



HAL
open science

Croûtes calcaires quaternaires du piémont nord des Aurès (Algérie)

Jean-Louis Ballais, Thea Vogt

► **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais, Thea Vogt. Croûtes calcaires quaternaires du piémont nord des Aurès (Algérie).
Recherches Géographiques à Strasbourg, 1979, 12, pp.23-34. hal-01543226

HAL Id: hal-01543226

<https://amu.hal.science/hal-01543226>

Submitted on 20 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.

Copyright

J.L. BALLAIS * - T. VOGT **

CROÛTES CALCAIRES QUATERNAIRES DU PIÉMONT NORD DES AURES (ALGÉRIË)

RÉSUMÉ

Sur le piémont nord des Aurès deux glacis quaternaires, l'un moulouyen (Quaternaire inférieur), l'autre amirien (Quaternaire moyen), portent des croûtes calcaires à faciès variés.

L'étude en lame mince de ces croûtes permet de mettre en évidence :

- leur nature palu-lacustre, qui implique une topographie différente de l'actuelle, avec des cuvettes à tendance subsidente;
- l'existence de phases arides à activité éolienne à la fin du Moulouyen et de l'Amirien.

SUMMARY

Calcretes of the Northern Piedmont of the Aurès Mountains (Algeria).

Two Quaternary pediments on marl, that of Moulouyan age (Lower Quaternary) and that of Amirian age (Middle Quaternary) are capped by calcretes of different types.

Thin slide observation evidences :

- their palustrine-lacustrine genesis, which is a sign of subsident basins, say a topography different from the actual one ;
- the existence of arid phases with aeolian activity at the end of respectively the Moulouyan and Amirian.

ZUSAMMENFASSUNG

Kalkkrusten am Nordfuss des Aurès-Gebirges (Algerien).

Zwei quartäre Fussflächen, die eine aus dem Moulouyen (unteres Quartär), die andere aus dem Amirien (mittleres Quartär), tragen Kalkkrusten verschiedenartiger Fazies.

Aus ihrer Beobachtung im Dünnschliff folgert :

- dass es sich um palustrisch-lakustrische Ablagerungen handelt, was auf ein von dem heutigen verschiedenes, durch subsidente Wannen gekennzeichnetes Relief schliessen lässt ;
- dass am Ende resp. des Moulouyen und des Amirien aride Phasen mit äolischer Aktivität bestanden.

Vers 35° de latitude Nord et 6-7° de longitude Est, les Aurès constituent, avec les Nementchas, les deux parties les plus massives de l'Atlas saharien, dont ils comprennent le point culminant (dj. Chéla : 2 326 m). C'est dans ce secteur que la plateforme saharienne s'avance le plus vers le Nord.

Le piémont septentrional de ce massif a été modelé au cours du Quaternaire en une série de glacis étagés, dont les plus anciens (Quaternaire inférieur = «Moulouyen» et «Salétien», Quaternaire moyen = «Amirien») peuvent porter une croûte calcaire massive, alors que les plus récents (Quaternaire supérieur = «Tensiftien» et «Solitanien») ne présentent que des accumulations plus diffuses.

Il nous a semblé qu'une étude approfondie des croûtes massives les plus caractéristiques (celles du «Moulouyen» et de l'«Amirien») pourrait apporter des précisions, d'une part sur les mécanismes de mise en place des glacis, de l'autre sur les climats quaternaires de cette région.

A. LE PIÉMONT NORD DES AURES : PRÉSENTATION STRUCTURALE

Le massif est surtout constitué de chaînons, barres et gouttières orientées SW-NE qui se relèvent vers le Nord jusqu'à 2 200 - 2 300 m et retombent par une flexure brutale (45 à 60°) sur les Hautes Plaines Constanti-

* Département de Géographie, Université de Caen - Esplanade de la Paix - 14032 CAEN CÉDEX

** C.N.R.S., Institut de Géographie, Université Louis Pasteur, 43, rue Goethe, 67083 STRASBOURG CÉDEX

noises hautes de 800 à 1100 m. Ceux qui dominent le centre du piémont nord sont, de l'ouest à l'est, le dj, Temagoult (1875 m) et le Chélia.

- Le Temagoult constitue le crêt externe Nord-Est du synclinal de Bouzina qui, après un fort relèvement d'axe au niveau du dj. Mahmel (2321 m), s'abaisse par de nombreuses failles et s'élargit, à nouveau, formant la plaine de Rdam. Il est constitué essentiellement de plusieurs centaines de mètres de calcaires maëstrichtiens cristallins, souvent massifs, sur une épaisseur comparable de marnes grises campaniennes (fig. 1). A proximité de la flexure bordière, le synclinal subit une torsion d'axe et s'oriente Ouest-Est ;

- plus à l'Est, le Chélia, mont dérivé constitué de quartzites massifs à grain fin, grès, dolomie et calcaires du Crétacé inférieur, domine une vaste combe annulaire dégagée dans les marnes cénomaniennes et une série de crêtes-barres développée dans les calcaires cénomaniens, turoniens et miocènes, séparés par des esquisses de combes annulaires mal venues (fig. 2).

Le piémont central est complexe : crêt de la flexure bordière au Sud puis, vers le Nord, val de Foug Toub, mont du dj. Delaa, bassin de Tingad, mont de la Koudia Safia (fig. 2). Toutes ces formes sont développées dans les sédiments du Miocène 3 et 4 (GUIRAUD 1973).

- Le Miocène 3 est une série marine à faciès divers, épaisse de plusieurs centaines de mètres ;

- le Miocène 4 est représenté par 300 à 400 m de marnes argileuses salées violacées.

A l'exception d'un minuscule affleurement à Argoub Tioutcha récemment reconnu, le Pliocène n'est représenté qu'au Nord du bassin de Tingad, par les dépôts continentaux du dj. Tagratine (GUIRAUD 1973, p 145). Son existence est admise dans le substratum de la Garaet et Tarf par de nombreux auteurs et en particulier par VOUTE (1967), cependant sans preuves, car les faciès sont identiques du Miocène supérieur au Quaternaire. Il est probable que des études systématiques montreraient l'existence d'autres affleurements que ceux déjà connus, mais, dans l'état actuel, le problème du Pliocène n'est pas résolu, même si on admet, avec LAFFITTE (1939, p 425), qu'il s'est déposé plus au Nord.

Cependant, la discordance du Pliocène sur le Miocène 4 à Argoub Tioutche permet d'affirmer que le basculement des Aurès du Nord vers le Sud, esquissé au Miocène, s'est accentué au Pliocène.

B. GLACIS ET CROUTES

Les glacis étagés qui constituent le piémont nord des Aurès ne se sont tous conservés qu'à l'Est de Tingad (fig. 1). On en compte 5 : les quatre plus anciens sont de véritables glacis d'ablation couverts ou des glacis-cônes, le plus récent est plutôt un glacis-terrasse qui domine une ou deux basses terrasses.

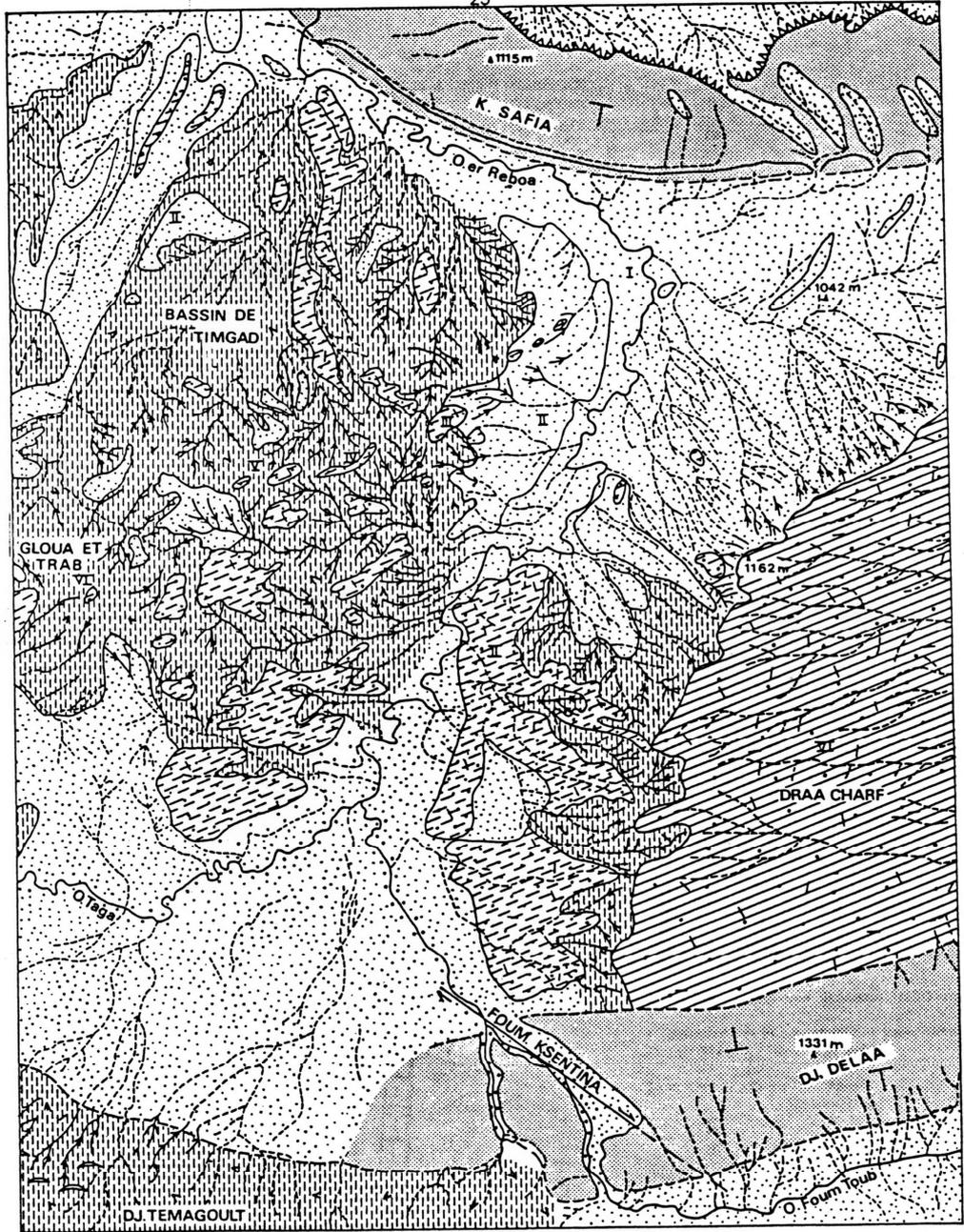
Il n'existe pas de chronologie quaternaire continentale mise au point pour l'ensemble de l'Algérie. A titre provisoire, on peut soit numéroter les glacis du plus récent au plus ancien, soit utiliser la nomenclature marocaine mais en plaçant ses termes entre guillemets afin d'en souligner la valeur relative. C'est ainsi que nous nous intéresserons ici aux glacis « moulouyen » (VI) et « amirien » (IV) en raison des caractéristiques des croûtes qui les scellent ; en effet, les glacis les plus récents, « tensiftien » (III) et « soltanien » (II) portent plutôt des accumulations calcaires mal ou non consolidées.

1. Le glacis « moulouyen »

A l'exception de rares buttes isolées et d'attribution discutable comme la Draa Oum Rkra, au Nord-Est de Tazoult-Lambèse, il constitue les deux grands glacis-cônes aplatis au débouché des oueds Taga-Foug Toub d'une part, et Taarist, d'autre part, ainsi que celui, plus petit, qui sort du Foug Tarhit, plus à l'Est. De la partie occidentale du glacis-cône des oueds Taga-Foug Toub ne subsiste que la butte supérieure de Gloua et Trab, qui domine le lit actuel de l'oued de 120 m, alors que la partie orientale, bien conservée, constitue la Draa Charf, longue de 4 km (fig. 1). Le glacis-cône de l'oued Taarist a été déblayé au centre, si bien que la Draa Tamoudjret, qui en constitue la partie occidentale, a actuellement une forme de croissant long de 8 km. (fig 2).

Ce glacis est caractérisé par son indépendance vis-à-vis du réseau hydrographique actuel et du relief structural du piémont et par l'existence, au-dessus de la couverture détritique, d'une croûte calcaire dure. Les cours d'eau qui l'entaillent se sont surimposés à partir d'une surface du Villafranchien inférieur, d'où de nombreuses cluses ; l'analyse de l'évolution du réseau hydrographique montre que les axes de drainage se sont déportés graduellement du Nord au Nord-Est (Garaet et Tarf).

D'autre part, si la valeur des pentes est en général de 2 à 3°, on observe parfois, à proximité des reliefs, des déformations brutales de la couverture détritique, sur de courtes distances.



0 1km



- | | | | | | | | |
|--|---------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|--------------------------|
| | argile | | décrochement | | croûte calcaire | | ravin |
| | grès | | galets | | crêt | | rupture de pente concave |
| | gypse | | sables et limons | | loupes de solifluxion | | rupture de pente convexe |
| | pendage | | encroûtement calcaire | | ravineau | | oued |

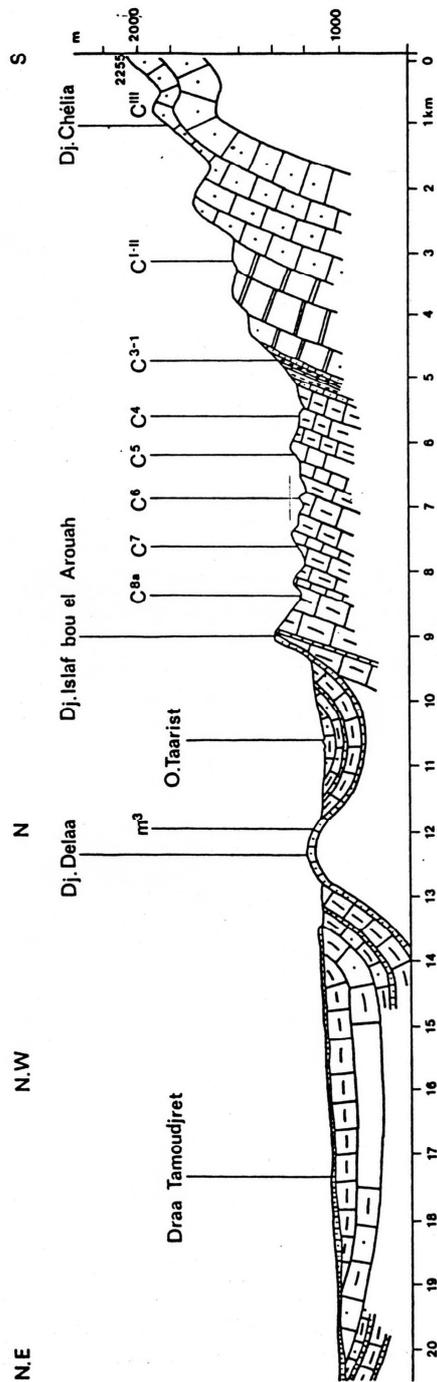


Fig.2 - COUPE DU DJEBEL CHELIA A LA ROUTE BATNA - KENCHELA

Enfin, les études géophysiques menées dans le bassin occidental de la Garaet et Tarf, sebkha qui sert de niveau de base à une grande partie de ce piémont, ont montré que la couverture détritique plonge, en s'épaississant localement, sous les dépôts récents (TIHAY 1972). Que cette couverture soit entièrement quaternaire ou aussi pliocène reste à prouver ; l'empilement des alluvions est en tout cas indiscutable.

Glissement d'ensemble du réseau de drainage, déformations de la couverture du glaciaire, subsidence de la sebkha, sont un faisceau d'arguments en faveur d'une évolution du relief au Quaternaire inférieur et moyen conditionnée par un abaissement constant du niveau de base lié à un affaissement tectonique. L'analyse des croûtes calcaires a permis d'apporter des précisions quant à cette évolution.

a. La couverture détritique

Elle présente des faciès variés. Son épaisseur va de 2 à 10 m, au-dessus des argiles salines miocènes. Le faciès le plus résistant comprend, de bas en haut :

- 2 à 3 m de conglomérat de galets pris dans une matrice sablo-limoneuse calcaire beige-jaune, durcie
- 3 m de lits argilo-limoneux ou sableux beiges
- 3 m de gros galets arrondis pris dans un ciment calcaire.

Le plus souvent, la coupe est celle qu'on peut observer sur le rebord du Draa Charf : 5 à 6 m de galets de quelques centimètres de long, rarement de 30 à 40 cm, non patinés, surtout calcaires, non encroûtés (sauf exception), en vrac ou en lentilles, contenant parfois des niveaux d'argiles violacées interstratifiés. Ces galets remplissent d'anciens chenaux car, entre eux, la dalle calcaire sommitale repose directement sur les argiles miocènes enrichies en nodules calcaires. Dans les deux mètres supérieurs, les galets de calcaire marneux sont améublis.

La croûte calcaire sommitale, très dure, peu épaisse (20 à 50 cm), peu grossière, est souvent cassée, remaniée. Sa couleur varie du blanc au rose et elle est systématiquement recouverte de croûte zonaire qui peut atteindre jusqu'à 10 cm d'épaisseur et moule les fragments cassés.

En trois points de la Draa Tamoudjret, des limons rouges s'interposent entre les galets et la croûte. En un seul de ces points, la coupe est la suivante (fig. 3) :

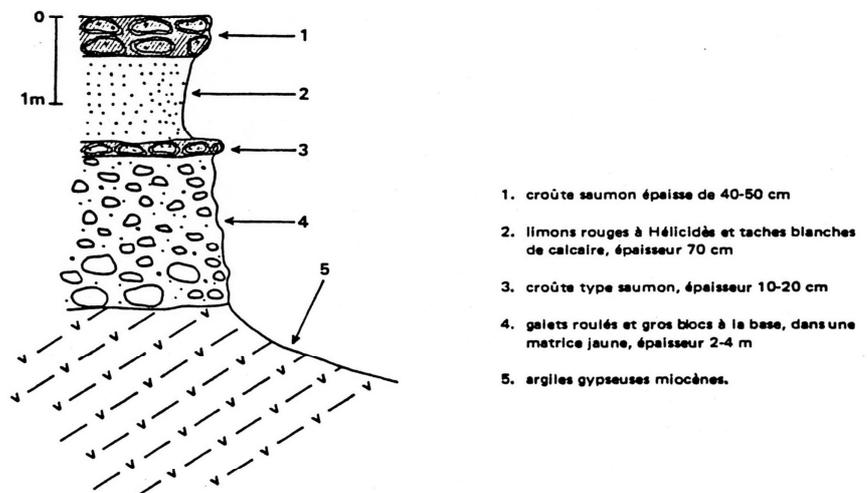


Fig.3 - COUPE DE LA DRAA TAMOUJRET

b. Les croûtes calcaires

Des échantillons ont été prélevés, l'un dans la dalle inférieure, sous-jacente aux limons rouges (A 2146-5, Draa Tamoudjret), deux autres à la partie supérieure de la dalle sommitale (A 2146-6, Draa Tamoudjret ; A 2146-4, Draa Charf).

La dalle inférieure se présente à l'oeil nu comme un sédiment lité (lits millimétriques), constitué d'une matrice très fine beige à rose vif, contenant des gravillons calcaires de 1,5 cm de L maximum. Le tout est parcouru par un réseau de canalicules de 0,5 mm de lumière maximum, à dominante horizontale, parfois à revêtement calcaire blanc ; ceci rend l'ensemble très poreux. Ce réseau de microvides et de revêtements donne à la formation un aspect marbré ; lorsque, par endroits, il est plus dense, la croûte devient travertineuse, en particulier dans les 5 à 10 mm supérieurs. On remarque des taches noires diffuses d'oxyde de manganèse, ainsi que des fragments de Hélicidès.

- L'analyse en lame mince fait apparaître le passage d'un limon calcaire et d'une vase brunâtre à la base à un sédiment très fin brun-rouge puis rouge-brun à la partie supérieure (contact avec les limons rouges). Des couches noirâtres à filaments végétaux, correspondant aux passées travertineuses s'y intercalent, accompagnées souvent de fentes planes de longueur pluricentimétrique. Des éléments figurés (quartz de tailles diverses, fragments de grès, de silex, nodules ferrugineux, gravillons calcaires, débris de Hélicidès), sont disséminés sans ordre dans la matrice.

L'ensemble est parcouru par un réseau de vides de forme irrégulière et de fentes planes et verticales, qui le rend très aéré et crée un début de nodulisation ; ces caractères s'accroissent vers le haut, où les fentes planes sont plus fréquentes et de longueur pluricentimétrique, les nodules (oolites, v. FREYTET et PLAZIAT p. 69) bien délimités par des vides, les filaments végétaux mieux individualisés.

Les vides et les fentes sont parfois tapissés ou remplis par de la microspathite, sous la forme de ségrégations de très petits cristaux (0,05 mm) sur toutes les parois, ou de cristaux plus grands (0,1 à 0,2 mm), isodiamétriques ou allongés, dans la partie inférieure des vides (parfois dans la supérieure), ou s'engrénant en mosaïque et comblant tous les interstices. Ces cristaux s'enracinent dans le sédiment et croissent perpendiculairement aux parois. C'est dans les fentes planes à feutrage de filaments végétaux qu'ils sont le mieux développés, à forme allongée dominante. Dans le limon calcaire, on observe une recristallisation du sédiment autour des vides, qui ne sont que très rarement remplis.

Par endroits, surtout dans les plages les plus riches en matière organique, les grains détritiques sont entourés d'une auréole de microspathite, qui pénètre parfois dans les fissures.

Le passage aux «limons rouges» est net, et se fait par un liséré d'argiles rouges et jaunes, disposées parallèlement à la surface de contact, sans aucune trace d'altération entre les deux.

Il s'agit d'un sédiment mis en place dans un milieu fréquemment inondé et soumis à des remaniements superficiels incessants. La matière organique végétale à l'état de trames et amas non identifiables ne présente aucun reste de lignine et provient donc de végétaux non vasculaires ; les tests de Hélicidès sont réduits à l'état de débris disséminés dans le sédiment ; les fentes nombreuses indiquent des alternances d'humectation et de dessiccation ; les cristallisations de calcite, mieux développées autour des filaments végétaux, suggèrent des circulations d'eau carbonatée.

D'autre part, la granulométrie très fine de la partie détritique, ainsi que la très faible quantité de matériau déposé, impliquent un arrêt de la dynamique de type torrentiel. Que cela provienne d'une modification du climat peut être déduit du passage graduel d'une vase brunâtre à une matrice de plus en plus rougeâtre, jusqu'aux argiles rubéfiées des «limons rouges», indiquant une évolution pédologique, donc des conditions de stabilité relative sur les versants.

La dalle sommitale, plus dure et compacte que la précédente (aucun vide n'est visible à l'oeil nu), a l'aspect d'un poudingue constitué de blocs de croûte massive cimentés par de la croûte zonaire d'épaisseur centimétrique. En tranche, ces blocs recimentés montrent une suite de phases sédimentaires et de phases de dessiccation (fentes), et des dépôts fins à structure massive, perlitique, alternant avec des croûtes zonaires (fig 4, éch. A 2146-4).

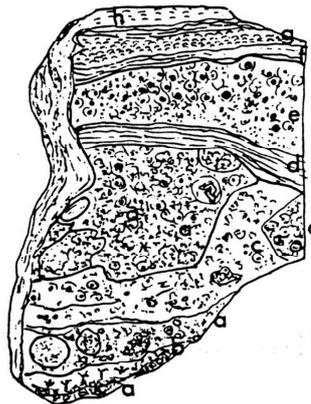


FIGURE 4 - La dalle sommitale x 1. Upper calcrete

a. sédiment argilo-sableux à algues et oolites ; b. surface de discontinuité à algues ; c. remplissage d'une fente de dessiccation ; d. croûte zonaire éolienne ; e. sédiment à oolites et filaments végétaux ; f. croûte zonaire éolienne ; g. croûte zonaire à plages de calcédoine ; h. croûte à Cyanophycées, silicifications généralisées.

a. clayey-sandy sediment with Algae and ooids ; b. discontinuity surface with Algae ; c. filling in a dessiccation crack ; d. aeolian laminar crust ; e. sediment with ooids and vegetable filaments ; f. aeolian laminar crust ; g. laminar crust with chalcedony areas ; h. crust with Cyanophyceae, generalized silicifications.

L'analyse en lame mince met en évidence :

- un premier dépôt (a) constitué essentiellement d'argiles rouges (remaniements des «limons rouges» ou apport direct des versants ?) auxquelles s'ajoutent des grains de quartz, des débris de Hélicidés, et de gros ooïdes et graviers argileux.

Les argiles se déposent dans un milieu riche en filaments végétaux, ce qui conduit à la formation d'ooïdes de toutes tailles entourés de matière organique, et incluant parfois un noyau constitué par un débris de test ou un grain de quartz. La structure d'ensemble fait penser à des grappes de raisin. Les rares vides sont remplis de microspathite.

Certains des plus gros ooïdes sont par contre remaniés de plus loin, car leur noyau est constitué d'un sédiment à sables très fins, quant aux graviers argileux, de taille variée (jusqu'à 2 cm), de couleur sombre (brun-violet), il s'agit d'un complexe formé d'argiles, petits quartz débris de Hélicidés ; un début de nodulisation est souligné par des fentes courbes à remplissage de microspathite ; la couleur est peut-être due à un remaniement d'argiles violettes (fig. 5).

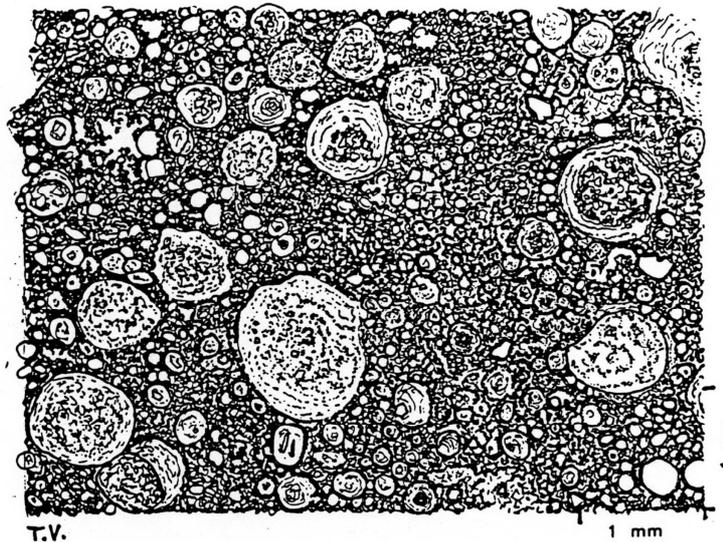


FIGURE 5 - Versant Nord des Aurès - Croûte perlitique «moulouyenne» (d'après photo).

Une trame de filaments végétaux (1) emprisonne la matrice fine, formant des granules (ooïdes) de tailles variées (2), et des ooïdes allochtones (3), constitués d'une matrice différente. Certains vides (4) sont comblés par de la microspathite en cristaux isodiamétriques, d'autres (5) restent béants.

Northern side of Aurès Mts. Perlitic «moulouyenne» crust (from photo).

A framework of vegetable filaments (1) entrapps the muddy matrix, fashioning pellets (ooids) of various sizes, and allochthonous ooids formed by a different matrix. Some voids are filled by isodiametric crystals of microsparite, some others (5) remain open.

Le milieu de dépôt, à forte activité biologique, conduit à l'effacement de toute structure sédimentaire ; ceci implique un volume d'apports faible, n'arrivant pas à étouffer la vie végétale.

- des discontinuités horizontales à allure sinueuse, épousant la surface du dépôt (b), indiquent des interruptions dans la sédimentation. Elles sont soulignées par une couche de filaments ou amas de matière organique, et par des «fantômes» de structures ramifiées indéterminables, qui pourraient être des algues, de taille millimétrique. De la microspathite à cristaux généralement allongés comble tous les vides et fossilise les restes végétaux. Aucun élément détritique n'est présent (photo 1).

- un réseau de fentes de retrait fragmentant le sédiment est rempli à son tour par de nouveaux apports (c). La dessiccation qui est à l'origine de ces fentes provoque la compaction et le durcissement du dépôt (absence de vides) et exclut toute possibilité d'évolution ultérieure par circulation des solutions.

Le remplissage des fentes (c) est de même nature que le premier dépôt (a), peut être moins compact.

Cet ensemble est un dépôt de décantation en milieu palustre, où alternent des phases d'apport détritique et des phases d'émergence et de dessiccation.

- une croûte zonaire (d) plombe cette série. Elle est constituée de pellicules parfaitement parallèles de filaments organiques formant parfois des coussinets (Cyanophycées ?) et de poussières calcaires. De petits quartz sont disséminés, rarement concentrés, dans la masse. Entre les filaments on observe de très petits cristaux de calcite.

Le contact avec le sédiment sous-jacent se fait par un feutrage très sombre de filaments pénétrant entre les ooïdes et moulant toutes les inégalités, dans lequel sont remaniés quelques quartz et ooïdes épars. Cette couche est ensuite recouverte par le limon calcaire et les filaments.

Aucune trace de ruissellement (litage, micro-entailles) n'est visible ; de même, aucun remaniement du dépôt (recristallisations, fentes, nodules etc..) : ceci implique l'absence d'eau en quantité suffisante pour imprégner le sédiment. Les poussières calcaires sont fixées par la microflore, qui se contente de la rosée et de précipitations épisodiques.

Nous sommes ici en présence d'une croûte zonaire de milieu aride, d'apport éolien.

- un deuxième dépôt (e), de même type que le premier, se met en place sur la croûte zonaire. Le passage de l'un à l'autre est graduel et se fait par un enrichissement en filaments végétaux, dans lesquels un sédiment argileux rougeâtre est soumis à un début d'ooïdisation. Au fur et à mesure, les trames végétales s'épanouissent, formant un réseau dans lequel sont piégés et des argiles rouges plus de petits grains détritiques et des ooïdes de taille millimétrique, visiblement remaniés car constitués d'une matrice allochtone. L'ensemble est très aéré, et les vides nombreux sont comblés par de la microspathite. Aucune trace de dessiccation (fentes) ni de tassement n'est visible ; la cristallisation de la calcite, syndécimentaire, en milieu immergé, a armé le sédiment contre les effets de l'émergence (photo 2).

Ce dépôt implique un milieu immergé de façon permanente, même si la lame d'eau n'était pas épaisse, et donc une topographie à peu près plane.

- on passe par une surface microravinée à une deuxième croûte zonaire, fort complexe. Elle débute par une phase (f) où de petits quartz, des argiles et du calcaire sont entraînés par un ruissellement laminaire et vont se déposer surtout dans les creux ; un feutrage de filaments végétaux, mal individualisé dans la partie détritique plus grossière (quartz) devient évident dans les passées argilo-calcaires. Le calcaire est de plus en plus abondant vers le haut, où les structures de ruissellement disparaissent et on semble avoir à faire à des poussières éoliennes fixées par une microflore, probablement de Cyanophycées. Les rares vides, essentiellement des fentes planes, sont remplis de microspathite. La surface est unie, très légèrement ondulée.

Au-dessus se dépose une couche (5 mm max. ; g) de couleur violette en lumière réfléchie, très sombre en lumière transmise, de granulométrie très fine ; de petits quartz sont présents. A l'œil nu, on voit de petits plissements soulignés par de fins liserés blancs ; il s'agit, vu au microscope, de fentes courbes convexes vers le haut, à contour irrégulier. Les parois sont revêtues de calcédoine ; le volume restant est rempli de microspathite formant mosaïque dans les plages les plus larges. Ces fentes se calquent sur une structure en coussinets due à un feutrage de filaments imprégnés de micrite et alternant avec des apports détritiques remarquablement triés, poussières rouges, quartz très fins, sables fins, le tout imprégné par la micrite (photo 3).

Outre les parois des fentes, la calcédoine remplit certains microvides ; il est possible d'observer des quartz en voie de « digestion » par la calcite, se prolongeant par une « queue » de calcédoine.

On passe ensuite à une couche (3 à 5 mm) (h) de même structure que la précédente mais de couleur blanche en lumière réfléchie, sombre en lumière transmise (matière organique), où les structures végétales en coussinets sont mieux visibles, la partie détritique réduite (quelques grains de quartz et surtout des poussières calcaires), et l'imprégnation par la calcédoine généralisée. Cette couche se met en place après une phase importante de dessiccation et de rétraction, qui débite la dalle en prismes décimétriques ; à partir de ce moment la croûte zonaire, constituée de pellicules successives semblables aux précédentes, s'accroît en moulant et en entourant les fragments de dalle.

Après une phase de ruissellement remaniant légèrement la surface du dépôt lacustre, s'installe une phase d'assèchement, prouvée par les apports éoliens (finesse, très bon triage) et les fentes de rétraction. Les pellicules superposées de croûte zonaire sont dues à des apports éoliens, fixés par la microflore, les circulations d'eau superficielle étant épisodiques : en tout cas, rien ne permet de les déceler.

D'autres silicifications seront décrites plus loin (BLUMEL et VOGT, p55). Ici, elles ne peuvent être dues à des circulations d'eau chargée en silice allochtone. Deux arguments l'excluent :

- les silicifications sont contemporaines et aussi postérieures d'une phase de dessiccation et de fissuration, ce qui est contradictoire avec des circulations d'eau, superficielles ou non ;
- la fracturation de la dalle, jointe à l'imperméabilité de la croûte zonaire, rend ces circulations inimaginables.

D'autre part, l'épigénèse de la calcite sur les quartz, ainsi que les précipitations de calcédoine en continuité avec des grains de quartz en voie d'épigénisation, suggèrent que, dans un milieu à aridité sévère, la croûte zonaire ait évolué en système fermé ; à preuve supplémentaire : aucune silicification n'est visible quelques centimètres plus bas dans le reste de la dalle, ce qui confirme l'absence de circulations d'eau après la phase sédimentaire.

Que ce soit à la Draa Tamoudjret ou à la Draa Charf, la succession d'un premier sédiment mis en place en milieu palustre, d'une croûte zonaire de milieu aride, d'un nouveau sédiment de milieu lacustre, puis d'une croûte zonaire terminale est la même. Il ne s'agit donc pas d'une séquence purement locale.

Si l'on essaie de replacer l'apport de l'étude microstructurale des croûtes dans l'ensemble de la séquence sédimentaire, on peut en tirer les enseignements suivants :

c. La séquence sédimentaire et l'évolution du relief

Une phase torrentielle met en place, dans des chenaux ravinant les argiles miocènes, des cailloutis grossiers ; le remblaiement des parties les plus déprimées conduit à une certaine égalisation de la surface topographique. Dans les bas-fonds marécageux se forme la dalle inférieure, d'épaisseur variable (10 à 40 cm) selon les détails de la surface de départ.

L'égalisation de la surface topographique se poursuit avec le dépôt des « limons rouges », décantés eux aussi en milieu hydromorphe (nodules farineux). La sédimentation devient de plus en plus calcaire, et on passe à la dalle sommitale, qui se dépose sur toutes les formations précédentes, depuis les argiles miocènes jusqu'aux limons rouges, parachevant cette égalisation. Une première croûte zonaire plombe la surface et la rend imperméable, ce qui facilite la mise en place d'une nappe d'eau permanente.

Tout ceci ne s'explique que dans un contexte de subsidence, pouvant seul justifier l'empilement de sédiments aussi fins sur une aire assez étendue.

Il faut en déduire qu'au Moulouyen, la zone de subsidence située actuellement dans la partie occidentale de la Garaet et Tarf se trouvait plus près de la chaîne des Aurès, et que la pente actuelle de 2 à 3° des Draa Tamoudjret et Charf, cuvettes palu-lacustres au Quaternaire ancien, est secondaire, due à une inclusion du piémont dans l'aire de soulèvement (relatif ou absolu).

d. La séquence sédimentaire et les paléoclimats

Une forte compétence de l'écoulement est nécessaire pour mettre en place les dépôts torrentiels de base. Il est cependant difficile de tirer de conclusions paléoclimatiques de ce seul fait. Il est par contre possible de déduire de l'analyse de la dalle inférieure certaines caractéristiques : humidité relativement constante, écoulements fréquents de faible intensité, sous des températures relativement fraîches (hydromorphie, absence de rubéfaction) au début, augmentant ensuite et permettant une évolution pédologique rubéfiante ; celle-ci implique d'ailleurs un assèchement saisonnier.

Les « limons rouges » pourraient témoigner de cette évolution sur les versants. L'augmentation de la teneur en calcaire des dépôts, passant à la dalle, est peut-être liée à une plus grande sécheresse, prouvée par les fentes de retrait, mais aussi à une accentuation du confinement de la cuvette : évacuation plus difficile des eaux et précipitation des carbonates par évaporation. Il est intéressant de constater que malgré cette situation « endoréique » on n'observe pas de gypse dans les dépôts : **les marnes gypseuses du soubassement sont protégées par l'empilement des sédiments provenant de l'amont, grâce à la subsidence qui empêche l'incision progressive des cours d'eau.**

L'évolution vers l'aridité, interrompue par une petite phase lacustre, est prouvée par la croûte zonaire d'origine éolienne, par la fragmentation de la dalle, par son évolution en système fermé aboutissant à des microsilicifications autigènes. Il est bon de rappeler qu'une phase de silicification a été décelée dans le Villafranchien terminal (= Moulouyen) des hamadas sahariennes (CONRAD 1962, p 334).

2. Le glacis «amirien»

Contrairement à ce qui avait été publié (BALLAIS 1975), le glacis «amirien» existe bien sur le piémont nord. S'il avait échappé aux recherches jusqu'à maintenant, c'est qu'il est réduit à quelques rares buttes de très petite taille de Gloua et Trab (fig 1).

Sur les argiles miocènes salées reposent 3 à 5 m de gros galets roulés, à enduit calcaire ou patine jaune. Ils sont coiffés par une formation supérieure à faciès très variables ; les plus intéressants, que nous avons étudiés, sont une accumulation calcaire pulvérulente et une croûte épaisse de 1 m, riche en passées zonaires qui forme corniche au-dessus des galets. Le faciès zonaire fournit un reg de dissociation formé d'éclats de petite taille (quelques centimètres) très comparable à celui formé à partir de la croûte saumon (moulouyenne). Parfois, croûte pulvérulente et dalle sont remplacées par des limons à nodules farineux.

Deux échantillons ont été prélevés, l'un dans un niveau friable (A 2146-8), l'autre dans la croûte zonaire sommitale (A 2146-7) du même affleurement de Gloua et Trab.

a. La croûte friable

Il s'agit de nodules de forme et de taille très variables, de couleur blanc-beige à l'état sec, beige foncé à rose à l'état humide. Cohérents à l'état sec, très poreux, ils s'effritent facilement une fois mouillés. Ils sont pris dans une matrice poreuse calcaire sans aucune plasticité.

Après immersion dans l'eau, léger broyage manuel et lavage de la partie fine (inférieure à 50μ), on observe à la loupe binoculaire une formation grumeleuse blanc à rose, constituée de granules subsphériques de petite taille (moins de 0,1 mm), peu ou pas cimentés entre eux et ressemblant à des grappes d'oeufs de poisson. De rares cavités sont remplies d'un feutrage de filaments blancs, qui constituent aussi le ciment entre les granules. Les quartz, de petite taille, sont rares.

- En lame mince, après consolidation, on observe une formation litée (lits de 0,5 à 1 cm) ; la limite entre les lits est nette, par une surface microravinée. Le sédiment est constitué d'un limon rose en lumière réfléchie, sombre en lumière transmise, la couleur étant due à de l'oxyde de fer, et de nodules millimétriques à matrice limoneuse, contenant des quartz de tailles diverses, des fragments de Hélicidés, des granules d'oxyde de fer, et qui semblent parfois avoir une structure concentrique.

Le milieu d'accueil est une microflore (Algues) dont les filaments sont conservés par endroits, et qui a une double action :

- l'effacement, à l'intérieur de chaque lit, de toute structure de sédimentation ; les limons sont remaniés en petits granules, les nodules s'effritent ;*
- la précipitation du calcaire en solution dans les eaux courantes, sous la forme de sphérolites, de micrite très claire enrobant les granules limoneux, de spathite isodiamétrique, fibroradiée, et en aiguilles, formant des feutrages dans les vides.*

Les lits se différencient entre eux par la plus ou moins grande proportion de matériel détritique ou de filaments et de calcite ; il n'y a pas de circulation d'eaux carbonatées dans le sens vertical : les lits moins riches en calcite ne sont pas enrichis secondairement par le haut, et les vides ne sont pas comblés.

Il y a par contre recristallisation de la calcite in situ, et on passe des feutrages d'aiguilles à des mosaïques de microcristaux isodiamétriques ou fibroradiés ; de même des auréoles de microspathite se forment autour et dans les fissures des quartz ; d'autre part, la pénétration des solutions carbonatées et la cristallisation de la calcite dans les vides capillaires des nodules les désagrège. Encore une fois, tous ces phénomènes ont lieu en respectant le litage, sans communication d'un lit à l'autre. Ils sont donc synsédimentaires ou dus à chaque fois à une diagenèse précoce (photo 4).

- PHOTO 1** Versant Nord des Aurès. Dalle du Quaternaire ancien. Croûte perlitique. Lumière naturelle.
1. Couche à algues (a) et microspathite. La calcite a précipité autour des structures végétales avant le dépôt de 2. En 2, on observe : une fine couche de matière organique (en noir) avec de très petits oïdes (b) ; une deuxième couche, essentiellement argilo-limoneuse ; puis une couche comprenant des sablons, des oïdes à nucléus et cortex, remaniés, et une matrice fine dans laquelle apparaît un début d'ooidisation.
*Northern side of Aurès Mts. Early Quaternary hardpan. Perlitic crust. Plane light.
1. Layer with algae (a) and microsparite. Calcite has precipitated around vegetable structures before deposition of 2. In 2, we can observe : a thin layer of organic matter (black) with very little ooids (b) ; a second layer, essentially silt-muddy, then a layer showing fine sand, reworked ooids with nucleus and cortex, and a mud matrix with incipient ooids.*
- PHOTO 2** Ibidem. Croûte perlitique supérieure. Lumière naturelle.
De grands oïdes allochtones sont emprisonnés dans une trame de filaments végétaux (en noir). La matrice vaseuse est fragmentée en petits oïdes. Les vides sont remplis de microspathite ; l'absence de tassement suggère que la calcite a cristallisé avant l'exondation.
*Ibidem. Upper perlitic crust. Plane light.
Allochthonous big ooids are entrapped in a framework of vegetable filaments (black). The mud matrix is fragmented in little ooids. Voids are filled by microsparite ; the lack of compaction suggests that calcite crystallised before exundation.*
- PHOTO 3** Ibidem. Croûte zonaire. Lumière naturelle.
Le fond noir est dû à la matière organique (Cyanophycées) formant des coussinets. Les quartz (en blanc), d'apport éolien, sont rares, sauf des concentrations locales. Les plages gris sombre sont dues à la micrite fixée autour des filaments (1). Entre les coussinets précipite de la calcédoine (2) en fins revêtements (veines gris-clair) ; de la microspathite (3) comble la place restée vide.
*Ibidem. Laminar crust. Plane light.
Organic pad-shaped matter (Cyanophyceae) forms the black background. Rare quartz grains, aeolian (white), with the exception of some local concentrations. Dark grey areas are micrite surrounding filaments (1). Between the pads chalcodony precipitates, forming thin coatings (light grey veinlets) ; microsparite (3) fills remaining voids.*
- PHOTO 4** Versant Nord des Aurès. Glacis du Quaternaire moyen. Croûte friable. Lumière polarisée.
Lits superposés de «limons roses» et oïdes déposés dans un milieu riche en algues. La limite entre les lits est nette. La précipitation de la calcite (microspathite) est particulièrement importante au sommet du lit inférieur, où la phase détritique diminue. Les vides, irréguliers, ne sont pas comblés secondairement (1). La cristallisation de la calcite dans les vides capillaires des oïdes les désagrège (2).
*Northern side of Aurès Mts. Middle Quaternary pediment. Crumbly crust. Crossed nicols.
Superposed layers of «pink silts» and ooids deposited in an algal environment. Boundaries between layers are sharp. Calcite (microsparite) precipitates mainly at the top of the lower layer, where the detrital material diminishes. Irregular shaped void (1) are not secondarily infilled. Calcite crystallization in capillary voids of ooids disintegrates them (2).*



Ces faits impliquent tout d'abord des écoulements chargés en matériel détritique uniquement fin, surtout des limons calcaires, et de carbonates en solution, sur des pentes extrêmement faibles. L'absence d'argiles et de toute trace de pédogenèse rubéfiante suggère un climat frais et humide, pouvant libérer ce type de matériel.

D'autre part, la présence de microflore à tous les niveaux de cette accumulation calcaire, dans des lits d'épaisseur centimétrique, implique que la lame d'eau était mince et temporaire, et que ce sédiment représente le remplissage graduel d'une cuvette : encore une fois, la tendance subsidente a pu jouer.

b. La croûte zonaire

Elle se dépose sur une vase calcaire rose (remaniement d'argiles rouges) parcourue par de très fines tubulures (1 à 2 mm max.) généralement vides, parfois à remplissage calcaire. La surface de contact est fendillée et microravinée, soulignée par un feutrage de filaments (1 mm).

- En lame mince, cette croûte zonaire apparaît très semblable à celle du niveau moulouyen, mais beaucoup moins complexe. Il s'agit en effet essentiellement de limons et poussières calcaires, contenant de très petits quartz, remarquablement triés par microlits millimétriques, et fixés par des coussinets de Cyanophycées. Des bandes plus riches en matériel détritique (forte accumulation) alternent avec des bandes où les trames végétales sont plus importantes. A la partie supérieure, des microsilifications sont visibles, mais bien moins importantes que dans la croûte moulouyenne. On n'observe ni microravinements, ni présence de gypse.

La séquence est ici légèrement différente de celle du niveau moulouyen, car on a l'impression qu'une pédogenèse rubéfiante ait eu lieu sur les versants avant le dépôt de la croûte zonaire. Celle-ci est sans aucun doute d'origine éolienne et prouve une phase d'aridité marquée à la fin de l'Amirien.

CONCLUSION

Les croûtes calcaires du piémont nord des Aurès représentent donc des épisodes de sédimentation très fine qui se placent à la fin des phases alluviales grossières dues à une dynamique de type torrentiel. Elles correspondent probablement à une reprise de la végétation sur les hauts versants, lors d'une période de transition d'un climat frais et humide à un climat chaud et sec.

Les croûtes zonaires se situent à l'aboutissement de cette évolution, lorsque la sécheresse s'installe définitivement.

L'étude de ces formations permet de mettre en évidence :

- l'existence de deux phases sèches à silifications et apports éoliens, à la fin du «Moulouyen» et de l'«Amirien». Des épisodes à forte activité éolienne, répétés depuis le Quaternaire moyen au moins, avec transport de sable et de gypse, ont été démontrés récemment sur le piémont sud des Zibans, à l'Ouest des Aurès (BALLAIS, MARRE, ROGNON 1979), alors qu'on n'en avait reconnu qu'un dans les «chotts» du Bas-Sahara algérien (COQUE et GACHELIN 1975).

Les recherches de l'un de nous, seul ou en collaboration avec M. BENAZZOUZ et J. RISER, sur la bordure orientale de la Garaet et Tarf, avaient abouti à l'intuition qu'une phase éolienne avait modelé en dunes et/ou lunettes les limons du niveau de base, probablement au Quaternaire moyen. L'étude des croûtes calcaires apporte des preuves à cette intuition et permet de penser que cette phase s'est placée à la fin de l'«Amirien» et qu'elle a probablement duré jusqu'au «Tensiftien» ;

- des conditions de sédimentation en milieu palustre. Ceci implique des pentes sub-horizontales au moment du dépôt, inférieures aux pentes actuelles (2 à 3°), qui sont donc secondaires, à attribuer à des mouvements tectoniques. Par ailleurs, la disposition des sédiments prouve une subsidence dont l'aire d'activité, plus large au Quaternaire ancien et moyen, est allée en se rétrécissant pour se localiser à l'heure actuelle dans la partie occidentale de la Garaet et Tarf. On peut ainsi montrer comment une zone de largeur croissante est englobée au cours du Quaternaire dans l'aire de soulèvement relatif du môle des Aurès.