



HAL
open science

Sur l'origine des sables limoneux des Monts de Matmata (Sud tunisien)

Jean-Louis Ballais, Viviane Balland

► **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais, Viviane Balland. Sur l'origine des sables limoneux des Monts de Matmata (Sud tunisien). Travaux du CREGEPE, 1983, 3, p. 7-17. hal-01544440

HAL Id: hal-01544440

<https://amu.hal.science/hal-01544440v1>

Submitted on 21 Jun 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.

TRAVAUX
DU CENTRE DE RECHERCHE
EN GÉOGRAPHIE PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

3



UNIVERSITÉ DE CAEN — U.E.R. DES SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'AMÉNAGEMENT RÉGIONAL

Volume 3 - 1983

SUR L'ORIGINE DES SABLES LIMONEUX DES MONTS DE MATMATA (SUD TUNISIEN)

par Jean-Louis BALLAIS et Viviane BALLAND

RESUME

L'étude très précise du cortège des minéraux lourds des sables limoneux des Monts de Matmata, ainsi que celle des vents actuels et pléistocènes, indique que ces dépôts d'origine éolienne proviennent plus sûrement de la déflation sur les Grands Chotts tunisiens que de la migration des sables du Grand Erg Oriental.

ABSTRACT

A very precise study of the heavy minerals of silty sands of Matmata Mounts (South Tunisia), and that of present and pleistocene winds show that those eolian sediments came from deflation on the Grands Chotts (great playas) rather than from migration of Grand Erg Oriental sands.

Au Sud-Sud-Ouest du Golfe de Gabès (fig. 1), les Monts de Matmata ou Dahar sont constitués par une gigantesque cuesta composée de calcaires et dolomies turoniens sur des sédiments plus meubles du Cénomaniens, eux-mêmes discordants sur le Jurassique, le Trias ou le Permien. Ils culminent à 715 m, à l'Est de Zmertène (fig. 2). Le revers, à l'Ouest, ferme la cuvette du Bas-Sahara, alors que le front, vigoureux et souvent morcelé, domine la plaine côtière de la Djeffara de plusieurs centaines de mètres (fig. 1).

MATHI Étudiés précocement sur le plan géologique (cf. la bibliographie dans MATHIEU, 1949), les Monts de Matmata ont fait l'objet d'études géomorphologiques plus ponctuelles, en particulier les sables limoneux superficiels qui en constituent la principale originalité (BALLAND, 1973 ; COUDE-GAUSSEN et al., 1982).

A la lumière de nouvelles recherches, nous nous proposons de montrer que les "loess" des Monts de Matmata proviennent de la déflation éolienne sur les Grands Chotts (sebkhas) algéro-tunisiens.

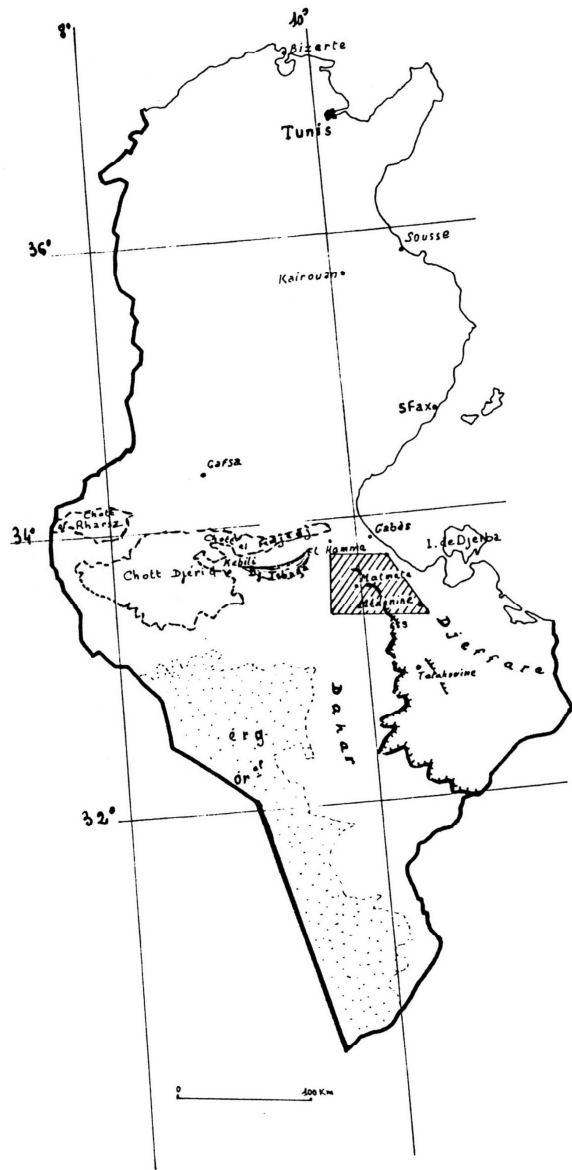
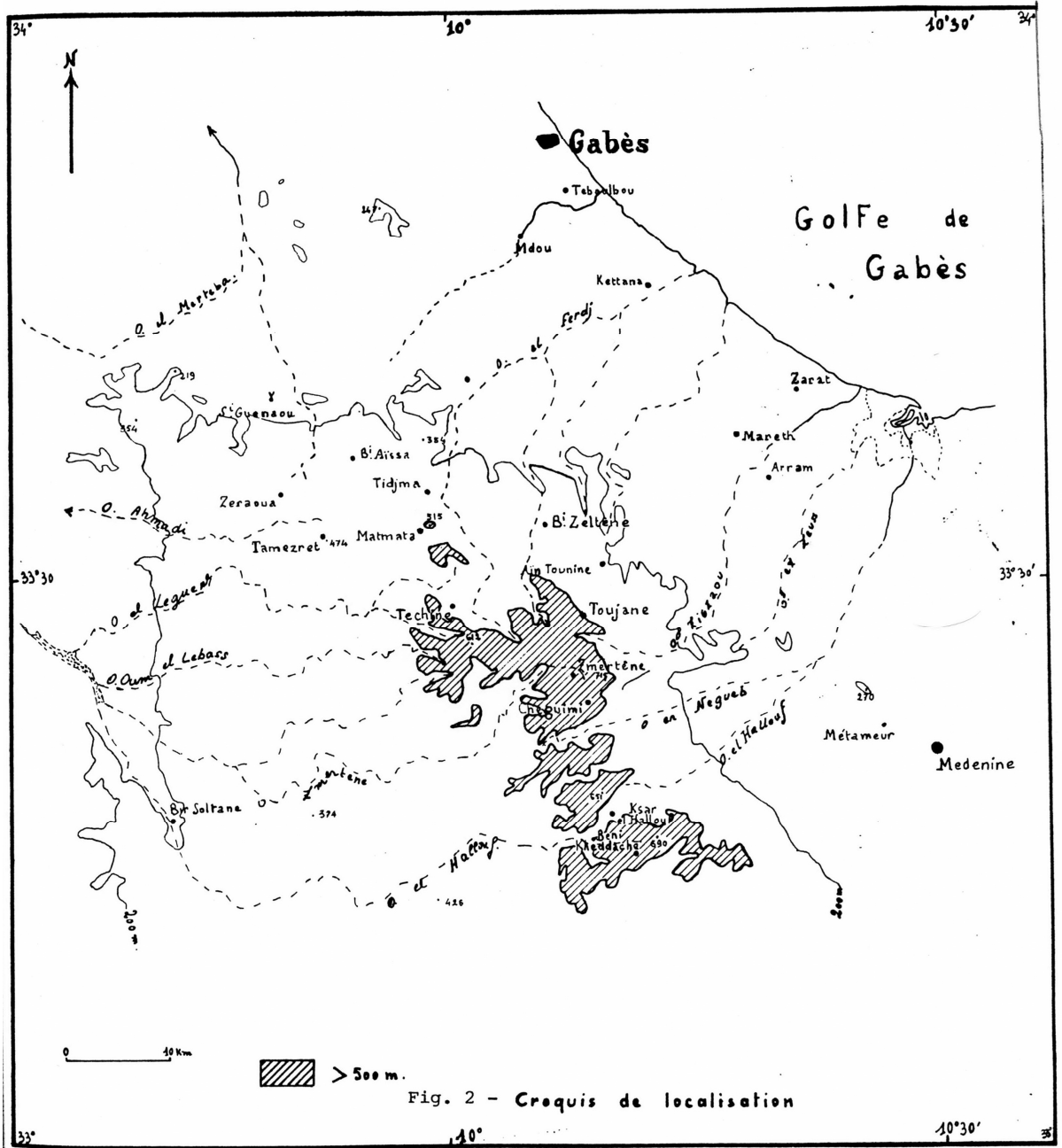


Fig. 1 - Les Monts de Matmata en Tunisie méridionale.



I - CRITIQUE D'UNE ORIGINE DANS LE GRAND ERG ORIENTAL

1. La minéralogie des sables limoneux des Monts de Matmata

Le cortège minéralogique du dépôt de Téchine, étudié par COUDE-GAUSSEN et al. (1982), présente beaucoup de ressemblances avec celui des sables du Grand Erg Oriental, et en particulier avec celui des sables de Ghadamès, 350 km au S-S-W, ou encore avec celui des dépôts tyrrhéniens du golfe de Gabès (BELLAIR, 1953, 1954) (fig. 3). Cependant, parmi les minéraux lourds du Grand Erg Oriental, c'est le grenat qui domine, suivi du zircon, des amphiboles (hornblende verte surtout), de l'épidote, de la tourmaline (brune surtout) et du rutile. Au contraire, à Téchine, figurent par ordre décroissant le zircon, l'épidote, la hornblende, le rutile-anatase, la tourmaline et le grenat. Le disthène et la staurotide, épisodiques dans le Grand Erg Oriental (respectivement présents dans 11 échantillons et dans 9 échantillons sur 20), sont représentés en quantités infimes à Téchine. Le gypse et l'anhydrite restent épisodiques et locaux (BELLAIR, 1953).

Les dépôts tyrrhéniens de la bordure méridionale du golfe de Gabès sont aussi évoqués comme origine possible (COUDE-GAUSSEN et al., 1982). Les indications données par P. BELLAIR (1954) restent très qualitatives. Cependant, zircon, tourmaline et épidotes-zoisites sont représentés dans tous les échantillons, rutile et grenat dans 15 sur 17, le disthène dans 14, les amphiboles dans 9 et la staurotide dans 8 sur 17. Mais une différence importante apparaît avec les sables limoneux des Monts de Matmata : la présence de pyroxènes dans 4 échantillons sur 17. Curieusement, COUDE-GAUSSEN et al. (1982) n'ont pas noté ces pyroxènes dans leur tableau III, alors qu'ils y indiquent l'andalousite qui n'est présente que dans un seul échantillon du golfe de Gabès (BELLAIR, 1954, tabl. 2) ... mais qui existe à Téchine. Or, pour ces auteurs, l'absence de pyroxène à Téchine ainsi qu'à Zmertène est décisive car elle permet d'éliminer comme source le Miocène de Tseldja, le Grand Erg Occidental et les sédiments de la mer Pélagienne qui en contiennent. En bonne logique, il faut donc éliminer aussi les sédiments tyrrhéniens du golfe de Gabès.

2. La granulométrie des dépôts

L'origine éolienne des sables limoneux de Matmata est admise depuis longtemps (BALLAND, 1973). Cependant, le triage n'est pas toujours très bon, comme l'indiquent les fortes valeurs de Qd^4 , comparables à celles des loess (CAILLEUX et TRICART, 1965), et peut résulter d'un remaniement

ECHANTILLONS MINERAUX	Tou	Zir	Rut	Ana	Sph	Gre	Sta	And	Dis	Hor	Epi	Zoi	Pyr	Chl	Mon	Apa
	Coupe de Téchine N° 176	7	26	9		1	3	3	1	1	23	20	6		2	
N° 178	12	31	10	2		5	4	1		18	15			2		
Coupe de Zmertène N° 196	19	20	5	4	2	6				18	17	9				
N° 198	11	30	16	1	1	8	1	1		11	17	3				
Mer Pélagienne Plateforme du Golfe de Gabès	4	37	1			18	1			3			33		1	
Miocène de Tseidja	2	28	6			25			1				36			1
Quaternaire du littoral du Golfe de Gabès	+	+	+			+	+	+	+	+	+		+			
Erg Occidental Beni Abbès	34	22	2		+	2	5			2			16			
Erg Oriental Ghadamès	# 10	# 15	+		+	# 30	+			# 15	# 20					

Fig. 3 - Minéraux lourds du Sud Tunisien (d'après G. COUDE-GAUSSEN et al. (1982) complété).

par le ruissellement saisonnier, au fur et à mesure du dépôt (BALLAND, 1973). Surtout, la différenciation granulométrique faite par certains (COUDE-GAUSSEN et al., 1982) entre les trois séries de sables limoneux de Téchine est illusoire : tous ceux qui ont effectué des granulométries selon les techniques classiques savent que la marge d'erreur avoisine 5%, soit plus que les différences constatées entre les trois stocks.

3. Le régime des vents

3.1 Les vents actuels

La liaison faite par COUDE-GAUSSEN et al. (1982) entre le spectre minéralogique des sables de Ghadamès (30° N) et celui des sables limoneux de Téchine-Zmertène (33° 30' N) suppose la possibilité d'un transport éolien du Sud-Sud-Ouest vers le Nord-Nord-Est sur environ 350 km. Les travaux de M. MAINGUET et L. CANON (1976) ont montré que, à Ghadamès, il y avait con-

tradiction entre les vents dominants, qui soufflent vers le Sud-Ouest, et la résultante des vents de sable qui est orientée vers le Nord-Est. Cependant, à plus petite échelle, fonctionne un transport de sable du Sahara méridional vers le Sahara septentrional, selon une trajectoire en arc de cercle : Ghat - Fort Flatters - Ghadamès - Hun qui envoie le sable non vers le Nord, mais vers l'Est (MAINGUET et CANON, 1976).

Au Nord du Grand Erg Oriental, les études récentes (MAINGUET et CANON, 1976 ; BALLAIS et al., 1979 ; REBILLARD et BALLAIS, 1983) sont convergentes : même si la résultante des vents de sable à Biskra est dirigée vers le Nord-Ouest, les vents dominants soufflent vers le Sud-Est, en particulier en hiver, et ce sont eux surtout qui transportent le sable. Ceci reste valable sur le piémont méridional des Nementchas (BALLAIS, 1982), à quelques dizaines de kilomètres au Nord d'El Oued (REBILLARD et BALLAIS, 1983), et jusqu'au 31° de latitude Nord (CAPOT-REY, 1970).

Par contre, plus à l'Est, les vents dominants à Tozeur soufflent vers l'Ouest ou le Nord-Est et la résultante des vents de sable s'oriente vers le Nord. Plus au Sud, El Oued et Touggourt ont des régimes contradictoires : dominante vers l'Est puis le Nord-Ouest et le Sud-Ouest à El Oued, vers le Nord-Ouest à Touggourt ; résultante des vents de sable vers le Sud-Sud-Est à El Oued et vers le Nord-Nord-Est à Touggourt (MAINGUET et CANON, 1976).

En somme, une situation complexe et qui mérite d'être étudiée plus à fond, mais qui ne permet en aucune façon d'affirmer un transport actuel du Grand Erg Oriental vers les monts de Matmata, d'autant que la seule trajectoire de transport de sable détectable sur les images de NOAA3 est orientée du Nord-Nord-Ouest au Sud-Sud-Est (MAINGUET et CANON, 1976, fig. 1).

Cette situation complexe avait été déjà signalée et étudiée, il y a plus de vingt ans, par R. COQUE (1962, p. 348-353) constatant les mêmes contradictions au Nord des Monts de Matmata : les barkhanes du Sud du chott Fedjadj sont orientées vers l'Est-Nord-Est alors que les vents d'Est sont importants à Gabès (125 j/an), la station la plus proche de Matmata (environ 60 km).

Une telle situation peut être considérée comme caractéristique d'une phase aride et servir de modèle pour les phases arides quaternaires.

3.2 Les vents quaternaires

D'un point de vue général, on peut penser que les vents du Sahara n'ont pas changé, dans leurs grandes lignes, d'une phase aride à l'autre (MAINGUET et CANON, 1976). De même, R. COQUE (1962) se fait l'écho d'observations selon

lesquelles les dunes anciennes des bordures occidentales et méridionales du chott Djérid sont disposées selon un vent d'Est, comme de nos jours.

Cependant, les sables limoneux des Monts de Matmata ayant été datés de 33 000 à 10 000 BP (COUDE-GAUSSEN et al., 1982), on peut examiner de plus près les conditions climatiques qui régnaient au cours de cette période, à la lumière de la remarquable synthèse de P. ROGNON (1976). Il s'agit, globalement, d'un Pluvial dû à une descente en latitude des fronts polaires, elle-même induisant des trajectoires cycloniques d'Ouest-Nord-Ouest beaucoup plus fréquentes sur le Sahara septentrional et central, 1 000 ou 1 500 km plus au Sud que leurs trajectoires actuelles d'hiver. Un tel schéma condamne toute comparaison entre les sables de Ghadamès et ceux de Matmata, puisque Ghadamès est situé à plus de 350 km au Sud-Sud-Ouest de Matmata. De la même façon, aucun transport éolien n'est possible du golfe de Gabès (où se sont sédimentés les dépôts tyrrhéniens) vers les Monts de Matmata, à l'Ouest. Enfin, dès 16 300 BP, un assèchement est décelable en Tunisie, provoquant un creusement des oueds et une déflation importante sur les Grands Chotts asséchés (COQUE, 1962, p. 419 ; ROGNON, 1976). Cet assèchement s'est-il produit avec le même régime des vents que précédemment ? C'est peu probable car P. ROGNON (1976) envisage de fortes oscillations saisonnières des zones climatiques provoquant la réapparition des climats à sécheresse saisonnière.

Ainsi, la filiation proposée par G. COUDE-GAUSSEN et al. (1982) entre les sables du Grand Erg Oriental (ou du Tyrrhénien du golfe de Gabès) et les sables limoneux des Monts de Matmata reste hasardeuse après l'examen des compositions minéralogiques et granulométriques et après l'étude précise des vents actuels et quaternaires.

II - L'ORIGINE DU MATERIEL : LES GRANDS CHOTTS TUNISIENS

1. Les arguments minéralogiques

La seule étude importante, quantitative, de minéraux lourds, effectuée dans la Tunisie présaharienne, et qu'on puisse comparer à celle de Téchine-Zmertène, est celle des phases lagunaires quaternaires des Grands Chotts tunisiens (COQUE, 1962, p. 42-45), curieusement oubliée aussi par G. COUDE-GAUSSEN et al. (1982). Vingt-cinq échantillons y sont analysés (fig. 4). On constate que les minéraux lourds caractéristiques des sables limoneux de Matmata sont les mieux représentés, surtout dans la deuxième phase lagunaire : zircon et épidote 25 fois, hornblende 22 fois, rutile 24 fois, tourmaline et grenat 23 fois. Le zircon représente 30 à 74% des minéraux lourds, l'épidote 2,5 à 41%, l'hornblende 5 à 22%, le rutile 4 à

13 %, la tourmaline 3 à 11%, le grenat 5 à 22%. Si on admet avec P. BELLAIR (1940) que le grenat, mais aussi le disthène (présent dans 19 échantillons), ne résistent pas bien aux actions mécaniques, on constate que les 13 espèces des limons sableux des Monts de Matmata existent, et dans des proportions identiques, dans les dépôts de la deuxième phase lagunaire. De plus, si 23 espèces sont représentées dans ces dépôts, le pyroxène n'y a jamais été observé. Enfin, dans cette hypothèse, il est bien évident que la présence de gypse dans les dépôts de Matmata s'explique sans difficulté, ainsi que celle de l'attapulгите.

Une conclusion s'impose : les sables limoneux des Monts de Matmata (déposés entre 33 000 BP et 10 000 BP) sont issus de la déflation sur les Grands Chotts tunisiens des dépôts de la deuxième phase lagunaire datés de >35 000 BP (COQUE et GACHELIN, 1975), déflation qui atteint 20 m sur le chott

Appartenance	Première phase lagunaire															Seconde phase lagunaire						Indétectables				
	3	6	8	8	12	25	26	31	36	36 ^b	36	15	16	20	22	24	24 ^b	29	29	29	35	1	1	7	30	33
1 Kiroon	39,78	41,17	33,33	49,80	22,44	48,14	31,90	33,86	60	57,89	55	73,11	74,31	59,55	29,72	39,26	30,49	33,68	44,62	61,50	66,32	59	78,21	39,21	53,45	
2 Rutile	5,83	28,52		5,57	5,44	7,87	6,49	6,87	10	21,05	5	8,75	6,94	9,46	4,05	5,52	6,01	13,68	6,35	8,46	8,42	7,91	11,13	7,84	5,67	
3 Brookite				0,39										0,06						1,02					0,37	
4 Anatase				0,59			0,70	2,46									0,36						0,38	0,11		
5 Topase					1,36	2,31																				
6 Corindon																					0,08					
7 Tourmaline	4,74		5,55	1,99	1,36	0,92	5,08	5,82	1,42	5,26		3,92	4,16	4,18	4,50	3,83	3,81	10,52	11,10	2,30	4,73	5,23	1,31	9,32	0,74	
8 Epidote	29,92	17,64	64,44	21,71	32,78	16,20	23,44	20,81	8,57	15,18	15	3,92	2,77	11,27	27,47	30,81	41,34	12,63	22,75	9,32	3,68	11,11	4,27	9,32	7,28	
9 Grenat	12,77		11,11	15,13	27,89	14,81	12,28	17,46	17,14		20	5,73	9,72	7,83	22,52	13,71	11,22	11,57	7,10	10,35	8,42	5,74	3,11	16,17	27,77	
10 Hornblende	3,28		5,55	1,19	0,68	0,92	17,51	5,82			5	2,71	1,38	4,92	5,40	1,42	1,53	13,68	6,06	3,67	5,21	8,42	0,89	12,25	0,74	
11 Trémolite				0,59			0,14																			
12 Actinote							0,56	1,23									0,17				0,20					
13 Selsite							0,28	1,41									0,08				0,13					
14 Clinozoisite							0,14										0,08								0,24	
15 Sphène					0,68	1,38	0,84					0,30		0,81							1,02	0,52	0,12	0,11	3,43	0,98
16 Chloritofide																					1,28				0,61	
17 Andalousite								0,52																		
18 Disthène	2,55	11,76		1,99	4,76	3,73	0,56	1,76	1,42					1,14	4,05	1,95	1,75	4,21	0,34	0,34		0,25	0,06	1,96	1,11	
19 Staurolite	1,09	5,88		0,59	2,04	3,73	0,70	1,05	1,42			0,90	0,69	0,67	2,25	3,02	3			0,62	0,42	2,63	1,40	0,71	0,61	
20 Sillimanite				0,39				0,35						0,20		0,08					0,06		0,12	0,02		
21 Fibrolite												0,60										0,17			0,49	0,37
22 Rhéatite							0,14																			
23 Hypersthène				0,19			0,14	0,52									0,07				0,27					
Anhydrite																					0,06					
Nombre de minéraux	274	17	18	502	147	216	708	567	70	19	20	331	144	1481	222	1123	1364	95	1450	1169	190	783	7230	204	810	

Localisation des échantillons : 1 : Bir Bahad ; 3 : Vieux Bordj (Touzeur) ; 4 : Bir Castilia ; 7 : Oued el Hamra el Sahira ; 8 et 12 : Oued Anini ; 15 : Draa el Khorifa ; 16 : Ain el Atrouss ; 20 : Selba ; 22 : Sidi Ali bou Lafi ; 24 et 25 : Oued Bou Ouef ; 26 : Ain Rhasalia ; 29, 30, 31 et 35 : Toumbar ; 33 : Shapout Bouzet ; 36 : Ain Strabe.

Fig. 4 - Minéraux lourds des phases lagunaires des Grands Chotts tunisiens (d'après R. COQUE, 1962).

Rharsa et une dizaine de mètres sur les chotts Djerid et Fedjadj (COQUE, 1962, p. 419).

2. Le régime des vents

Si les dépôts de Téchine-Zmertène proviennent des Grands Chotts tunisiens, cela suppose des vents efficaces de Nord-Ouest. Ceci n'est en contradiction ni avec le schéma de P. ROGNON (1976) pour la période 40 000 - 14 000 BP, ni avec le régime actuel des vents un peu plus à l'Ouest (cf. ci-dessus).

D'autre part, l'existence de placages de sables limoneux, épais de 10 à 30 cm, qui se maintiennent encore sur le front de la cuesta du Dahar, sous le vent (BALLAND, 1973), implique aussi des vents de secteur Ouest.

3. La zonation au Sud des Grands Chotts et ses conséquences

Les dépôts éoliens du versant occidental des Monts de Matmata montrent une zonation remarquable vers l'Ouest. Dès Tamezret, l'épaisseur des sables limoneux diminue (fig. 2). Plus à l'Ouest, cette diminution d'épaisseur s'accompagne d'une localisation exclusive en position Est-Sud-Est sur les versants des oueds méridiens. Les sables limoneux disparaissent vers la cote 200, alors que la croûte gypseuse fossile et les sables mobiles actuels apparaissent, en particulier dans le djebel Oum ech Chia, poussés par les vents de sable de l'Ouest-Nord-Ouest. Le non recouvrement entre les sables limoneux de Matmata et la croûte gypseuse, issue elle aussi de la déflation sur les Grands Chotts (COQUE, 1962), plaide en faveur d'une origine commune.

Pour autant, tous les problèmes ne sont pas résolus car comment expliquer que les sables limoneux sont exportés plus loin que les poussières gypseuses ? On peut alors envisager une différenciation chronologique : la déflation sur les Grands Chotts aurait d'abord enlevé l'essentiel des dépôts de la deuxième phase lagunaire, déposant les sables limoneux des Monts de Matmata. Puis, ayant atteint la nappe artésienne en cours d'abaissement, la dynamique de sebkha se serait installée lors de l'assèchement, aux dépens des argiles salées du substratum des chotts, fournissant les poussières de la croûte gypseuse. Ainsi s'expliquerait l'absence de lunette autour des Grands Chotts, le matériel ayant été exporté et piégé au loin, dans les Monts de Matmata, mais aussi, et précédemment, jusque dans le golfe de Gabès. En effet, les caractéristiques des dépôts tyrrhéniens de ce golfe indiquent des apports éoliens importants (BELLAIR, 1954) venus de l'Ouest, se mêlant à des apports

méditerranéens comme le pyroxène.

Plus au Sud, la disparition des sables limoneux est plus rapide sur le Dahar en grande partie recouvert de croûte calcaire saumon, dépourvu de croûte gypseuse et balayé par les sables vifs actuels. Mais, vers le Sud-Est, les loess abondent encore dans le djebel Nefousa (Libye).

CONCLUSION

Ainsi, les sables limoneux éoliens des Monts de Matmata ne constituent donc que les derniers témoins d'un phénomène répété au cours du Quaternaire : l'ablation par le vent des sables limoneux des Grands Chotts, déposés et remaniés lors des phases d'envoyage.

SELECTION BIBLIOGRAPHIQUE

- ALIMEN H., CHAVAILLON J. et DUPLAIX S. (1964). - Minéraux lourds des sédiments quaternaires du Sahara nord-occidental. *Publ. C.R.Z.A.*, série Géol., n° 4, C.N.R.S. édit., Paris, 73 p., 22 fig., XXVI tabl., V pl. ph. h.-t.
- BALLAIS J.-L. (1981). - Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie). *Thèse doct. ès-Lettres*, Paris I, VII-566 p., ann., index, 106 fig., XXII tabl., 107 ph. h.-t., XIII cartes coul. h.-t., ronéot.
- BALLAIS J.-L. (1982). - Actions éoliennes quaternaires sur le piémont méridional de l'Atlas saharien algérien oriental. *9ème R.A.S.T.*, Paris, Soc. Géol. Fr., p. 25.
- 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. phy.*, vol. 21, fasc. 2, p. 97-108, 4 fig., 2 tabl., 1 pl. ph. h.-t.
- BALLAND V. (1973). - Morphogénèse quaternaire dans les Monts de Matmata. *"Maghreb et Sahara"*, études géogr. offertes à J. DESPOIS, Soc. de Géogr., p. 45-57.
- BELLAIR P. (1940). - Les sables du Souf (Algérie). *C.R. Somm. Soc. géol. France*, fasc. 7, p. 75-77.
- BELLAIR P. (1953). - Diagramme minéralogique du Grand Erg oriental d'El Oued à Ghadamès. *C.R. Somm. Soc. géol. France*, 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*, t. VII, fasc. 1-4, p. 145-162, 3 fig., 2 tabl., 2 pl. ph. h.-t.
- CAILLEUX A. et TRICART J. (1965). - Initiation à l'étude des sables et des galets. *C.D.U.*, Paris, 3 vol.
- CAPOT-REY R. (1970). - Remarques sur les ergs du Sahara. *Ann. Géogr.*, n° 431, p. 1-19.

- COQUE R. (1962). - La Tunisie présaharienne, étude géomorphologique. *Thèse doct. ès-Lettres*, A. Colin, Paris, 476 p.
- COQUE R. et GACHELIN C. (1975). - Problèmes géomorphologiques du Bas-Sahara algéro-tunisien. *Etudes Géogr. - Mélanges G. Viers*, Toulouse-Le Mirail, p. 161-169, 4 fig.
- COUDE-GAUSSEN 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. France*, (7), t. XXIV, n° 2, p. 283-292, 3 fig., III tabl.
- MAINGUET M. et CANON L. (1976). - Vents et paléovents du Sahara. Tentative d'approche paléoclimatique. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), vol. XVIII, fasc. 2-3, p. 241-250, 2 fig.
- MATHIEU G. (1949). - Contribution à l'étude des Monts Troglodytes dans l'extrême Sud-Tunisien. *Annales des Mines et de la Géologie*, n° 4, 1ère série, Tunis, 74 p., 11 fig., 8 fig. et III pl. ph. h.-t.
- REBILLARD P. et BALLAIS J.-L. (1983). - Interprétation d'enregistrements digitaux de données SIR-A, Seasat et Landsat sur les chotts algériens. *C.R. Acad. Sc., D, II*, t. 296, p. 103-106.
- ROGNON P. (1976). - Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), vol. XVIII, fasc. 2-3, p. 251-282. 8 fig.