



HAL
open science

L'origine des limons sableux éoliens des Monts de Matmata (Tunisie)

Jean-Louis Ballais

► **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais. L'origine des limons sableux éoliens des Monts de Matmata (Tunisie). *Etudes de Géographie Physique*, 1996, Travaux 1996, XXV, pp.35-44. hal-01566033

HAL Id: hal-01566033

<https://amu.hal.science/hal-01566033v1>

Submitted on 20 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ISSN 0769-1750

Revue répertoriée dans la base PASCAL de l'INIST

ÉTUDES
DE
GÉOGRAPHIE
PHYSIQUE

TRAVAUX 1996

N° XXV

CAGÉP - URA 903 du CNRS

UNIVERSITÉ de PROVENCE

L'ORIGINE DES LIMONS SABLEUX ÉOLIENS DES MONTS DE MATMATA (TUNISIE)

par J.L. BALLAIS *

RÉSUMÉ : Les limons sableux éoliens de Matmata (Tunisie) sont réputés être des "loess péri désertiques" provenant du Grand Erg Oriental, à l'ouest-sud-ouest. Je me propose de montrer que, au contraire, ces limons sableux proviennent, non du Sahara, mais des steppes et sebkhas du nord. Cela à partir de trois arguments géomorphologiques et trois arguments minéralogiques.

MOTS CLÉS : Limons sableux éoliens, géomorphologie, minéralogie.

ABSTRACT : It is generally assumed that the so-called "peridesertic loess" Matmata aeolian sandy silts, in South Tunisia, came from the Grand Erg Oriental, at the West-South-West. On the contrary, I try to demonstrate that these sandy silts came from the northern steppes and salt playas. I will use geomorphological and mineralogical data.

KEY WORDS : Aeolian sandy silts, geomorphology, mineralogy.

I - INTRODUCTION

Reconnus dès la fin du 19^{ème} siècle (LE MESLE, 1899), les "limons de Matmata" (Fig. 1), localisés vers 33° de latitude Nord, dans le Sud tunisien, ont fait l'objet d'une première étude, il y a un peu plus de vingt ans (V. BALLAND, 1973). Ensuite, des études exhaustives ont été effectuées pendant les années 1980 (G. COUDÉ-GAUSSSEN *et al.*, 1982, 1983, 1984, 1988 ; K. REGAYA, 1983 ; A. MTIMET, 1983 ; G. COUDÉ-GAUSSSEN, 1991). La plupart des travaux ont conclu à l'identification des "limons de Matmata" avec des loess péri-désertiques, loess dont l'origine serait le Grand Erg Oriental, à l'ouest-sud-ouest des dépôts (Fig. 1). Ces dépôts se seraient accumulés principalement pendant le Pléistocène supérieur (G. COUDÉ-GAUSSSEN *et al.*, 1983, 1988 ; A. RAPP et T. NIHLEN, 1992) lors de phases climatiques plus froides que l'Actuel et grâce à un régime de vents dominants d'Ouest (G. COUDÉ-GAUSSSEN *et al.*, 1982). En somme, le schéma proposé est très logique et très comparable à celui accepté généralement pour le dépôt des loess de Chine.

Au moyen d'arguments géomorphologiques et minéralogiques, je me propose de montrer que ces dépôts proviennent, pour l'essentiel, du nord, et non de l'ouest-sud-ouest du Dahar, ce qui remet en cause leur identification en tant que loess péri-désertiques.

II - LES ARGUMENTS GÉOMORPHOLOGIQUES

1. La répartition des "limons de Matmata"

Les "limons de Matmata" recouvrent moins de 600 km², pour l'essentiel sur le revers occidental du Dahar, vaste monoclinale dont les altitudes maxima dépassent légèrement 700 m à l'est (Fig. 1). Vers l'ouest, les limons viennent au contact des sables mobiles de la périphérie du Grand Erg Oriental. Ces limons sableux remplissent des bassins entaillés dans le substratum crétacé, mais forment aussi des placages sur les versants. Dans la partie centrale de la zone d'accumulation, il est parfois difficile de mettre en évidence des différences dans l'épaisseur des dépôts. Cependant les épaisseurs les plus importantes se sont accumulées sur les versants tournés vers le nord ou vers l'est (A. MTIMET, 1983) et elles diminuent très vite quand on s'avance à l'ouest. En s'éloignant de cette zone centrale, la dissymétrie devient systématique : aussi bien au nord qu'au sud, ce sont toujours les versants tournés vers le nord qui portent des dépôts et, le plus souvent, ce sont les seuls. Sur plus de 1 000 km², je n'ai observé que deux exceptions, au sud de Tataouine. Dans cet espace périphérique, les dépôts sur versants tournés vers l'est restent peu épais (quelques décimètres).

* CAGÉP : URA 903 du CNRS, Institut de Géographie de l'Université de Provence, 29 Avenue Robert Schuman, 13621 AIX-EN-PROVENCE cedex 01, FRANCE.

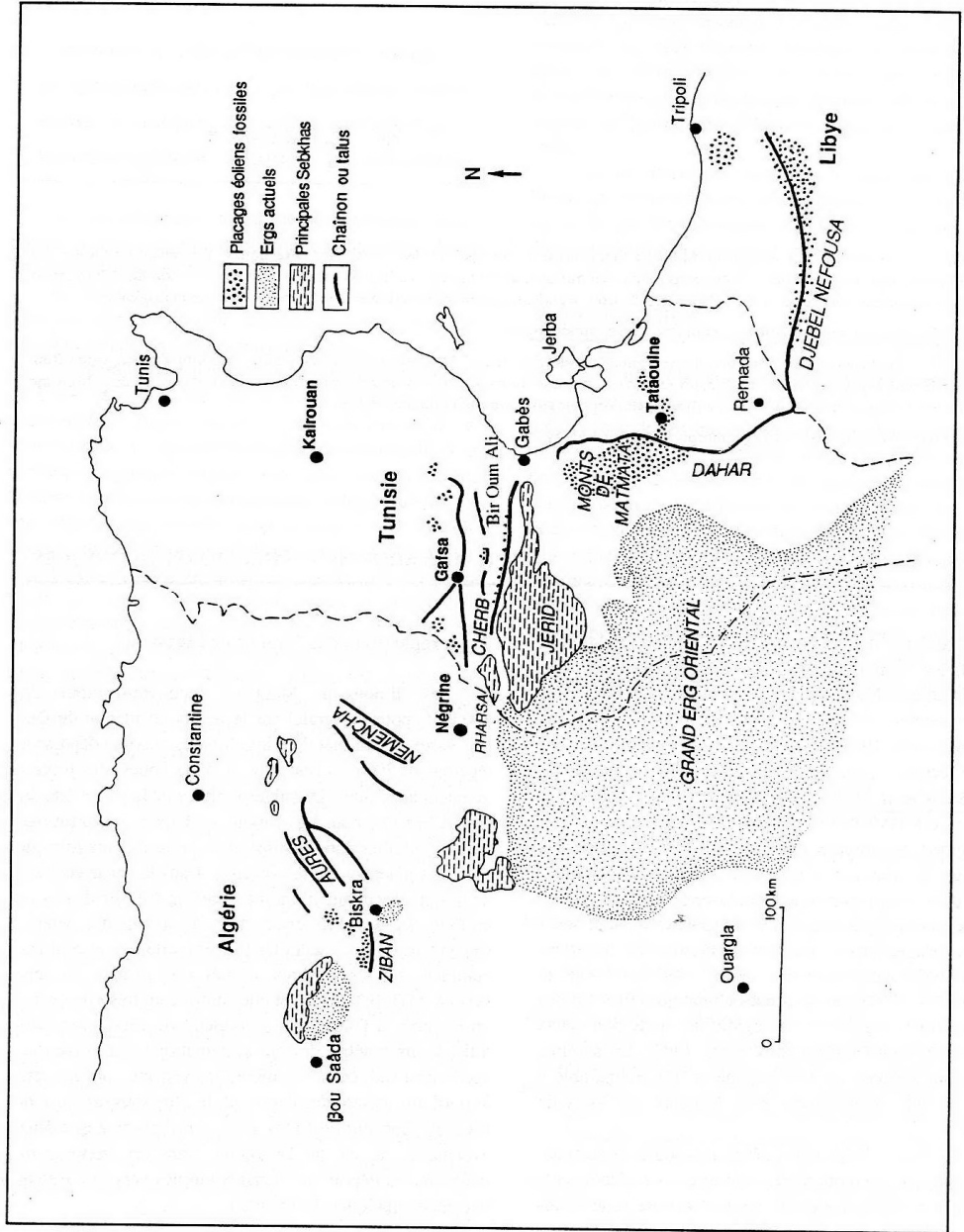


Figure 1 - Localisation des "limons de Matmata".

2. La répartition des dépôts éoliens au Maghreb oriental

Si les "limons de Matmata" ont été les premiers reconnus en Tunisie et s'ils constituent, peut-être, la masse principale des dépôts éoliens fossiles du Maghreb oriental, ils sont très loin de former un ensemble unique, exceptionnel (Fig. 1). En effet, depuis longtemps, des loess ont été identifiés plus à l'est, sur le Djebel Nefousa (C. RATHJENS, 1929), en Libye, dans le prolongement du Dahar. Par ailleurs, vers l'ouest, des dépôts éoliens fossiles ont été reconnus dans les Ziban algériens (J.L. BALLAIS *et al.*, 1979 ; M.T. BENAZZOUC, 1994) et en Tunisie présaharienne, de part et d'autre de Gafsa (J.L. BALLAIS et H. BEN OUEZDOU, 1992).

Sur plus de 400 km, depuis Bou Saâda jusqu'au golfe de Gabès, systématiquement, ces dépôts ont été accumulés sur le versant septentrional des chaînons et collines de l'Atlas saharien. En Libye, les dépôts de loess les plus occidentaux sont accumulés surtout sur le versant des vallées et vallons du Djebel Nefousa tournés vers le nord (J. DESPOIS, 1935). Même dans le cas de la chaîne du Cherb (J.L. BALLAIS et H. BEN OUEZDOU, 1992), aucun dépôt n'a été observé sur le versant méridional, tout proche, pourtant, du Sahara. Si les générations holocènes y sont constituées de sables fins ($98 \mu\text{m} < Q_2 < 174 \mu\text{m}$), par contre, celle de Bir Oum Ali, datée du Pléistocène supérieur, présente une granulométrie ($50 \mu\text{m} < Q_2 < 67 \mu\text{m}$) tout à fait comparable à celle des "limons de Matmata" ($Q_2 = 62 \mu\text{m}$, selon A. MTIMET, 1983), soit un peu au-dessus de la taille typique des loess (R. PFALZ, 1929 ; K. PYE, 1987).

Cette répartition systématique des dépôts éoliens ne peut s'expliquer que par la prédominance de vents efficaces de secteur nord (plutôt NW en Algérie, plutôt NE en Tunisie). Cette interprétation est confirmée par le modèle général de dépôt des poussières éoliennes élaboré par D. GOOSENS (1988) et testé ensuite avec succès en Israël (D. GOOSENS et Z.I. OFFER, 1990). Un test comparable sur le Dahar tunisien, serait aussi très riche d'enseignements.

Il est par ailleurs remarquable que les vents efficaces actuels (Fig. 2), en Tunisie présaharienne et saharienne, sont surtout des vents de secteur N-NE (M. KHAZRI, 1986 ; K. WHITE et N. DRAKE, 1993), compatibles avec les accumulations éoliennes fossiles. Tout juste faut-il envisager, sur le chott Jerid, une composante plus méridienne que celle des vents actuels de Tozeur, dominés par le courant zonal d'est ou d'ouest. La stabilité de la direction des vents est confirmée par l'observation des sables éoliens mobiles actuels qui viennent recouvrir les sables éoliens fossiles aux mêmes lieux, sur les versants septentrionaux.

3. La déflation sur les Grands Chotts (sebkhas) tunisiens

Il a été montré, il y a plus de trente ans (R. COQUE, 1962) que, lors du Pléistocène moyen à supérieur, la déflation a atteint, au maximum, environ 10 m sur le chott Jerid, le plus vaste, et jusqu'à 20 m sur le chott Rharsa, le plus petit, au NW du précédent. Si on considère que cette déflation s'est exercée sur environ $5\,000 \text{ km}^2$, et si on compare le volume ainsi enlevé avec le volume des "limons de Matmata", il apparaît qu'il a suffi que 10 % seulement des produits de déflation aient atteint le Dahar pour fournir tous les limons sableux qui le recouvrent actuellement. Ainsi, les "limons de Matmata" proviendraient de la déflation sur les grandes sebkhas septentrionales, par vent de secteur nord.

III - LES ARGUMENTS MINÉRALOGIQUES

Des analyses minéralogiques publiées à ce jour, il apparaît que les "limons de Matmata" sont caractérisés, en particulier, par la présence de gypse et de glauconie et par l'absence de pyroxènes.

1. La présence de gypse

Très tôt (H.N. LE HOUEROU, 1959), il a été observé que les "loess" des Matmata et du Djebel Nefousa présentent des particules très fines de gypse pulvérulent ou très finement cristallisé, dans une proportion qui pourrait atteindre 5%.

K. REGAYA (1983) a observé, en lames minces, que le gypse occupe les pores et les vides du matériau, ce qui indique une minéralisation tardive. Comme le gypse n'existe pas dans le substratum calcaire du Dahar, il a été apporté par voie aérienne. Même si on ne peut pas totalement éliminer l'hypothèse d'un apport à partir de la déflation sur les sols à croûte gypse-calcaire ou gypseuse, de fait, la source principale ne peut être que les sebkhas. On remarquera (Fig. 3) qu'à l'exclusion de minuscules sebkhas localisées au sud, vers Tataouine, et à l'ouest, vers Ouargla, l'énorme majorité du gypse éolisable se trouve au nord des dépôts de "limons de Matmata". Ce transport de gypse par voie éolienne, depuis les Grands Chotts jusqu'au pied septentrional du Dahar (altitude : 200 m), a été prouvé, pour le Pléistocène moyen, dans la vallée de l'oued Ahmadi (J.L. BALLAIS *et al.*, 1988). Actuellement, la surface du chott Fejaj (prolongement oriental du chott Jerid) est toujours une source majeure de poussières gypseuses (K. WHITE et N. DRAKE, 1993).

Dans ma perspective, l'arrivée tardive du gypse sur le Dahar indique que, après avoir enlevé l'essentiel des

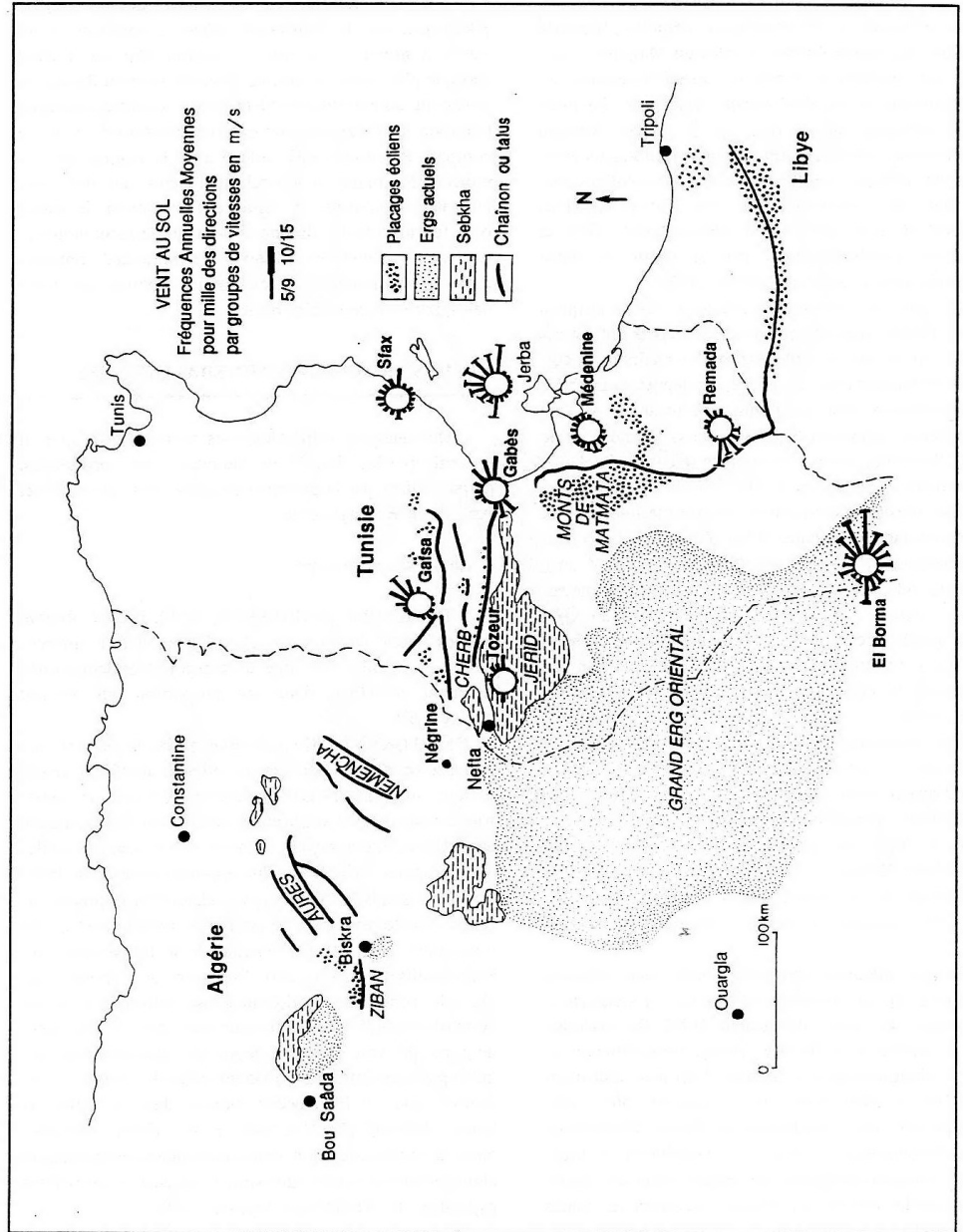


Figure 2 - Vents au sol dans le Sud tunisien (d'après M. KHAZRI, 1986).

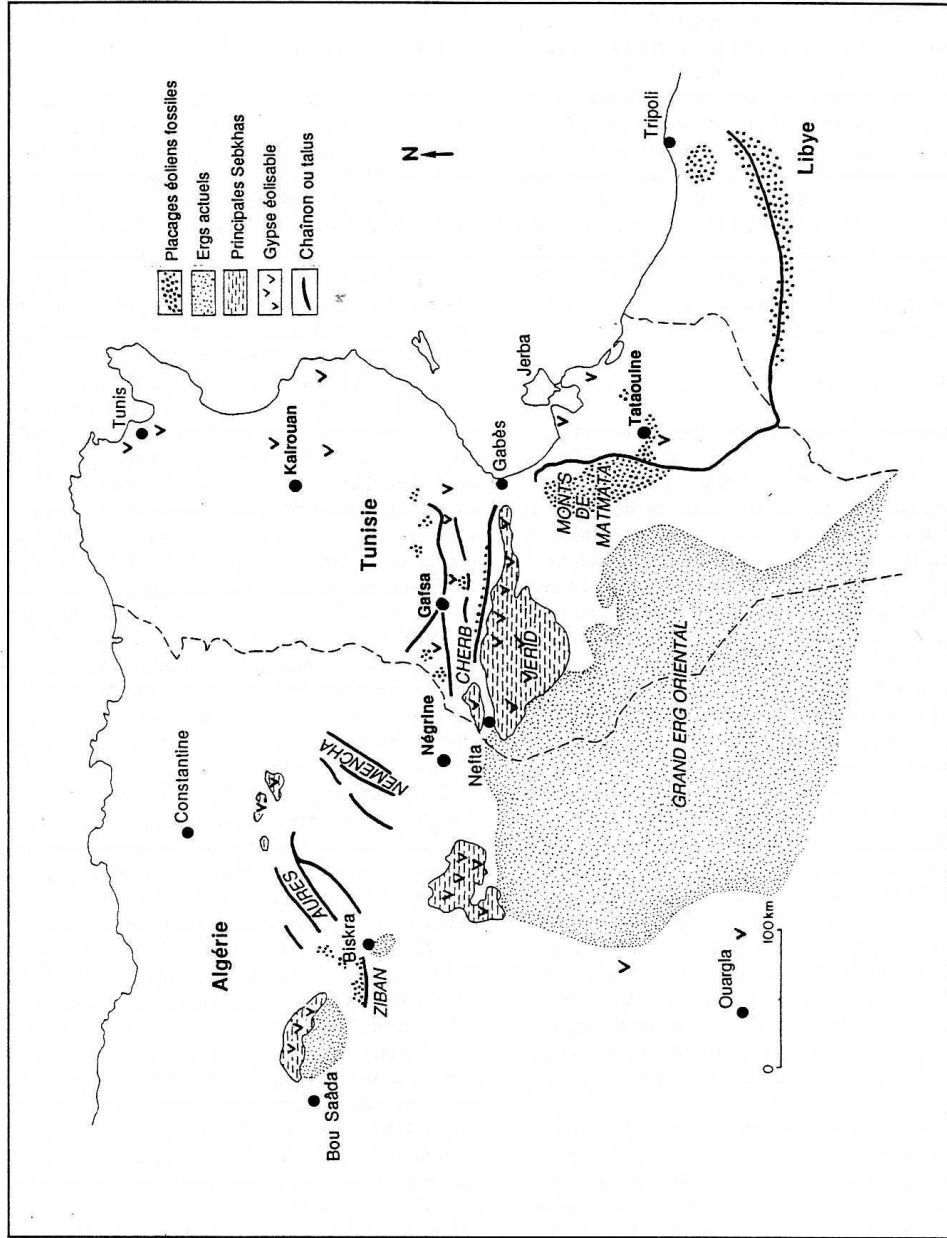


Figure 3 - Origine possible du gypse des "limons de Matmata".

dépôts de la deuxième phase lacustre des Grands Chotts (R. COQUE, 1962), la déflation éolienne a atteint la nappe artésienne en cours d'abaissement, déclenchant ainsi la dynamique de sebkha. La floculation des argiles a permis la formation de pseudo-sables gypseux dont le transport par roulage et saltation éoliens a libéré, lors des chocs mécaniques, des poussières gypseuses. Ces poussières étaient assez denses, à l'ouest, pour s'agglomérer en croûtes (J.L. BALLAIS *et al.*, 1988), alors que plus à l'est, sur le Dahar, plus éloigné et plus humide ($P = 239$ mm/an à Matmata, contre $P = 175$ mm/an à Gabès), elles sont restées diffuses. A. MTIMET (1983) envisage aussi une origine possible des "limons de Matmata" à partir de régions salées, certains niveaux présentant une salure très élevée. Une autre explication de la minéralisation tardive du gypse serait sa relative solubilité, sa reprise par l'eau et sa précipitation dans les pores du dépôt.

2. La présence de glauconie

Observée également en lames minces par K. REGAYA (1983), la glauconie représente 3 à 4 % du squelette. L'origine la plus probable de ce minéral qui se forme en milieu marin, est constituée par les sédiments du plateau continental du golfe de Gabès, à l'est-nord-est du Dahar (Fig. 4). Malheureusement, dans les recherches sur la Mer Pélagienne publiées par P.F. BUROLLET *et al.* (1979), la glauconie n'a pas été recherchée systématiquement, si bien qu'il n'est pas possible de savoir si ce minéral est présent, et en quelle quantité. La seule information disponible a été fournie par J.J. BLANC et L. BLANC-VERNET (communication personnelle) qui n'ont pas observé de glauconie dans ces sédiments.

L'autre origine possible, en domaine continental cette fois, est constituée surtout par des formations glauconieuses à la base de l'Albien de l'Atlas saharien oriental (P.F. BUROLLET, communication personnelle), formations peu épaisses et dont les affleurements sont réduits (Fig. 4). De la même façon que pour le domaine marin, les analyses minéralogiques des dépôts lacustres des Grands Chotts publiées par R. COQUE (1962), ne se sont pas intéressées à la glauconie. Cependant on ne peut exclure son existence, par remaniement de l'Albien par le ruissellement. La glauconie existe aussi, un peu plus au nord, dans la chaîne de Gafsa et dans les dépôts moustériens du chott el Guettar, au sud-est de Gafsa (M. GRUET, 1958).

Quoi qu'il en soit, les seules sources possibles de glauconie se trouvent au nord et à l'est du Dahar. On pourrait objecter que le Grand Erg Oriental, lui aussi, peut constituer une source de glauconie. Certes, ce minéral n'a jamais été recherché dans les sables du Grand Erg Oriental, du moins à ma connaissance. Mais la fragilité mécanique de la glauconie est bien connue. Si on peut penser qu'elle a résisté à un seul cycle mobilisation-rui-

sellement-déflation, il est difficile d'admettre qu'elle ait pu résister à une nouvelle déflation la transportant du Grand Erg Oriental jusqu'au Dahar, et en si grande proportion.

3. L'absence de pyroxènes

Depuis une cinquantaine d'années, 126 analyses de minéraux lourds ont été effectuées en Algérie orientale et en Tunisie présahariennes et sahariennes (P. BELLAIR, 1953, 1954; R. COQUE, 1962; S.B.M. SASSI, 1969; R. PASSEGA *et al.*, 1979; G. COUDÉ-GAUSSEN *et al.*, 1982; A. SGHARI, 1991; J.L. BALLAIS *et al.*, 1995). Les principaux sites de prélèvement ont été localisés sur la figure 5. L'âge des formations étudiées varie du Miocène à l'Actuel et le milieu de dépôt a pu être marin, littoral ou continental (lacs, sebkhas, terrasses alluviales, dunes...). Cependant, malgré cette diversité, une caractéristique a paru mériter d'être retenue, la présence ou l'absence de pyroxènes (J.L. BALLAIS et V. BALLAND, 1983). En effet, quels que soient l'âge et le milieu de dépôt des sables étudiés, les pyroxènes sont présents au nord d'une ligne Négrine-Gabès et absents au sud, à 6 exceptions près seulement. Comme les "limons de Matmata" sont attribués généralement au Pléistocène supérieur ou au Pléistocène moyen (J.L. BALLAIS *et al.*, 1988), on peut considérer que leur cortège de minéraux lourds actuels résulte d'une évolution du cortège originel, en d'autres termes que l'absence de pyroxènes observée au sud est due à l'altération de ces derniers. Or, si l'altération des pyroxènes reste encore mal connue (P. BIROT, 1981), un certain nombre d'observations et d'expérimentations (P.G.H. BOSWELL, 1941; A. VATAN, 1954; R.A. BERNER *et al.*, 1980; R.A. BERNER et J. SCHOTT, 1982) ont montré que ces minéraux s'altèrent facilement dans des milieux chauds et humides à pH acide. En milieu subtropical sec à pH basique, le comportement des pyroxènes n'est pas connu. Si on revient de plus près à la figure 5, on constate que, en Tunisie, les cortèges de minéraux lourds les plus septentrionaux dépourvus de pyroxènes appartiennent à des dépôts lacustres des Grands Chotts. Plus au nord, à quelques kilomètres seulement, les sables miocènes ont des taux de pyroxènes qui atteignent ou dépassent 30 % (R. PASSEGA *et al.*, 1979), à une exception près. Cette exception est constituée par le chott el Guettar, au sud-est de Gafsa, sebkha dont les dépôts superficiels sont totalement dépourvus de pyroxènes (S.B.M. SASSI, 1969). Dans l'attente de nouvelles expérimentations, il serait évidemment prématuré d'en conclure que les pyroxènes sont altérés dans les sebkhas, même si l'hypothèse paraît séduisante.

Quoi qu'il en soit, toute la Tunisie et l'Algérie au sud de la chaîne du Cherb, appartiennent à la même aire dépourvue de pyroxènes. Cette constatation ne permet pas d'éliminer les sables du Grand Erg Oriental en tant

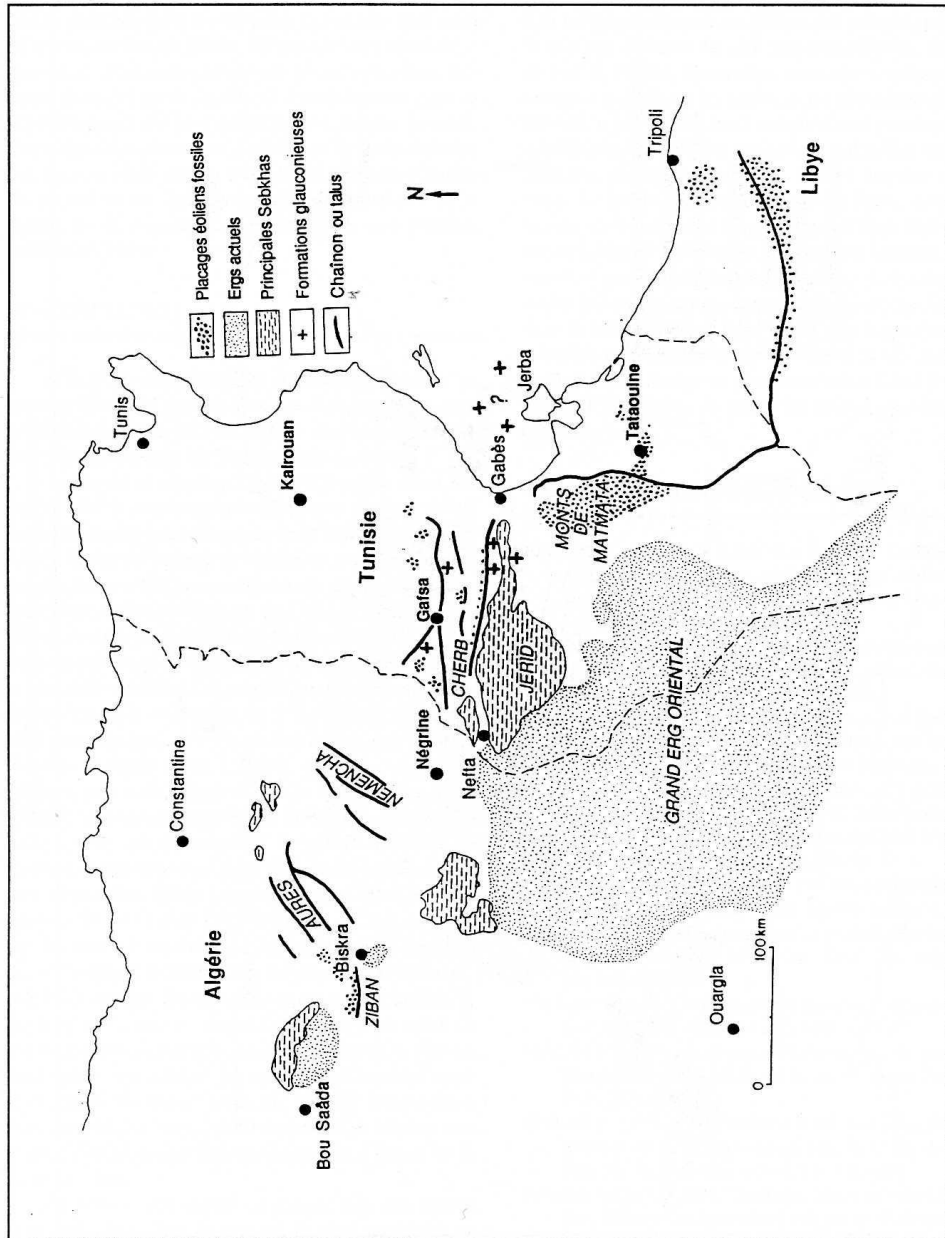


Figure 4 - Origine possible de la glauconie des "jirons de Matmata".

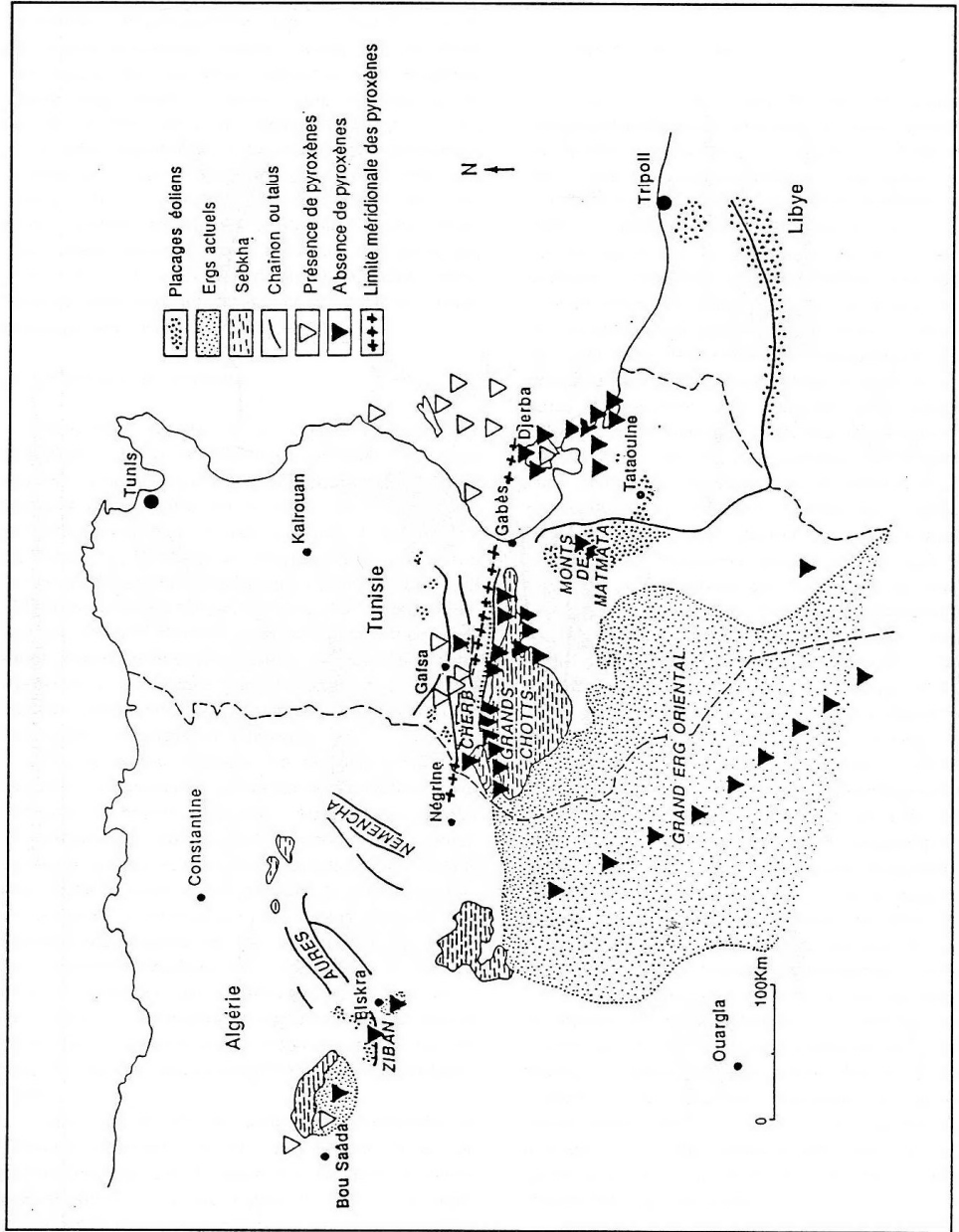


Figure 5 - Répartition des pyroxènes dans le Sud tunisien.

que matériel parental des "limons de Matmata", mais elle ne permet pas non plus d'éliminer les dépôts lacustres des Grands Chotts.

Du point de vue de l'efficacité de la dynamique éolienne, peut-être peut-on supposer l'existence d'un seuil au niveau des Grands Chotts. Au nord, le vent n'aurait fait que remanier les sables locaux sur place, ou à courte distance, alors qu'à partir des Grands Chotts et vers le sud, la déflation aurait été plus efficace, et à longue distance. Cette hypothèse est en bon accord avec la diminution des précipitations (175 mm/an à Gabès, 52,3 mm/an à Remada, au sud-est de Tataouine), de la phytomasse et de la densité de la végétation en direction du sud (H.N. LE HOUEROU, 1959).

IV - CONCLUSION

L'étude géomorphologique et minéralogique des "limons de Matmata" montre donc que l'origine la plus probable de ces dépôts est à rechercher vers le nord, et plus particulièrement dans les Grands Chotts tunisiens.

La remise en cause du schéma élaboré au début des années 1980 a principalement été rendue possible par de nouvelles études minéralogiques fines. Elle est due également à la reconnaissance de nombreux nouveaux dépôts éoliens, certains très comparables à ces dépôts loessiques. Il est ainsi possible de montrer que, loin de former un ensemble unique, exceptionnel, au Maghreb oriental, les "limons de Matmata" s'intègrent, tout au contraire, dans tout un ensemble cohérent. Cet ensemble est lui-même constitué de deux sous-ensembles, de part et d'autre de la barrière orographique des Aurès-Nemencha qui dépasse 2 000 m d'altitude : l'un, à l'ouest, dans les collines des Ziban, le plus petit, long de 90 km, et l'autre, à l'est, de la frontière algéro-tunisienne à l'est de Tripoli, qui dépasse 650 km avec une discontinuité de part et d'autre de la frontière tuniso-libyenne. Il est incontestable que les dépôts, depuis Bou Saâda jusqu'en Libye, Djebel Nefousa compris (H. KALLENBACH, 1972), ont été mis en place par des vents de secteur nord. La constance de direction des vents depuis le Pléistocène moyen est, à la réflexion, tout à fait logique. En effet, les vents sont très influencés par le relief comme le montre la figure 2 et ce relief n'a pas été modifié de manière significative depuis le Pléistocène moyen. Par ailleurs, les vents de secteur nord soufflant depuis des basses pressions vers les Hautes Pressions sahariennes, ils ont donc tendance à se rabattre vers le sol, facilitant les accumulations de sables fins et de limons grossiers.

En somme, ces dépôts loessiques sont péri-désertiques uniquement dans le sens où ils sont accumulés en bordure d'un désert, le Sahara. Ils ne sont pas péri-désertiques dans le sens où ils ne proviennent pas du désert, à la différence des loess de Chine. En fait, sur cette bordure

septentrionale du Sahara, et depuis le Pléistocène moyen au moins, les sables et les poussières, le quartz et le gypse, se déplacent du nord vers le sud, des steppes vers le désert. De ce point de vue, la différence avec le Sahel, à la marge méridionale du Sahara, est radicale, parce que le système de vents est radicalement différent. En effet, au sud du Sahara, l'harmattan, vent efficace dominant, a tendance à déplacer les sables et les poussières du nord-est vers le sud-ouest, c'est à dire du désert vers les steppes sahéliennes. En dernière analyse, le Dahar doit son accumulation de dépôts loessiques à deux facteurs convergents. Le premier est sa longue pente douce descendant vers le nord-nord-ouest et qui oblige les filets d'air à s'élever et à déposer leur charge limoneuse et sableuse. Le second est que l'augmentation importante de l'altitude provoque une augmentation des précipitations, une amélioration du bilan hydrique, ainsi que le développement d'une phytomasse plus abondante (le climax actuel serait une forêt claire de *Juniperus phoenicea* selon H.N. LE HOUEROU, 1959) capable de piéger les limons grossiers et les sables fins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLAIS J.L., MARRE A. et ROGNON P. - 1979. Périodes arides du Quaternaire récent et déplacement des sables éoliens dans les Zibans (Algérie). *Rev. Géol. dyn. et Géogr. phys.*, vol. 21, n° 2, p. 97-108.
- BALLAIS J.L. et BALLAND V. - 1983. Discussion sur l'origine du "loess" pléistocène de Téchine (Sud Tunisien). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 7, t. XXV, n° 4, p. 635-636.
- BALLAIS J.L., BEN OUEZDOU H., GHANMI M. et REGAYA K. - 1988. La coupe de l'oued -Ahmadi (Dahar, sud tunisien) : son intérêt pour la compréhension de l'évolution climatique au Pléistocène moyen. *Méditerranée*, n° 2, p. 52-60.
- BALLAIS J.L. et BEN OUEZDOU H. - 1992. Sables éoliens quaternaires entre les chaînes de Gafsa et du Cherb (Sud Tunisien). *Z. für Géom.*, Suppl.-Bd., p. 89-99.
- BALLAIS J.L., BIEDA S., BUROLLET P.F., FONTUGNE M., PETITMAIRE N. et ROSSO J.C. - 1995. Morphogenèse et géosystèmes au Pléistocène supérieur et à l'Holocène dans l'Extrême-Sud tunisien. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, nouv. sér., vol. 167, p. 25-32.
- BALLAND V. - 1973. Morphogenèse quaternaire dans les Monts de Matmata. *In : Maghreb et Sahara*, p. 45-57.
- BELLAIR P. - 1953. Diagramme minéralogique du Grand Erg Oriental d'El Oued à Ghadamès. *C.-R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 5, p. 99-101.
- BELLAIR P. - 1954. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la bordure méridionale du Golfe de Gabès. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, vol. 7, p. 145-161.
- BENAZZOUC M.T. - 1994. Étude des interactions relief-migrations éoliennes de sable dans la région de M'Doukal (Algérie). *Méditerranée*, n° 3-4, p. 51-58.
- BERNER R.A., SJOBERG E.L., VELBEL M.A. et KROM M.D. - 1980. Dissolution of Pyroxenes and Amphiboles During Weathering. *Science*, vol. 207, p. 1205-1206.

- BERNER R.A. et SCHOTT J. - 1982. Mechanism of pyroxene and amphibole weathering. II - Observations on soil grains. *Am. Journ. Sc.*, vol. 280, p. 1214-1231.
- BIROT P. - 1981. *Les processus d'érosion à la surface des continents*. Édit. Masson, Paris, 605 p.
- BOSWELL P.G.H. - 1941. The stability of Minerals in Sedimentary Rocks. *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. 97, p. 56-75.
- BUROLLET P.F., CLAIREFOND P. et WINNOCK E. (éditeurs) - 1979. La mer Pélagienne. *Géol. Méditer.*, vol. VI, n° 1, 345 p.
- COQUE R. - 1962. *La Tunisie présaharienne. Étude géomorphologique*. Édit. A. Colin, Paris, 426 p.
- COUDÉ-GAUSSIN G. - 1991. *Les poussières sahariennes : cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléoenvironnements désertiques*. Édit. John Libbey, Paris, 485 p.
- COUDÉ-GAUSSIN G., MOSSER C., ROGNON P. et TOURENQ J. - 1982. Une accumulation de loess du Pléistocène supérieur dans le Sud-tunisien : la coupe de Téchine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 7, t. XXIV, n° 2, p. 283-292.
- COUDÉ-GAUSSIN G., OLIVE P. et ROGNON P. - 1983. Datation de dépôts loessiques et variations climatiques à la bordure nord du Sahara algéro-tunisien. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, vol. 24, p. 61.
- COUDÉ-GAUSSIN G., LE COUSTOMER M.N. et ROGNON P. - 1984. Paléosols d'âge Pléistocène supérieur dans les loess des Matmata (Sud Tunisien). *Sc. Géol. Fr.*, vol. 37, n° 4, p. 359-386.
- COUDÉ-GAUSSIN G. et ROGNON P. - 1988. Caractérisation sédimentologique et conditions paléoclimatiques de la mise en place de loess au Nord du Sahara à partir de l'exemple du Sud-tunisien. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér. 8, t. IV, n° 6, p. 1081-1090.
- COUDÉ-GAUSSIN G. et ROGNON P. - 1988. The Upper Pleistocene loess of southern Tunisia : a statement. *Earth Surf. Proc. and Landf.*, vol. 13, p. 137-151.
- DESPOIS J. - 1935. *Le Djebel Nefousa (Tripolitaine). Étude géographique*. Édit. Larose, Paris, 349 p.
- GOOSENS D. - 1988. The effect of surface curvature on the deposition of loess : a physical model. *Catena*, vol. 15, p. 179-194.
- GOOSENS D. et OFFER Z.I. - 1990. A wind-tunnel simulation and field verification of desert dust deposition (Avdat Experimental Station, Negev Desert). *Sedimentology* vol. 37, p. 7-22.
- GRUET M. - 1958. Le gisement d'El Guettar et sa flore. *Libyca*, n° 6-7, p. 79-126.
- KALLENBACH H. - 1972. Petrographie ausgewählter quartärer Lockersedimente und eisenreicher Krusten der libyschen Sahara. *Berlin. Geogr. Abhandl.*, vol. 16, n° III, p. 83-94.
- KHAZRI M. - 1986. Statistique sur le vent dans le Sud tunisien. *Sém. inter. lutte contre désertif.*, Djerba, 9 p.
- LE HOUEROU H.N. - 1959. *Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale*. Institut de Recherches Sahariennes, Alger, 281 + 229 p.
- LE MESLE - 1899. *Journal de voyage d'une exploration scientifique de la Tunisie*.
- MTIMET A. - 1983. *Contribution à l'étude pédologique des limons de Matmata (Sud Tunisien)*. Thèse 3^{ème} cycle, Université de Paris VI, 183 p. + annexes.
- PASSEGA R., PITTI C. et VITTIMBERGA P. - 1979. Granulométries et minéraux lourds. *Géol. Méditer.*, t. VI, n° 1 ("La mer Pélagienne"), p. 116-124.
- PFALZ R. - 1929. Landeskundliche Hauptprobleme Tripolitaniens. *Petermans Mitteilungen*, t. LXXV, p. 5-6.
- PYE K. - 1987. *Aeolian dust and dust deposits*. Édit. Academic Press, London, 334 p.
- RAPP A. et NIHLEN T. - 1992. Desert dust-storms and Loess Deposits in North Africa and South Europe. *Catena*, suppl. 28, p. 43-56.
- RATHJENS C. - 1929. Löss in Tripolitaniens. *Z. Ges. Erdkunde*, n° 5-6, p. 211-228.
- REGAYA K. - 1983. *Étude géologique de la formation des limons de Matmata (Sud Tunisien)*. Thèse 3^{ème} cycle, Université d'Aix-Marseille II, 121 p.
- SASSI S.B.M. - 1969. *Contribution à l'étude de la sebkha Tegdimane et du Chott el Guettar*, Notes du Service Géologique, Tunis, 10 p.
- SGHARI A. - 1991. *Sédimentation et morphogenèse au Néogène-Quaternaire en Tunisie méridionale*, Thèse, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 201 p.
- VATAN A. - 1954. *Pétrographie sédimentaire*. Édit. Institut Français du Pétrole, Paris, 279 p.
- WHITE K. et DRAGEN. - 1993. Mapping the distribution and abundance of gypsum in South-Central Tunisia from Landsat Thematic Mapper data. *Z. für Géom.*, N.F., vol. 37, n° 3, p. 309-325.