaque niveau étudié, est représenté par son profil pédologique type, avec en tout, quatre profils représentatifs décrits et analysés. (Fig. 2 et 6). Les analyses du sol sont portés sur le taux d'argile, le calcaire total, le pH (1/2.5), la conductivité électrique (CE 1/5), la CEC, le gypse et enfin des analyses et les traitements minéralogique qui furent exécutés au diffractomètre à rayon X au laboratoire de géologie de l'Université de REIMS (FRANCE)

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans un premier temps, nous présentons les résultats des relevés géomorphologiques par niveau, et en second lieu nous analysons les résultats des données physico-chimiques et minéralogiques:

5.1 Les relevés géomorphologiques

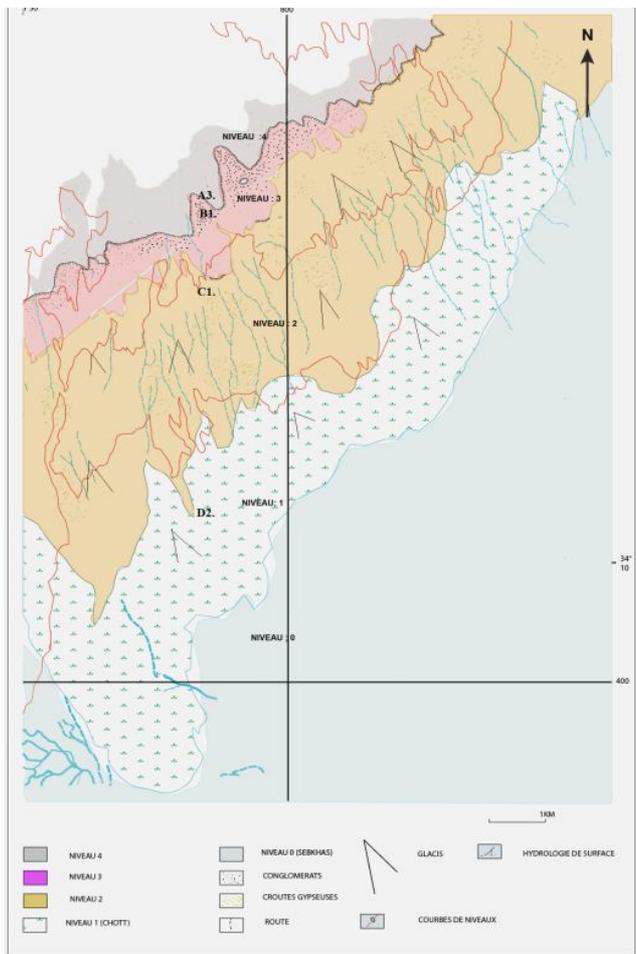


Figure 2: Carte géomorphologique de la zone d'étude avec localisation des profils

5.1.1 Niveau 0

Ce niveau correspond à la cuvette actuelle de décantation

avec des sols pseudogley. Recouvert de salant blanc caractéristique, (le grand chott) avec une absence quasi absolue de la végétation. Il offre une topographie remarquablement plane. (altitude de -10 à -35m) Caractérisée par un tapis de cristaux salins blanchâtre, de types différents, (sulfatés et chlorurés). A certains endroits, en surface, devient par sa consistance une croûte visqueuse et craquante (BRIERE, 2000)

5.1.2 Niveau 1

Perceptible par un passage vers un seuil plus haut, avec une transition parfois peu évidente, une concavité extrêmement courte, et où la densité des plantes halophytes deviennent plus nombreuses. Implantés dans des limons saturés par les sels, et qui marque le passage au chott. Il est caractérisé par des sols limono-sableux à argileux. C'est la frange des grandes chotts.

5.1.3 Niveau 2

Ce niveau apparaît quelques mètres en retrait avec le précédent. Il se présente comme un immense glacis, à pente très faible. Il se caractérise par des sols à accumulation gypseuses, se distingue par des croûtes et encroûtement gypseuses à des profondeurs variables. Envahis par les nebkas qui trouvent là des conditions favorables à leur formation, (la proximité de la nappe phréatique) et confère au paysage général un aspect bosselé. La surface de ce niveau a une superficie plus importante que celle des niveaux limitrophes.

5.1.4 Niveau 3

Ce sont des glacis d'épandages définis par des surfaces inclinées. Une pente variable de 5% à 15% vers l'aval, avec une extension spatiale réduite, et très variable par rapport au précédent niveau. Le piémont devient légèrement concave offrant l'aspect d'une formation perchée. Le réseau hydrographique est plus prononcé à l'amont par des ravines profondes de 20 à 40cm, et vers l'aval de rares rigoles. En surface, on y observe de façon très régulière, d'épaisses croûtes gypseuses, vraisemblablement d'époque villafranchienne développée sur des matériaux miopliocène (Ballais, 2010)

5.1.5 Niveau 4

Ce niveau est représenté par un immense glacis, dominant la partie septentrionale de la vallée par un abrupt de plusieurs dizaines de mètres. Ces formations présentent en haut des croûtes à pellicules rubanées (figure 4 et 5) constituées d'amas friables et des nodules collés à une couche plus dure gypso-calcaire. A sa base un substrat consolidé marneux. Les croûtes et encroûtement, à structure vitreuse épousent la topographie. On observe en surface des débris en brèches de dimensions variables. Recouvert par un voile sableux et d'une lâche couverture végétale composée de

xérophytes atteignant rarement les 50cm. Ce niveau porte quelques traces d'écoulement réduites à des ravineaux de quelques dizaines de centimètres

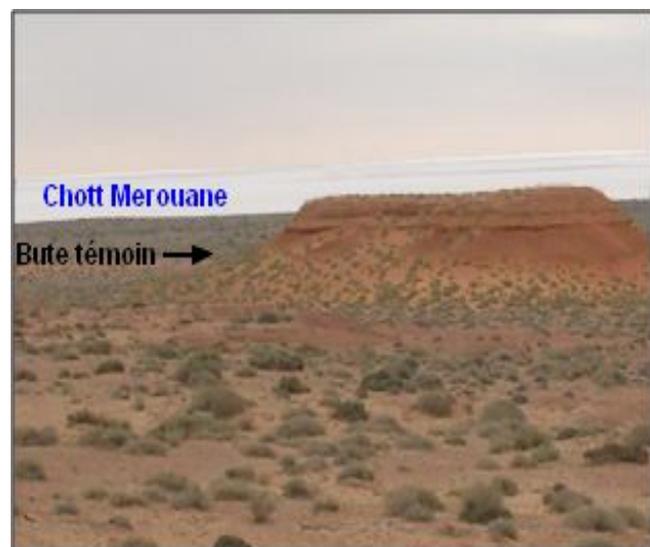


Figure 3: Butte témoin isolée dans le niveau 3.

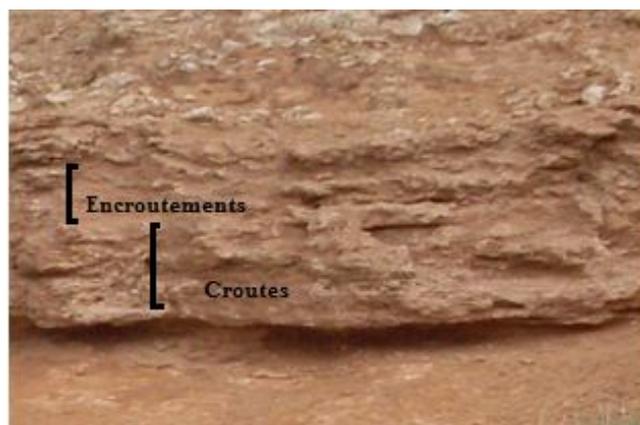


Figure 4: Morphologie feuilletés des croûtes et encroutements du niveau 4

5.2 Analyse des résultats physico-chimique et minéralogiques

Recouverte par un voile de sable éolien, la texture générale des sols étudiés est quasi uniforme en surface (exception faite pour la frange du chott recouverte par une végétation halophyte très dense). Par contre pour les horizons sub-surface, la texture devient plus fines vers l'avale (niveau 1 et 2). La transition entre les horizons plus nette. La solution du sols est quasi dominé par le sodium, et offre un pH légèrement alcalin à alcalin, en raison de la proximité de la nappe phréatique très chargée en sels (tableau 1)

Tableau 1: Résultats Analytique De L'eau De La Nappe Phréatique

Prof (cm)	CE dS/C m	PH	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Σ ⁻	Σ ⁺	Σ ⁻ / Σ ⁺	ES (g/l)	SAR	Cl / So ₄
>65	49.8	8.1	616.2	136.4	6.8	456.43	31.2	108.56	192.6	759.4	788.79	1.03	38.22	37.2	4.51

Les profils salins varient d'un niveau à l'autre et parfois dans un même niveau (cas du niveau 2), elle est orienté avec un maximum de salinité vers le haut du profil (hyper-épipedonique) comme c'est le cas du profil D2 du niveau 1 et du profil A3 du niveau 4, et pour le niveau 3, la conductivité électrique est plus importante que dans les horizons souterrains. Cette variation indique pour nous que la salinité est ascendante sous l'effet de l'aspiration climatique à partir de la nappe phréatique ou suite à une accumulation en surface de grains de sels éolisable à partir des grands chotts

L'effet de la nappe phréatique chargée en sels est surtout manifesté dans les niveaux 1 et 2 par des diverses formes d'accumulations gypseuses, par contre pour les niveaux 3 et 4 elles sont exclusivement d'origine éolienne. Dans le niveau 2, le profil salin offre des variations constatées dans les sondages et profils (hyper, méso et hypo-épipedonique). Malgré la proximité de la nappe, cette variation est due à la présence d'une croûte gypseuse qui entrave la remonté des sels vers la surface (Fig. 5 et 6)

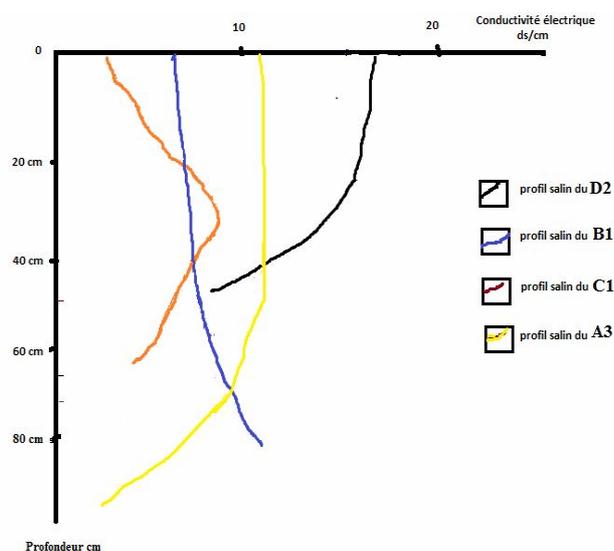


Figure 5: les profils salin

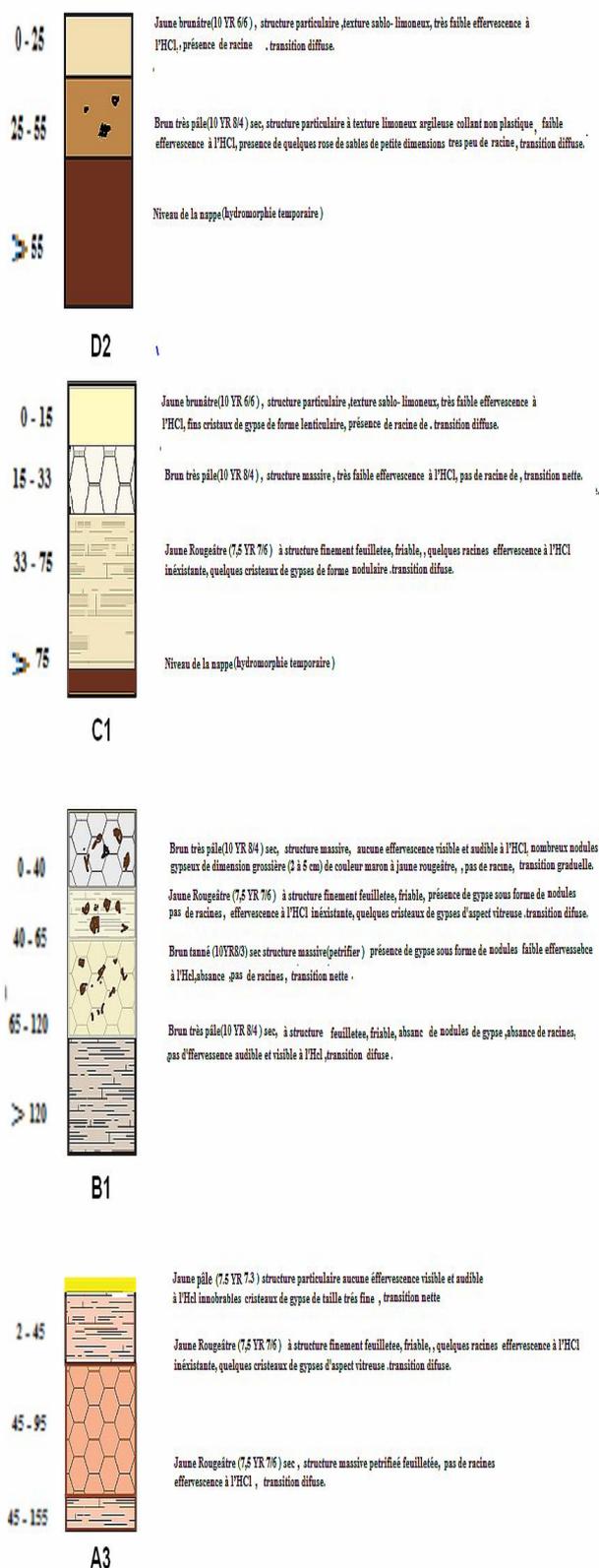


Figure 6: Description des profils

Les sols des glacis 3 et 4 sont peu profonds avec des couvertures conglomératiques grossières .Ils présentent des contraintes édaphiques contrariante pour une mise en valeur, suite à la présence d'une croute gypseuse presque continue en surface, ou en profondeur. Pour les niveaux 2 et 1 Leur composition texturale est sablo-gypseuses au départ, (niveau 2) et qui devient plus fine en aval. Le niveau 2 occupe une superficie plus importante. On distingue plus de traces de ravinements en amont du niveau 2, avec un fond comblé par des sables grossiers comportant une proportion élevée de gravillons.

Des formes d'accumulations gypseuses se distinguent dans le niveau 2 micro et macroscopiques (poudreuse, lenticulaire, aciculaires, roses de sables.) (Figure 7) Le calcaire total reste significativement faible sur quasiment tous les niveaux (excepté le niveau 4), ainsi que la capacité d'échange cationique (tableau 2).

Sur le plan minéralogique le gypse et le quartz restent les minéraux les plus observés dans les cortèges minéralogiques sur tous les glacis. Cependant, nous constatons, dans le niveau 1 que le gypse est plus présent dans les horizons profonds que ceux de surface. Cela est dû à la concentration ionique élevée qui favorise sa solubilisation (Benette Et Al, 1972 , Watson, 1985). Les minéraux secondaires (kaolinite, illite, smectite et attapulgite) présentent quelques variances de distribution verticales et latérales dans les niveaux 1 et 2. Ainsi l'attapulgite, absente dans l'horizon de surface du niveau 1 et dans l'horizon pétrogypsiq du niveau 2. La quasi absence de la smectite dans le niveau 1. La chlorite dans le niveau 2 présente des pics plus intenses à cause de la concentration ionique élevée dans les sols. Et enfin, les illites sont présentes sur tous les diffractogrammes de ces niveaux.

Pour les niveaux 3 et 4, nous décelons la présence des minéraux secondaires sur les deux glacis, avec la présence de l'attapulgite uniquement dans les profils situés aux bordures des deux niveaux. Cette correspondance entre les cortèges des deux niveaux appuie l'idée de l'origine détritque des minéraux argileux du niveau 3.

Les résultats des analyses minéralogiques montrent que les minéraux identifiés sont issus d'un héritage .Cependant on doit faire une distinction entre l'amont et l'aval de la vallée de L'Oued Righ. En aval, le contexte climatique saharien actuel accuse un déficit pluviométrique important, et n'offre pas les conditions favorables à l'éventuelle réorganisation des minéraux silicatés initialement dégradés en amont. Seul le vent est l'agent de mobilisation des particules capable de créer une distribution spatiale des minéraux secondaires au-delà des limites du bas Sahara (Boulain, 1954, Coque, 1962, Coudé-Gaussen, 1987)

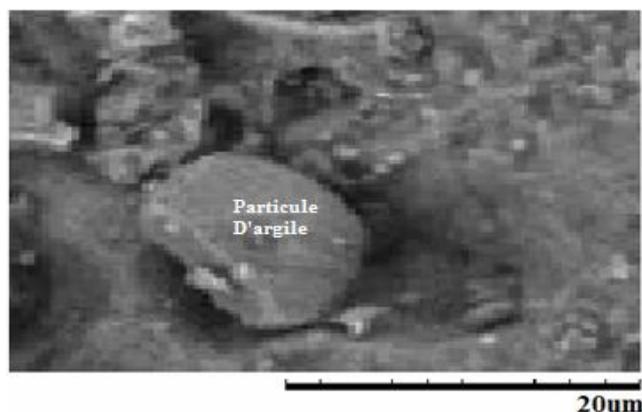


Figure 7: cristaux de sels et du gypse dans les sables de surface

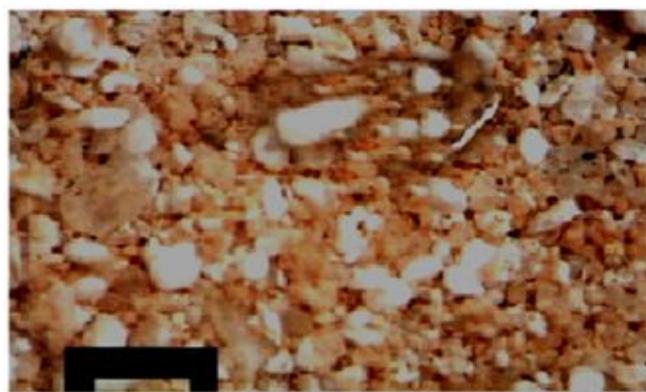


Figure 8 : agrandissement de la surface d'un grain de sable où on peut voir des rugosités qui abritent des particules d'argiles

En aval, les fluctuations saisonnières du niveau de la nappe phréatique permettent aux minéraux silicatés de trouver des milieux riches en ions basiques qui offrent des conditions de conservation voire même de transformation par aggradation de leurs réseaux cristallins (cas des illites et des chlorites). Reste toutefois que le gypse identifié sur tous les niveaux détruit lors de sa précipitation certains minéraux par la force de pression qu'il exerce. HALITIM (1988) a montré que le gypse envahit, détruit et bloque l'évolution des accumulations calcaires car la pression de cristallisation du gypse (1100 km/cm^2) détruit les agrégats carbonatés. ROBERT ET AL. 1987, font le même constat pour le quartz et d'autres minéraux secondaires. (figure 9)

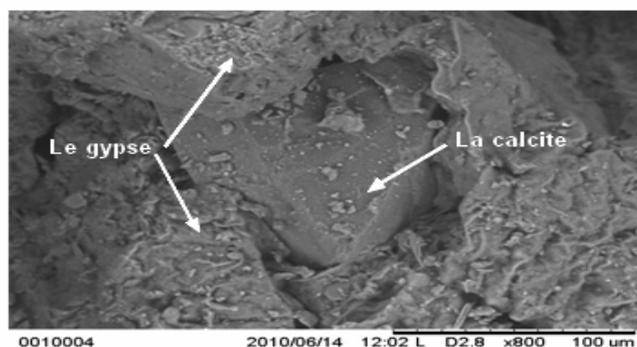


Figure 9: la calcite agglutinée par le gypse

Nous constatons aussi, que le cortège minéralogique des croûtes et encroûtements dans les niveaux 1 et 2 (exceptée l'attapulgite) sont relativement le même pour les horizons situés en dessous. Ce qui explique que cette consolidation est postérieure à la formation de ces glaciés.

6 CONCLUSION

A partir des éléments recueillies à travers les études géomorphologiques et pédologiques, les traits génétiques caractéristiques des sols dans notre zone d'étude sont répartis sur deux territoires distincts. Le premier n'est pas soumis à l'influence actuelle de la nappe phréatique. Le second, situé au contrebas du premier vers la sebkha est ou au contraire sous l'influence continue de cette nappe et de ces accumulations salines qu'elle engendre cette nappe (Fig. 4)

Ses effets sont accentués par l'absence d'un couvert végétal en particulier au niveau des sebkhas où l'entraînement des particules salines éolisables provoque une salinisation secondaire sur les surfaces étudiées et même au delà. Ainsi s'explique la présence de croûtes gypseuses sur les niveaux supérieurs là où l'effet actuel de la nappe phréatique est inexistant. Les résultats minéralogiques nous révèlent que la distribution des minéraux argileux dans notre paysage obéit surtout à un mode de distribution géré par le vent pour les niveaux supérieurs (3 et 4). La part de l'héritage des minéraux phylliteux et quasi exclusive à l'exception de l'attapulgite, minérale fibreuse décelée dans le profil A3, pourrait être issue (paquet, 1969) d'une néoformation. Cependant dans tous les niveaux, les apports latéraux des sulfates à partir de la dépression fermée ont contribué à la néoformation du gypse, à sa pétrification et son épaissement (surtout dans les niveaux 3 et 4). En occurrence, pour le niveau 1 et 2, sous l'influence de la nappe phréatique, et où la richesse ionique de la solution du sol contribue à la transformation par aggradation de certains minéraux silicatés. Ce processus est inédite dans ces régions sahariennes (le cas de la chlorite dont l'amplitudes des pics prennent des valeurs importantes dans le niveau 2 par rapport à celles relevées dans les niveaux 3 et 4), ou même à leur éventuelle néoformation. Pour le gypse néoformé reste le plus distingué dans le cortège, il se développe au détriment des autres minéraux secondaires. Toutefois les résultats diffractométriques nous révèlent que la consolidation des croûtes et encroûtements dans le niveau 2 est postérieure à la formation de ce glacié

Lors de ce travail nous avons constaté l'inexistence de telles approches pour ces régions et les défaillances qui en découlent. Les études pédologiques menées auparavant dans les régions sahariennes (DURAND, 1958, FOURNET, 1969, DUTIL, 1971) restent limitées dans l'espace pour interpréter les processus pédogénétiques dans un cadre spatiotemporel comme c'est le cas pour certains types de sols tels que les paléosols. Nous disposons actuellement dans ces régions que des esquisses géomorphologiques qui offrent de nombreuses données praticables. Ces études permettraient de

passer de la simple carte des sols pédologiques à une carte morphopédologique plus détaillée et plus exploitable par d'autres disciplines, car on peut greffer des études cartographiques de nature variées (carte d'aptitude culturale, carte des risques), et expliquer les processus dynamiques de notre paysage comme la désertification.

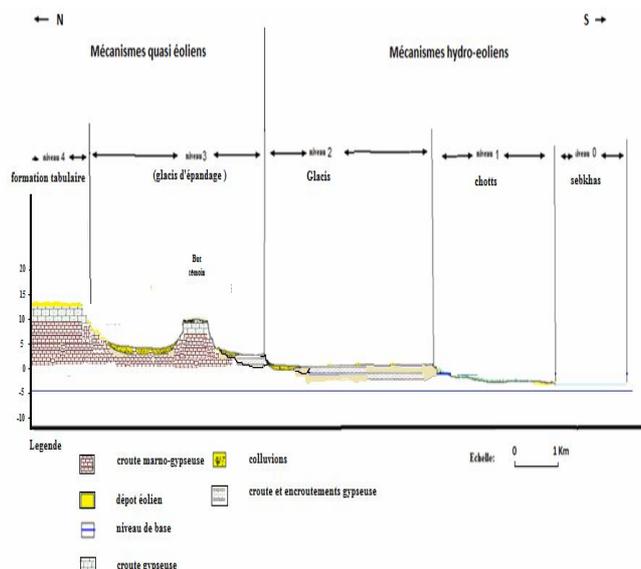


Figure 10: Répartition spatiale des principaux mécanismes pédogénétiques dans la vallée de L'OUED RIGH.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BALLAIS J.L., (1981) : *Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie)*, Thèse Doct. d'Etat, Paris I, 626 p.
- [2] BALLAIS J.L. MARRE A ROGNON P, (1979) : Périodes arides du quaternaire récent et déplacement des sables éoliens dans les Zibans (Algérie). *revue de géologie dynamique et de géographie physique*. vol 21. Fasc. 2. pp 97-108-Paris
- [3] BALLAIS J.L. (2010) : Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara Algérien. *Physio-géo* .vol 4. 2010. p107-127
- [4] BENAZOUZE MT, (2000) : *Morphogénèse éolienne Holocène et actuelle dans l'Atlas saharien oriental (Algérie) : Conséquences sur la désertification*. Thèse de doctorat d'Etat en géomorphologie, Faculté des sciences de la terre de géographie et aménagement du territoire (STGAT), université de Constantine, Algérie, 2000.
- [5] BENNETT, A.C. ADAMS, F. (1972), Solubility and solubility product of gypsum in soil solutions and other aqueous solutions. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 36:288-291
- [6] BOULAIN J., (1954) : La Sebkha de Ben Ziane et sa lunette ou bourrelet, Exemple de complexe morphologique formé par l'érosion éolienne des sols salés. *Revue de Géomorphologie Dynamique*. Ed 5. Pp102-123
- [7] BRIÈRE P.P. (2000) - Playa, Playa lake, Sebkha : proposed definitions for old terms. In *Arid Environment*, 45, pp 1-7.
- [8] CASTANY, (1952) : Carte géologique : feuille Sud 1/500000. Ed Institut géographique national. sous la direction de M Solignac
- [9] CONRAD G., (1969) : *L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara Algérien*. Éditions du CNRS Paris, - 527 pages
- [10] COQUE R. (1962) : *La Tunisie présaharienne, étude géomorphologique*. Ed Colin, Paris. Thèse d'état, 488 p
- [11] CORNET A., (1961) : La géologie de l'OUED RIGH. *Terres et eaux*. Alger. n°37 pp18-24
- [12] Despois J., 1964 : *Les paysages agraires traditionnels du Maghreb et du Sahara septentrional* Ed Armon collin 430page
- [13] COUDE-GAUSSEN G., (1987) : Observation au MEB de fibres de palygorskite transportées en grains par le vent. *Micromorphologie du sol*, 686p, pp199-205
- [14] DESPOIS J, ET RAYNAL R, 1967 : *Géographie de l'Afrique du Nord-Ouest*, Paris, Payot, 1967. - in 8°, 570 p., 43 fig.
- [15] DURAND J., (1949) : Formation de la croûte gypseuse du souf (Sahara). *CR. Société. Géo. Fr*, n°13, pp141-142.
- [16] DURAND J., (1958) : *Les sols irrigables (Etude Pédologique)* Dir. Hyd. et Eco Agr Alger, 190p.
- [17] DUTIL P., (1971) : Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara. Thèse doc. D'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346p
- [18] FOURNET A., (1969) *Etude pédologique de la dorsale tunisienne*. Thèse doctorat université de Paris 175p
- [19] GOUSKOV N., (1964) : *Notice explicative de la carte géologique de Biskra au 1/200000*. Publication de la série géologique. Algérie. 13p
- [20] GUEREMY P. ET MARRE A. (1996) - Une nouvelle méthode de cartographie géomorphologique applicable aux aléas naturels. *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, n° 93-94, Reims, p. 540.
- [21] ONMT. (2012) : *OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE, SYNTHÈSE DE DONNÉES CLIMATIQUES*, Rapport polycopié, 46 pages
- [22] PAQUET J.H. (1969) : *Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées*. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. Ser. Carte géol. Als. Lorr., 30, (1970), 212 p.
- [23] MARRE A., (2007) : Cartographie géomorphologique et cartographie des risques. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 1 ("Géographies"), p. 3-21.
- [24] MRABET S. : (2011) *Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation* thèse de magister université de Ouargla. p162
- [25] RIVIERE A. : (1959) : Sur la représentation graphique

de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e série, T II, pp145-154.

in southern Tunisia and the central Namibian desert. *Sédimentology*, Vol n°32, pp855-875

[26] **Watson.A(1985)**: Structure chemistry of gypsum crust