HAL
open science

Sédimentation éolienne, pédogénèse et ruissellement au Pléistocène supérieur-Holocène dans les Ziban (Algérie)

Jean-Louis Ballais, Jean-Louis Dumont, M.N. Lecoustumer, Michèle Levant

To cite this version:

Jean-Louis Ballais, Jean-Louis Dumont, M.N. Lecoustumer, Michèle Levant. Sédimentation éolienne, pédogénèse et ruissellement au Pléistocène supérieur-Holocène dans les Ziban (Algérie). Revue de Géomorphologie Dynamique, 1989, XXXVIII (2), pp.49-58. hal-01562395

HAL Id: hal-01562395

https://amu.hal.science/hal-01562395v1

Submitted on 20 Jul 2017

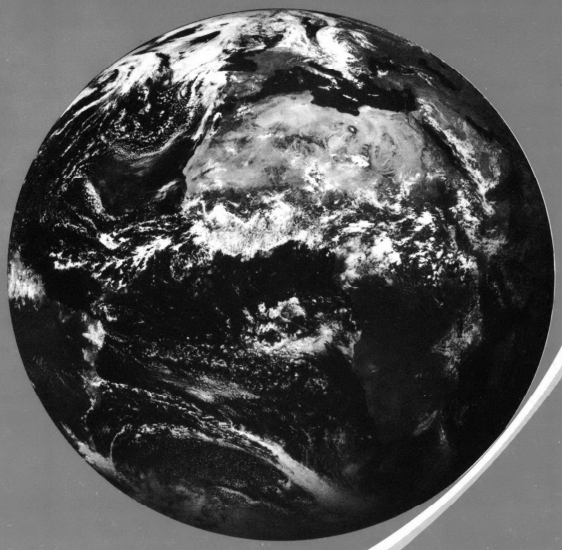
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

revue de géomorphologie dynamique

géodynamique externe

étude intégrée du milieu naturel



XXXVIIIe N° 2-1989

publiée avec le concours du centre national de la recherche scientifique

SEDIMENTATION EOLIENNE, PEDOGENESE ET RUISSELLEMENT AU PLEISTOCENE SUPERIEUR-HOLOCENE DANS LES ZIBAN (ALGERIE)

AEOLIAN SEDIMENTATION, SOIL FORMATION, AND RUNOFF DURING THE UPPER PLEISTOCENE AND HOLOCENE IN THE ZIBAN MOUNTAINS (ALGERIA)

par J.-L. BALLAIS*, J.-L. DUMONT**, M.-N. Le COUSTUMER**, M. LEVANT**

Mots-Clés : Paléomilieux, Quaternaire, Algérie.

ANALYSE

Les dépôts du Pléistocène supérieur-Holocène des Ziban s'organisent en trois séquences attribuées respectivement au Pléistocène supérieur, au Tardiglaciaire-Holocène et à l'Holocène supérieur.

Chaque séquence comprend un apport de sables par voie aérienne qui subit une pédogénèse avant d'être raviné par le ruissellement qui descend des versants du djebel Ténia. Cependant, au cours du temps, l'épaisseur des dépôts éoliens et des dépôts ruisselés diminue. Il en est de même de la pédogénèse : au Pléistocène supérieur, pédogénèse rubéfiante, avec concentration de carbonate de calcium, palygorskite abondante et smectite mal cristallisée, C/N = 10,5 à 12; à l'Holocène moyen (= optimum néolithique), sol gris à smectite bien cristallisée; à l'Holocène supérieur, sol gypseux (C/N = 21 à 26). Enfin, si le ruissellement agit par troncature à la fin des deux premières séquences, les oueds s'entaillent actuellement.

Le paléosol rubéfié du Pléistocène supérieur est caractéristique de l'étage semi-aride du climat méditerranéen (en gros, précipitations annuelles comprises entre 300 et 500 mm). Le paléosol de l'Holocène moyen, sol steppique, est caractéristique de l'étage aride (en gros, précipitations moyennes annuelles comprises entre 150 et 300 mm). Le sol gypseux actuel est caractéristique de l'étage saharien supérieur (précipitations moyennes annuelles de 100 à 150 mm).

Finalement, il se dégage l'image d'une aridification depuis le paléosol rubéfié jusqu'au sol gypseux actuel, par décroissance des phases humides et aussi par croissance des phases sèches illustrées par le développement de la saltation des sables.

Au cours de la période postérieure à l'Holocène moyen, l'occupation humaine devient intense et il n'est plus possible de choisir entre les deux hypothèses suivantes : une désertification (anthropique) ou une aridification suivie d'une légère humidification qui compense la désertification.

Keywords : Palaeoenvironment, Quaternary, Algeria.

ABSTRACT

The upper Pleistocene and Holocene deposits of the Ziban Mts. may be classified into three sequences respectively dated upper Pleistocene, middle Holocene, and upper Holocene.

Each sequence consists of aeolian sands that have been pedogenised and later subjected to a degradation by running water coming from the slopes of the Jebel Tenia. The thickness of both the aeolian and runoff deposits diminisches with time. The upper Pleistocene soils are oxidised, contain concentrations of calcium carbonate, and are characterised by the neoformation of abundant palygorskite and some poorly crystallised smectite; C/N = 10.5 to 12. The middle Holocene soils, which correspond to the climatic optimum, are grey, with well crystallised smectite. Those of the upper Holocene contain gypsum, with a C/N ratio of 21-26. While soil truncation occurred after the first two periods of pedogenesis, wadis are incising themselves at the present time.

The red upper Pleistocene palaeosol is typical of the so-called «semiarid mediterranean floor»

* PICG 252 et Institut de Géographie, 29, av. Robert Schuman - 13621 Aix-en-Provence - Cedex - France.
** Centre de Géomorphologie du CNRS, rue des Tilleuls - 14000 Caen.

(Emberger) with an annual rainfall of 300-500 mm. The middle Holocene palaeosol is a steppe soil of the «arid floor» with an annual rainfall of 150-300 mm. While the present gypsiferous soil belongs to the «superior saharan floor» with an annual rainfall of 100-150 mm.

A progressive drying up of the climate is suggested by the palaeosol succession, which grades from an oxidized to a gypsiferous soil, that is, by a gradual lengthening of the dry season, as demonstrated by the increase of aeolian deposits.

Human occupation becomes important in the middle Holocene, so that it is difficult to determine to what extent, if at all, Man is responsible for this desertification, which, however, is followed by a slight increase in humidity.

Les Monts des Ziban, à l'Ouest de Biskra, dans l'Atlas saharien algérien (Fig.1) sont constitués de grosses collines et de montagnes basses formées de marnes et de calcaires qui dépassent rarement 1000 m d'altitude et sont séparées par de vastes dépressions. Au pied septentrional du djebel Tenia (503 m), une coupe avait déjà été étudiée (J.-L. Ballais, A. Marre, P. Rognon, 1979, J.-L. Ballais, 1981). Elle a fait l'objet d'un nouvel échantillonnage, très serré, et de nouvelles analyses dans le cadre d'un programme de recherches qui vise à préciser les caractéristiques paléoclimatiques de l'Holocène au Maghreb oriental.

1 - LES FORMATIONS ET LEUR CHRONOLOGIE

Les formations s'organisent en trois séquences (Fig.2).

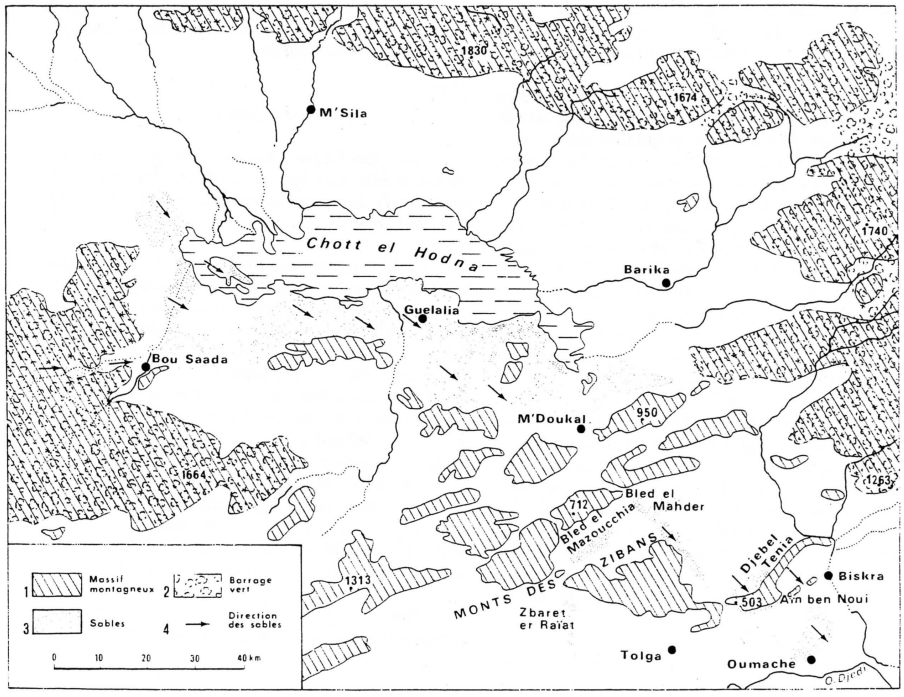


Fig.1.- *Carte des Monts des Ziban.*

Fig.1.- *Location map.*
1. Mountains - 2. «Green dam» - 3. Sands - 4. Shifting of sands.

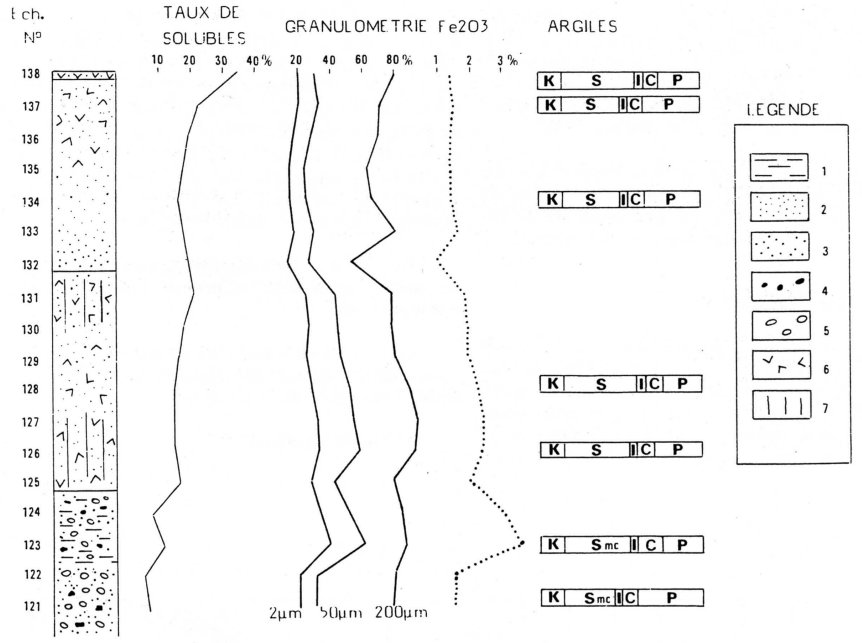


Fig.2.- *Coupe synthétique des formations du Pléistocène supérieur-Holocène du piémont nord du Djebel Tenia.*
1. argiles - 2. limons - 3. sables - 4. cailloux, graviers - 5. nodules calcaires - 6. gypse - 7. consolidation prismatique par le gypse - K : kaolinite - S : smectite - Smc : smectite mal cristallisée - I : illite - C : chlorite - P : palygorskite.

Fig.2.- *Synthetic section of Upper Pleistocene-Holocene formations of northern djebel Tenia Piemont.*
First line : samples, solubles, grain-size, clay minerals.
1. clays - 2. silts - 3. sands - 4. pebbles, gravels - 5. calcareous nodules - 6. gypsum - 7. prismatic structuration by gypsum - K : Kaolinite - S : smectite - Smc : badly crystallized smectite - I : illite - C : chlorite - P : palygorskite.

1 - La séquence inférieure :

Les dépôts inférieurs (formation 6) viennent s'accumuler dans l'entaille dégagée par le ruissellement aux dépens d'un glacis qui marque la fin d'une accumulation alternée de sables éoliens et d'alluvions-colluvions qui a commencé depuis le début du Pléistocène moyen (J.-L. Ballais, 1981).

La base est constituée d'au moins 1 m à 1,50 m de sables quartzeux légèrement rubéfiés (5YR7/6), à nodules calcaires farineux. Assez fins (Fig.2 et 3) (médiane : 123/125µm), ils présentent un classement (So=1,55 et 1,59) à la limite de celui des sables éoliens[1]. Il s'y disperse quelques très rares cailloux calcaires anguleux. Le principal minéral argileux est la palygorskite, accompagnée de smectite mal cristallisée (Fig.2).

Le sommet, épais de 20 cm, est nettement plus fin (Fig.3) : 50% de sable et 35 à 40% d'argile[2]. Plus marron (5YR 6/6), il contient des débris de racines, du pseudo-mycellium (20% de CaCO3 contre 15% au-dessous), quelques graviers calcaires anguleux. Il est plus riche en fer que le dépôt inférieur et présente les taux maxima d'azote et de phosphore de toute la série étudiée (Fig.4), ainsi que le plus faible C/N (10,5 à 12). Sa composition minéralogique est plus équilibrée, avec moins de palygorskite, un peu plus de chlorite, kaolinite et argiles micacées (Fig.2). Ces

[1] La granulométrie des sables a été effectuée après dégypsification mais sans décarbonatation.
[2] Mesure au Sedigraph.

caractéristiques : légère rubéfaction, concentration relative des argiles et du fer au sommet, des nodules calcaires et de la palygorskite à la base, permettent donc de distinguer deux horizons, B et A, d'un paléosol épais d'au moins 1,70 m, comparable à d'autres déjà décrits dans les Aurès (J.-L. Ballais, 1981).

La séquence se termine par un dépôt discontinu de cailloux calcaires anguleux (formation 5) issus du versant du djebel Tenia, qui peut atteindre 20 cm d'épaisseur et qui tronque légèrement le sommet du paléosol.

2 - La séquence moyenne :

La base en est constituée, à nouveau, par des sables quartzeux argilo-limoneux gris (10YR 6 ou 7/3 ou 4), accumulés sur 50 à 80 cm, et localement sur 1,50 m (formation 4, Fig.2). Très homogènes granulométriquement, ils sont plus riches en $CaCO_3$ et en SO_3 que la séquence inférieure (Fig. 2, 3 et 4).

La partie sommitale de la moitié inférieure s'individualise cependant par une consolidation plus nette qui s'accompagne d'une structuration prismatique, d'une granulométrie plus fine (Fig.3) et par le maximum de Fe_2O_3, de $CaCO_3$, de carbone, d'azote, de P_2O_5, le minimum de SO_3 et le maximum absolu de Na^+ (Fig.4). Ces sables sont caractérisés, enfin, par la faible représentation de la palygorskite, à l'opposé d'un fort taux de smectite qui apparaît pour la première fois bien cristallisée (Fig.2).

Dans cette seconde séquence, il s'est donc formé un paléosol, épais de 50 cm, nettement moins évolué que le précédent.

Le sommet de la séquence est constitué par un mince dépôt discontinu de cailloux calcaires, issus du djebel Tenia, qui tronque les sables.

3 - La séquence supérieure :

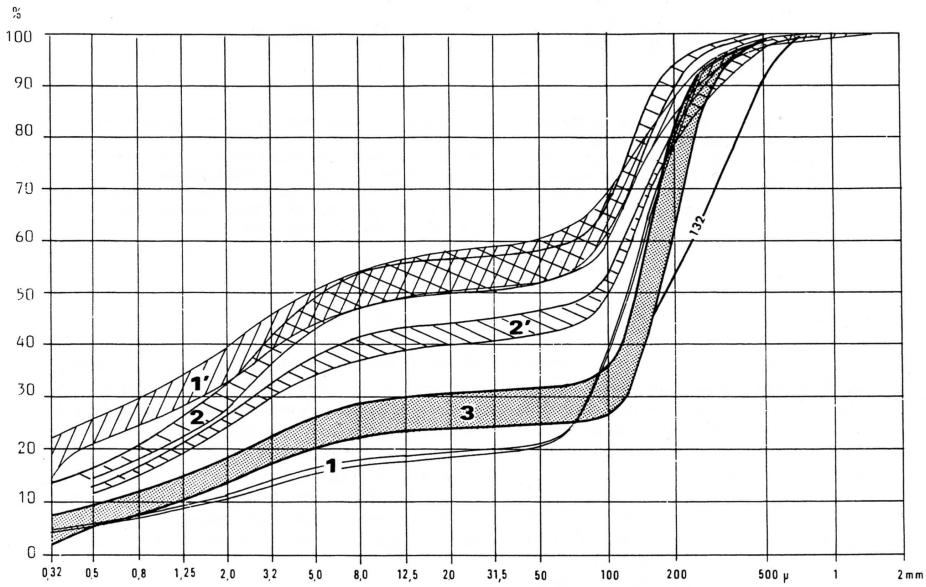


Fig.3.- *Granulométrie des formations.*
Séquence inférieure : 1. Echantillon 121, 122 - 1' Ech. 123, 124.
Séquence moyenne : 2, Ech. 126 à 128 - 2' Ech. 125, 129 à 131.
Séquence supérieure : 3. Ech. 132 à 138.

Fig.3.- *Grain-size curves of the formations.*
Lower set : 1. samples 121, 122 - 1' samples 123, 124.
Middle set : 2. samples 126 to 128 - 2'. samples 125, 129 to 131.
Upper set : 3. Ech. samples 132 to 138.

Elle est constituée par des sables quartzeux beiges (10YR 6 ou 7/3 ou 4), non consolidés (formation 2), épais de 30 à 80 cm, eux aussi très homogènes par la granulométrie, les faibles concentrations en Fe_2O_3, $CaCO_3$, azote, P_2O_5, Na+ et Cl- (Fig. 2, 3 et 4). La palygorskite est à peine plus abondante et la smectite un peu moins (Fig.2).

En surface, s'individualise une concentration gypseuse blanche (10YR 8/3), pulvérulent, épais de 1 à 2 cm, de répartition discontinue. Il contient le maximum de solubles et de carbone, peu de $CaCO_3$ et de P_2O_5, très peu de Cl- et de Fe_2O_3, le minimum de Na+ (Fig.4). Le cortège de minéraux argileux est identique à celui des sables gris consolidés (Fig.2).

Il s'agit donc du sol actuel, sol gris subdésertique (P. Duchaufour, 1970), épais d'environ 30 cm. Pour l'ensemble des séquences, les rapports C/N sont très élevés. Mais, en réalité, en raison de très faibles taux d'azote, ils ne sont calculables que dans les trois cas qui correspondent très précisément aux deux paléosols et au sol et qui se classent selon une progression depuis le paléosol inférieur (C/N compris entre 10,5 et 12) et le paléosol moyen (C/N compris entre 19 et 23) jusqu'au sol actuel (C/N compris entre 21 et 26).

L'ensemble des trois séquences est entaillé par les oueds qui atteignent les accumulations de la base du Pléistocène moyen.

4 - Des séquences du Pléistocène supérieur-Holocène :

a) L'identification du Pléistocène supérieur :

L'attribution du paléosol rubéfié de la séquence inférieure au Pléistocène supérieur s'appuie sur les arguments suivants :

- dans l'ensemble Ziban-Aurès-Nemencha, de tels sols à nodules calcaires sont, en général, caractéristiques de cette période (J.-L. Ballais, 1981),
- sur le piémont du djebel Tenia, les sables à nodules peuvent aussi reposer sur la terrasse II (Fig.5), en position de Pléistocène supérieur, ou encore sur la couverture du glacis du Pléistocène moyen. Cependant, les rapports avec les rares lanières de glacis II ne sont pas visibles.

Ces dépôts marquant ainsi la rupture, générale au Maghreb oriental, entre le Pléistocène moyen et le Pléistocène supérieur (J.-L. Ballais, H. Ben Ouezdou, 1987). Cependant, on peut s'étonner de l'absence de toute croûte gypseuse qui s'observe fréquemment sur

Samples Echantillon	$CaCO_3$	C	N	CaO	SO_3	Fe_2O_3	P_2O_5	Na+	Cl-
BI 138	11,2	0,26	0,01	15,52	12,76	1,33	0,03	0,007	0,011
BI 137	11,8	0,21	0,01	13,07	5,95	1,50	0,04	0,019	0,009
BI 136	11,0	0,21	<0,01	11,30	6,64	1,42	0,04	0,011	0,018
BI 135	10,1	0,24	<0,01	10,51	6,25	1,36	0,03	0,008	0,012
BI 134	12,5	0,17	<0,01	11,45	5,77	1,38	0,04	0,008	0,019
BI 133	12,7	0,24	<0,01	12,01	5,76	1,59	0,04	0,009	0,012
BI 132	19,9	0,18	<0,01	16,03	7,88	1,01	0,03	0,011	0,007
BI 131	21,4	0,18	<0,01	16,95	7,52	1,82	0,05	0,014	0,010
BI 130	21,4	0,21	<0,01	16,61	6,57	1,91	0,05	0,014	0,026
BI 129	22,6	0,20	<0,01	16,21	5,37	1,91	0,05	0,017	0,009
BI 128	23,7	0,19	0,01	16,59	4,87	2,18	0,05	0,022	0,015
BI 127	25,4	0,23	0,01	17,51	4,78	2,34	0,06	0,039	0,017
BI 126	27,5	0,20	0,01	18,13	5,05	2,36	0,06	0,053	0,013
BI 125	22,6	0,20	0,01	15,99	5,35	1,94	0,05	0,037	0,024
BI 124	21,8	0,21	0,02	12,99	1,31	3,03	0,08	0,081	0,019
BI 123	19,9	0,24	0,02	13,09	3,08	3,47	0,09	0,090	0,012
BI 122	14,4	0,21	<0,01	9,64	1,13	1,44	0,03	0,033	0,035
BI 121	14,2	0,21	<0,01	8,86	1,09	1,44	0,03	0,026	0,029

Fig.4.- *Caractérisation géochimique des formations.*

Fig.4.- *Geochemical characterization of the formations.*

le niveau du Pléistocène supérieur du piémont méridional des Aurès-Nemencha (J.-L. Ballais, 1981) ou sur le limon à nodules (J.-H. Durand, 1959). A-t-elle été tronquée ?

b) L'Holocène :

L'attribution des séquences moyenne et supérieure à l'Holocène ou, plutôt, au «Tardiglaciaire»-Holocène, résulte de leur superposition, en discordance, sur le Pléistocène supérieur, aucun critère chronologique direct n'ayant été découvert dans ce milieu très hostile à la vie animale et aux hommes.

La séquence moyenne est très probablement contemporaine de la dune tronquée en glacis sur le versant Sud des Ziban, à Ed Delouat Beni Brahim (J.-L. Ballais, 1981) ainsi que de la dune affectée d'un paléosol à la base de la terrasse I de l'oued Matraf Kebir, quelques kilomètres à l'Ouest du djebel Tenia. En particulier, les deux paléosols pourraient avoir le même âge, soit 6320 ± 100 B.P. (J.-L. Ballais, A. Marre, P. Rognon, 1979).

La séquence supérieure correspond alors à l'Holocène supérieur (Fig.7).

II - L'EVOLUTION MORPHOCLIMATIQUE AU PLEISTOCENE SUPERIEUR-HOLOCENE

1 - Des dépôts rythmés, mais des pseudo-cycles :

Chacune des trois séquences comprend donc un apport de sables par voie éolienne, qui subit une pédogénèse avant d'être raviné par le ruissellement descendu des versants du djebel Tenia. Cependant, on ne saurait parler de cycles en raison des différences systématiques entre les trois séquences :

- l'épaisseur des dépôts éoliens diminue au cours du temps : au moins 100 à 150 cm dans la séquence inférieure, 50 à 80 cm dans la séquence moyenne, 30 à 80 cm dans la dernière ;
- l'intensité de la pédogénèse diminue au cours du temps : pédogénèse rubéfiante dans la séquence inférieure, pédogénèse «grise» dans la séquence moyenne, sol gypseux dans la dernière ;
- l'épaisseur des dépôts ruisselés diminue : 20 cm au maximum dans la séquence inférieure, quelques centimètres maximum dans la séquence moyenne ;
- enfin, le ruissellement agit par troncature à la fin des deux premières séquences et par entaille à la fin de la dernière.

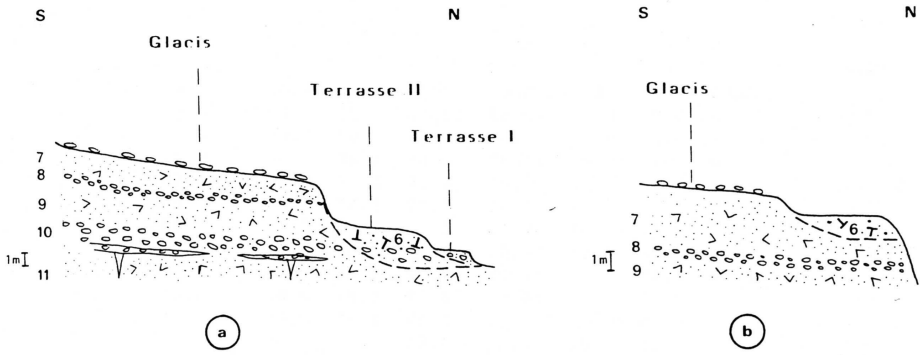


Fig.5.- *L'emboîtement des sables du Pléistocène supérieur dans les formations antérieures.*
Formation 6 : sables éoliens à nodules calcaires du Pléistocène supérieur. Formations 7 à 11 : alternances de sables éoliens quartzo-gypseux et de colluvions-alluvions calcaires du Pléistocène moyen.
a : formation 6 reposant sur la terrasse II - b : formation 6 emboîtée dans la formation 7.

Fig. 5.- *Fitting of Upper Pleistocene sands in previous formations.*
Formation 6 : Upper Pleistocene eolian sands with calcareous nodules. Formations 7 to 11 : Middle Pleistocene quartzo-gypseous eolian sands alternated with calcareous colluvio-alluvial deposits.
a : formation 6 on terrace II - b : formation 6 fitted into formation 7.

2 - Les paléoclimats :

Depuis le Pléistocène supérieur, se sont succédées des périodes favorables à l'apport et à l'accumulation de sables éoliens, à leur pédogénèse, enfin au ruissellement.

Actuellement, les apports éoliens quartzeux sont négligeables sur le piémont Nord du djebel Tenia ; cependant, ils sont bien visibles plus à l'Est (Aïn ben Noui), comme plus à l'Ouest (vallée de l'oued Matraf Kebir, Zbaret er Raïat) (Fig.1). On peut donc penser, en première approximation, que le début de chaque séquence se caractérisait par des conditions climatiques proches de l'actuel. Cependant, cette hypothèse suppose que phase d'apports éoliens et phase de pédogénèse soient distinctes dans le temps, ce qui n'est pas toujours le cas (J.-L. Ballais, 1984).

Reprenons donc les trois sols et paléosols l'un après l'autre. Par comparaison avec les sols méditerranéens (J. Vaudour, 1968) et plus précisément avec ceux de la Bekaa au Liban (M. Lamouroux, 1971), le paléosol pléistocène supérieur semble caractéristique de l'étage semi-aride du climat méditerranéen (soit, en gros, des précipitations annuelles comprises entre 300 et 500 mm, contre 150 actuellement). Sous un tel climat, les formations végétales, forêt claire ou, au pire, steppe arborée (H. N. Le Houérou, 1959), excluaient le déplacement des sables par saltation ; seuls des apports en suspension étaient possibles, expliquant en partie la forte proportion de palygorskite.

Le paléosol de la séquence moyenne est nettement moins évolué que le précédent, soit parce que la durée a manqué, soit surtout parce que le climat était plus sec, comme cela a été observé dans le Sahara oriental (H.J. Pachur, H.P. Röper, S. Kröpelin, M. Goschin, 1987). Le cortège des minéraux argileux (Fig.2) souligne bien le contraste, avec la diminution nette de la palygorskite et la disparition de la smectite mal cristallisée remplacée par une autre bien cristallisée. Il s'agit donc d'un sol steppique caractéristique de l'étage aride du climat méditerranéen (en gros, précipitations annuelles comprises entre 300 et 150 mm). Ainsi, le décalage entre le climat de l'optimum néolithique et le climat actuel serait d'un étage, comme en Libye (B. Coppel, 1986). La steppe arborée qui couvrait le sol devait, elle aussi, empêcher la saltation.

Le sol gypseux actuel, très mince, coexiste avec des apports éoliens dans un milieu dégradé par l'occupation humaine. On peut donc penser que le déplacement des sables suppose un milieu semblable au milieu actuel, c'est-à-dire avec une végétation sous climat saharien supérieur, dégradée par le pâturage, c'est-à-dire un climat plus saharien que l'actuel. Or, les sables mobiles actuels sont plutôt plus grossiers (médiane de 120 à 200µm) que ceux de la séquence inférieure (médiane à 125µm) et de la séquence moyenne (médiane de 85 à 100µm) et comparables à ceux de la dernière (médiane de 135 à 185µm). On peut donc penser que la part des sables apportée par suspension a diminué par rapport à celle apportée par saltation.

Les phases de ruissellement posent moins de problèmes car elles se placent entre une phase de maximum de pédogénèse, donc relativement humide, et le début de nouveaux apports éoliens, donc relativement plus sec. Ces phases intermédiaires permettent l'organisation du ruissellement sur les versants très courts du djebel Tenia et son extension sur les sols perméables du piémont. Elles supposent donc l'existence de pluies intenses, concentrées. Donc, par rapport à la phase favorable à la pédogénèse, des pluies plus irrégulièrement réparties dans l'année, probablement moins abondantes au total, favorisant l'éclaircissement de la végétation.

Finalement, il se dégage l'image d'une aridification depuis le paléosol rubéfié, jusqu'au sol gypseux actuel, par décroissance des phases humides et aussi par croissance des phases sèches illustrée par le développement de la saltation des sables (Fig.6).

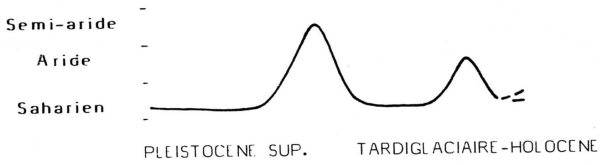


Fig.6.- *Evolution climatique au Pléistocène supérieur-Holocène.*

Fig.6.- *Morphoclimatic evolution during Upper Pleistocene-Holocene.*

Chronologie *Chronology*	Morphogénèse *Morphogenesis*	Pédogénèse *Pedogenesis*	Caratéristiques climatiques *Mediterranean belt carateristics*
Actuel *Actual*	Entaille linéaire *Down cutting* Dégradation par surpâturage *Affected by over-grazing*	Sol gypseux *Gypseous soil*	Sous-étage saharien supérieur *Subarid environment*
Holocène supérieur *Upper Holocene*	Accumulation de sables éoliens *Deposition of eolian sands* Ruissellement *Run-off*		Sous-étage saharien inférieur ? *Saharian environment*
Holocene moyen *Middle Holocene* Holocene inférieur *Lower Holocene*		Sol gris subsésertique *Subdesertic grey soil*	Etage aride *Arid environment*
	Accumulation de sables éoliens *Depositions of eolian sands*		Sous-étage saharien inférieur *Saharian environment*
Tardiglaciaire *Late Glacial*	Ruissellement *Run-off*	Sol rubéfié à nodules calcaires *Reddish soil with calcareous nodules*	Etage semi-aride *Dry environment*
Pléistocène supérieur *Upper Pleistocene*	Accumulation de sables éoliens *Deposition of eolian sands*		Sous-étage saharien *Arid-saharian environment*

Fig.7.- *Evolution morphoclimatique au Pléistocene supérieur-Holocène.*

Fig.7.- *Morphoclimatic evolution during Upper Pleistocene-Holocene.*

Si on tente de quantifier un peu plus, on ne peut s'appuyer que sur les dépôts éoliens. En effet, il est actuellement impossible de dater la durée d'évolution des paléosols d'une part, et d'autre part, celle de la sédimentation colluvio-alluviale (pas plus qu'il n'est possible de connaître l'épaisseur de sol enlevée, qui est très faible pour le Pléistocène supérieur et, probablement, pour l'Holocène moyen).

Par contre, on peut fixer une durée maximum d'environ 4000 ans pour la séquence supérieure, postérieure à l'optimum néolithique responsable du paléosol de la séquence moyenne. En tenant compte de l'épaisseur des autres séquences et en supposant un taux constant de sédimentation (pour les 4000 dernières années, il atteint environ 0,8 cm/siècle), la phase éolienne de la séquence moyenne aurait duré environ 6800 ans et celle de la séquence inférieure de 10 à 14000 ans, donnée vraisemblable pour la séquence moyenne («Tardiglaciaire»-Holocène), pas invraisemblable pour la séquence inférieure (Pléistocène supérieur). Mais le manque de données de référence doit inciter à la prudence.

3 - Le rôle des hommes :

A partir de la fin de la séquence moyenne, l'intervention humaine peut être envisagée par suite de l'existence de pasteurs transhumants (C. Roubet, 1979), puis de l'abondance des ruines mégalithiques, enfin de la proximité du *limes* (J. Baradez, 1949). En fonction de ces éléments, on peut avancer deux hypothèses concernant l'évolution du milieu «naturel» :

- une aridification climatique provoquant un nouvel apport de sables éoliens, suivie d'une légère humidification compensant la désertification humaine,
- une désertification humaine provoquant un nouvel apport de sables éoliens, surtout post-romains, en liaison avec la colonisation dans le bassin du Hodna d'où proviennent les sables (Fig.1).

A l'exception d'une incision partielle, qui ne dépasse pas quelques décimètres entre le Pléistocène supérieur et l'Holocène, la précédente phase d'entaille linéaire par les oueds (et la seule bien visible et généralisée) est antérieure aux dépôts du Pléistocène supérieur. Si bien que l'entaille actuelle peut être due à des causes naturelles, se plaçant après l'optimum climatique interglaciaire; ou bien son originalité au cours de l'Holocène peut être due à l'occupation humaine. Cependant, il est difficile, dans ce milieu, à l'écart des aires cultivées, et sur un si faible espace, juste au pied du djebel Tenia, d'invoquer une action humaine décisive, à la différence de l'oued Chéria-Mezeraa dans les Nemencha (J.-L. Ballais, 1976). Mais la dénivellation est quand même importante (plus de 250 m) et les talwegs, bien encaissés dans le substratum, facilitent la concentration des eaux. De même, l'entaille à l'aval est très facile dans des matériaux meubles et de granulométrie sableuse. La prudence veut, une fois de plus, que les deux hypothèses soient conservées (Fig.6).

Au total, l'étude détaillée du piémont septentrional du djebel Tenia, comparée aux données déjà acquises dans l'Atlas saharien algérien, confirme la tendance à l'aridification depuis le Pléistocène supérieur. Cette aridification se marque plus par la décroissance de l'intensité et, probablement, de la durée des phases humides, que par les phases arides qui semblent avoir été très comparables en intensité et dont la durée a décru. Cette relative constance de l'intensité s'oppose à l'évolution du Grand Erg Oriental, sur la frontière algéro-tunisienne, où les sables éoliens du «Tardiglaciaire»-Holocène inférieur se sont avancés beaucoup plus au Nord que l'erg actuel et que l'erg du Pléistocène supérieur (J.-L. Ballais, M.-T. Benazzouz, 1987). Enfin, il apparaît clairement que les phases de ruissellement ne coïncident pas avec le maximum d'humidité (contemporain des pédogénèses) mais lui succèdent, lors d'une phase de déséquilibre caractérisée par l'intensité des précipitations couplée probablement avec une diminution de la pluviométrie. Sans vouloir généraliser trop hâtivement, cet exemple montre qu'il n'est plus possible de considérer systématiquement les témoins de ruissellement abondant comme liés au maximum d'une phase humide.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mmes S. Guermont, L. Manté et MM. J. Quillard et D. Rivaille pour leur participation aux analyses.

BIBLIOGRAPHIE

Ballais (J.-L.), 1976 : Morphogénèse holocène dans la région de Chéria (Nementchas-Algérie), *Actes Symp. versants en Pays médit.*, Aix-en-Provence, 1975, CEGERM, vol. V, pp.127-130.

Ballais (J.-L.), 1981 : Recherches géomorphologiques dans les Aurès (Algérie). *Thèse Doctorat ès-Lettres*, Paris I, VII+566 p., ronéot.

Ballais (J.-L.) 1984 : Les limons sableux de Matmata : bilan provisoire, *Travaux du CREGEPE*, Caen, vol.5, pp.81-92.

Ballais (J.-L.), Marre (A.), Rognon (P.), 1979 : Périodes arides du Quaternaire récent et déplacement des sables éoliens dans les Ziban (Algérie), *Rev. Géol. dyn. et Géogr. phys.*, Paris, vol. 21, fasc. 2, pp.97-108.

Ballais (J.-L.), Ben Ouezdou (H.), 1987 : Formes et dépôts du Quaternaire continental de la bordure présaharienne du Maghreb oriental : essai de synthèse provisoire, *Conf. 1987 du PICG-UNESCO* n°210, Marrakech, pp.18-19.

Ballais (J.-L.), Benazzouz (M.T.), 1987 : Sédimentation

quaternaire lacustre et éolienne dans le Bas-Sahara algérien, *8th IAS Regional Meeting of Sedimentology*, Tunis, pp.54-55.

Baradez (J.), 1949 : Fossatum Africae, Arts et Métiers Graphiques, Paris, 377 p.

Coppel (B.), 1986 : Gravures rupestres du Wadi el Khil entre Fezzan et Tripolitaine (Libye) : témoins d'un infléchissement climatique ou d'une surexploitation du milieu *Histoire et Archéol. de l'Afr. du N.*, IIIème Coll. intern., Montpellier, 1985, CTHS, pp.9-25.

Duchaufour (P.), 1970 : Précis de pédologie, Masson, Paris, 3ème édit., 481 p.

Durand (J.H.), 1959 : Les sols rouges et les croûtes en Algérie, *Dir. Hydraul. et Equip. Rural*, Serv. Et. Scient., Etude Générale n°7, Clairbois-Birmandreis, 188p.

Lamouroux (M.), 1971 : Etude de sols formés sur roches carbonatées. Pédogénèse fersiallitique au Liban, *Thèse ès-Sciences*, Strasbourg I, 266p.

Le Houérou (H.N.), 1959 : Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale, *Mémoire I.R.S.*, Alger, 2 t., 281+229p.

Pachur (H.-J.), Röper (H.-P.), Kröpelin (S.), Goschin (M.),1987 : Late Quaternary hydrography of the Eastern Sahara, *Berliner geowiss. Abh*, (A), 75-2, Berlin, pp.331-384.

Roubet (C.), 1979 : Economie pastorale pré-agricole en Algérie orientale : le Néolithique de tradition capsienne. Exemple : l'Aurès, *C.N.R.S.*, Paris, 595 p.

Vaudour (J.), 1968 : Notes sur les sols méditerranéens, *Ann. Géogr.*, pp.483-488.

Manuscrit reçu révisé
le 31 mai 1989