

2ème PARTIE:

ETUDE DETAILLEE DE DEUX NIVEAUX QUATERNAIRES DU COULOIR DE TAZA QUERCIF (Maroc Oriental).

1. Cadre morphogénétique.

Parmi les niveaux quaternaires à encroûtement continu (RULLAN 1971) du Couloir de TAZA-GUERCIF, nous en avons choisi deux particulièrement représentatif. C'est-à-dire qu'ils offrent la succession typique de tous les niveaux, qui est la suivante de bas en haut: horizons terreux rubéfiés ou non - croûte avec pellicule rubanée ou non, dalle avec ou sans cailloux roulés - encroûtement tuffeux avec ou sans cailloux - cailloutis ou limon à nodules, rognons, tâches farineuses, disposés verticalement ou de façon quelconque.

Cependant, nous devons signaler que, si la succession est pratiquement identique sur tous les niveaux, compte tenu des troncatures éventuelles, l'épaisseur des divers horizons ou strates se réduit en passant du Moulouyen ou Tensiftien (nomenclature classique du Quaternaire marocain de CHOUBERT et al. (1956), surtout à partir de la croûte vers la profondeur (cfr. A. FOURNET 1969).

11. LA GAADA-EL-HAMRA est un petit plateau en lanière, situé dans le couloir sud-rifain sur le piémont du Myen Atlas septentrional, à 6 Km à l'est de TAZA. Age: Villafranchien-Moulouyen. (Fig. 4).

12. LE BLED OULJAMANE est une unité morphologique secondaire de la plaine de GUERCIF, décrite par RAYNAL (1961), comprenant une terrasse prolongeant un glacis d'âge Amirien, surmontant des cuvettes limoneuses, d'âge Soltano-Rharbien (figure 5).

Ces diverses formes se sont développées par dessus des marnes du Miocène (Tortonien) et sont constituées de matériaux essentiellement caillouteux (surtout calcaires issus de Moyen-Atlas). A noter aussi que ces deux unités sont actuellement *détachées* de leur source d'approvisionnement en calcaire à la suite de l'évolution du modelé.

2. Principes directeurs du travail.

Multiplier le levé précis des profils (plus de 70); en saisir les relations spatiales (en particulier grâce à l'existence d'un réseaux de plus de 4 Km de long de terrassements et de trous à olivier à la GAADA-EL-HAMRA.

LA GAADA EL HAMRA. COULOIR DE TAZA.

(semi-aride 670 mm.).

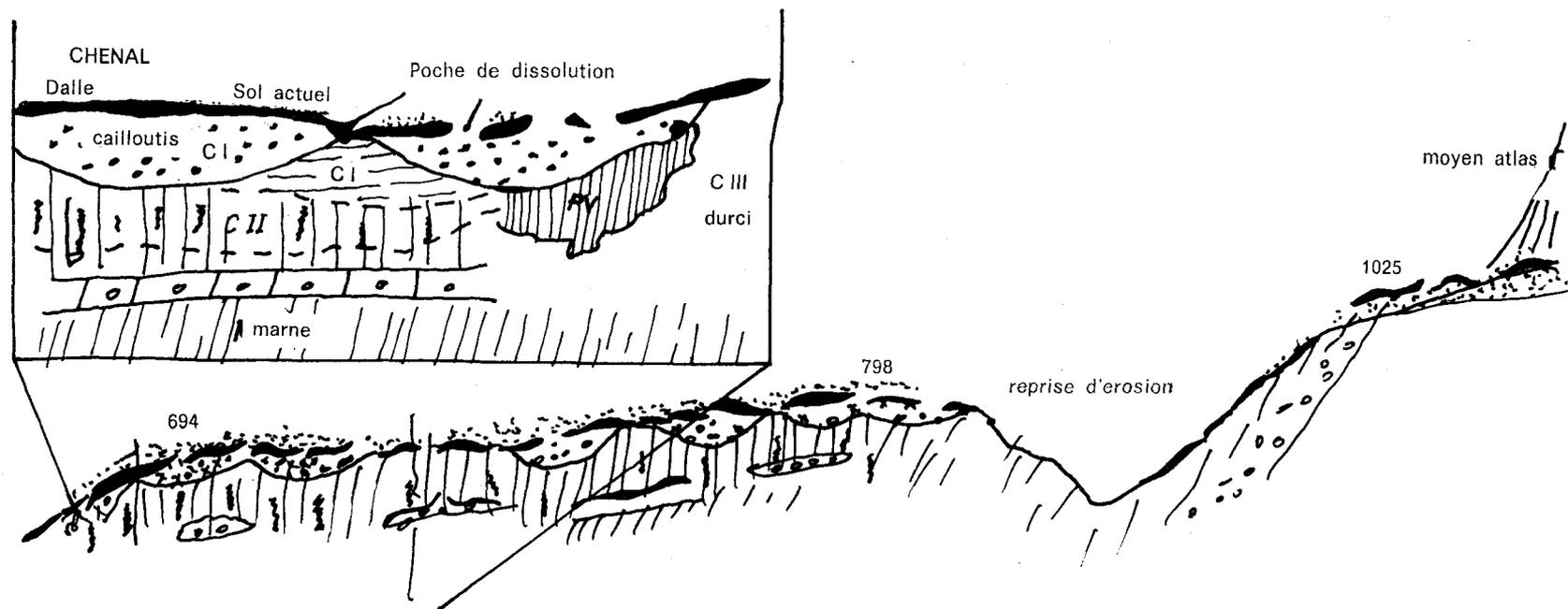


Figure 4.

Appliquer à l'étude des profils un éventail de techniques d'analyse:

- a) levé géomorphologique des sites.
- b) description détaillée des coupes et de leurs relations spatio-temporelles;
- c) prélèvement dirigé (145 éch.).
- d) analyse minéralogiques (argiles), chimiques, granulométriques et micromorphologiques (130 éch.).

Intégrer l'ensemble des résultats analytiques au cadre morphogénétique.

3. Inventaire des observations et notion d'unités géopédologiques.

A la lumière de l'étude pluridisciplinaire, nous considérons les profils levés non plus comme de simples superpositions d'horizons, mais comme autant d'*unités géopédologiques*. Ces dernières permettent en effet de mieux caractériser les *accumulations sédimentaires* (dénommées SI et SII, voir tableau I) et les *épisodes pédogénétiques* (PI et PII).

Des séquences verticales et horizontales d'unités géopédologiques ont été reconstituées avec minutie. La stratigraphie et les relations spatio-temporelles sont schématisées aux 4 et 5. Nous présentons ci-après une typologie des dépôts dans l'ordre stratigraphique descendant (tableau I):

A. LA GAADA-EL-HAMRA (Figure 4, tableau I).

PII-SA: sols sur limons rouges ou bruns, engendrés par dissolution ancienne à récente des encroûtements, et s'insinuant parfois dans les croûtes activité biologique actuelle: *décalcification, rubéfaction, isohumisme d'intensités variables*.

SII-CI: Juxtaposition, superposition et interdigitation de dépôts caillouteux de chenaux fluviaux d'une part, de limons d'interfluves d'autre part: *sédimentation puis/ et encroûtement*. Ces deux types de matériaux sédimentaires sont affectés en effet par la cimentation calcaire:

a) *Les cailloutis fluviaux* (calcaire noir du lias de l'Atlas) sont soudés par un ciment tuffeux à crayeux, calcitique, devenant plus dur à la proximité de la surface. Croûtes lamellaires, pellicules rubanées et autres phénomènes calcaires s'y superposent suivant la description hiérarchisée de RUELLAN (1971). Cependant au vu de l'étude micromorphologique et de l'examen des surfaces polies, les lamelles de l'encroûtement sommital apparaissent comme des accumulations discontinues de petites couches, plus ou moins pigmentées par le Fe, enrobant de petits agrégats d'encroûtement antérieur et même de petits cailloux calcaires, le tout résultant, à notre sens, d'un *ruissellement latéral et superficiel* (fig. 6).

b) Les dépôts limoneux d'interfluve (CI) ainsi que des formations pédogénétiées antérieures (CII et PV préservées localement de l'effet érosif du CI caillouteux) sont envahis par un encroûtement tuffeux friable. Vers le haut le tuf calcaire est coiffé d'une croûte lamellaire feuilletées, avec ou sans pellicule rubanée.

A noter que dans les dépôts conglomératiques en particulier, l'attapulgite est le minéral argileux guide; sa fréquence atteint 10 à GUERCIF dans les tufs et descend à 3-4 dans ceux de la GAADA-EL-HAMRA (affleurement de la route protégé des intempéries venant de l'Ouest). L'attapulgite a disparu sur les flancs de la GAADA-EL-HAMRA exposés aux pluies dominantes de l'Ouest; elle est également absente, dans les limons CI d'interfluve; dans les niveaux limoneux à texture fine à la suite des conditions pédoclimatiques défavorables). Par contre, elle est préservée dans les limons de couverture à GUERCIF, mais détruite dans ceux de la GAADA-EL-HAMRA.

PI - CII :

a) à la base, argile rouge de dissolution (paléosol enfoui, tronqué ou érodé complètement suivant les sites d'observation) présentant encore des débris de CIII incomplètement altéré, s'insinuant irrégulièrement sous forme de poches, dans le CIII sous-jacent;

b) vers le haut, là où le dépôt de dissolution précédant a été érodé, développement d'horizons pédogénétiés (=CII) aux dépens du CIII. A noter la présence en leur sein, de ferriargilanes préservés, fossilisés. A l'époque CI, ces formations pédogénétiées CII ont été envahies par une contamination calcique (par percolation de solutions calcaires elles-mêmes responsables de la cimentation du CI, principalement du cailloutis). En dépit de

LE BLED OULJAMANE - GUERCIF

(aride 200 mm.).

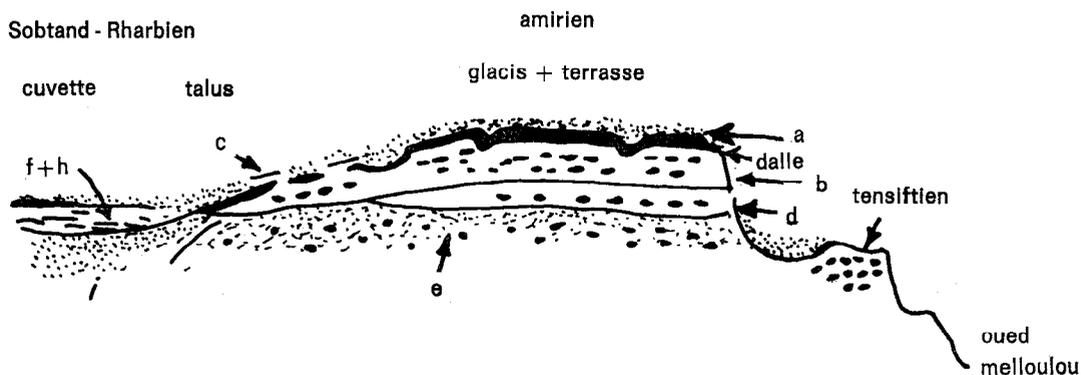
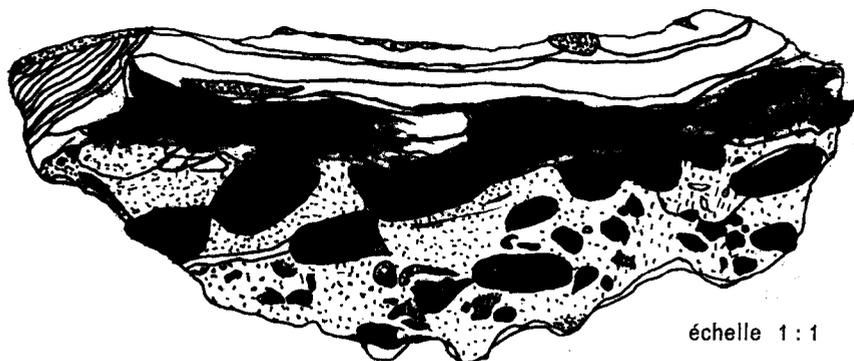


Figure 5.

CROUTE ZONAIREStructure zonaire

microlit superficiel rugueux



microlits calcaires blancs



microlits bruns ferrugineux

microlit à éléments classiques
de la taille des sables

microlits brun rougêatres

Structure conglomératique

cailloux en demi-lune

cailloux fissuré
veinule calcaire

fissure, bulle vide

éléments élastiques de la
taille des sables

pellicule calcaire

Figure 6.

l'invasion du CII par la calcite (poupées, chapelets de nodules, etc...), il est essentiel de noter l'absence de l'attapulгите, minéral engendré dans les milieux évaporants et confinants superficiels.

SI - CIII :

- a) à la base, marne grise du Tortonien, plus ou moins fissurée (CIIa).
- b) passées conglomératiques locales de calcaire (cailloux roulés) (CIII b).
- c) limons ou marnes durcis, affleurant vers le haut et sous-jacents au CII, présentant localement des lentilles de sable et des cailloux calcaires du Lias, (durcissement par percolation et invasions des solutions calcaires du CI) (CIII c).

B. LE BLED OULJAMANE (figure 5).

Du sommet du plateau, formé par la terrasse de l'Amirien, vers la cuvette limonueuse en contre-bas, on observe:

- a) *Limon brun-gris, en placage discontinu*, s'insinuant parfois entre les croûtes fissurées. Attapulгите prédominante et préservée.

TABLEAU 1. - Relations mutuelles entre phases sédimentaires et pédogénétiques, nature des matières et processus génétiques, chronologie relative et mineralogie des argiles: GAAD-EL-HAMRA.

Phase verticales Code	Nature	Processus et matériaux		Chronologie relative	Minéralogie des argiles
PII	Pédogénèse de surface SA	Altération Pédogénèse Erosion (anthropique ou naturelle).	1. Décarbonisation des carapaces calcaires et des tuffis. 2. Pédogénèse: libération du Fe; complexation Fe + argiles ou organo-minérale, à divers stades et intensités SOLS actuels sur divers substrats, suivant le site occupé par l'unité géopédogénétique.	Post-Moulouyen à l'Actuel, avec éventuellement de lacunes dans le temps et l'espace.	Associations diverses intactes ou dégradées, héritées des divers substrats + vermiculite et -(10-14v). Ferriargilanes libres.
SII	Sédimentation CI	Sédimentation carbonisation Erosion et remaniement (du CI limoneux d'interfluve, du CII (en partie), pres que totale du paléosol villafranchien (PV).	1. Accumulation sédimentaire: — cailloutis de chenal, fluvial, anastomose; — limon d'interfluve. 2. Revinement par le CI caillouteux ces substrats CII, PV, CIII. 3. Carbonation sédimentaire: — incrustation calcaire des limons CI; cimentation du CI caillouteux; induration du CIII; envahissement calcaire du CII; — Formation des carapaces terminales par dessus le CI.	Moulouyen Date du CI	Illites (ouvertes); Smectites mal cristallisées (10-14 _M). (heritage de l'arriere pays). Chlorite; (14 _C -14 _M). Smectites mieux cristallisées. Illite ouverte. Attapulgite.
CICATRICE D'EROSION					
PI	Pédogénèse enfouie, ravinée sur les talus d'érosion	Altération pédogénétique du CIII Carbonisation	Pédogénèse par décarbonisation du CIII marneux, avec libération du Fe (argilanes et ferriargilanes). Développement du paléosol villafranchien PV. Héritée par percolation au cours de la sédimentation CI.	Villafranchien Date du CI	Illite ouverte. Vermiculite (14 _C -14 _V). Smectites mal cristallisées. Ferriargilanes fossilisées par calcite.
SI	Sédimentation CIII	Sédimentation Carbonatation	Marnes, parfois à cailloutis durcissement local.		Illite à pic aigu. Smectite bien cristallisée, (chlorite).

b) *dalle conglomératique épaisse* (30-50 cm) à cailloux de calcaire noir scellés par la calcite. Indices de dissolution fossilisés: cailloux en demi-lune, à surface couverte par des micro-lapiès. Absence de pellicule rubanée. Attapulгите.

c) *croûte lamellaire tuffeuse à crayeuse*, avec ou sans pellicule rubanée englobant des cailloux calcaires dissouts en demi-lune parfois éclatés et fissurés (figure 6). Attapulгите.

d) *cailloutis encroûté* dans un ciment tuffeux friable.

e) cailloutis non soudé, présentant des revêtements ferromanganeux; matrice sablo-argileuse à argilo-sableuse, fine, libre, rubifiée.

f) *limons brun-gris*, argilo-calcaire, en colmatage des cuvettes et ravins, à structure *feuillettée*, engendrés par *ruissellement*, de limon à attapulгите libéré par la désagrégation des croûtes;

g) *encroûtement tuffeux*, friable, en bordure de cuvette.

h) *limon argileux rose*, rubéfié, à tâches jaunâtres d'encroûtement diffus, à attapulгите de « percolation »; argilanes fossilisés par l'encroûtement.

4. Minéralogie des argiles (tableaux I et II).

Les fractions argileuses, préalablement décarbonatées présentent un éventail de composants, minéraux simples et édifices interstratifiés irréguliers, ainsi que *l'attapulгите* à laquelle il fut déjà fait allusion précédemment. On observe en outre: des *illites* (I), des *smectites* (Sm), de la *chlorite* (C), de la *vermiculite* (V); des édifices complexes répondant aux formules générales: (10-14_M). (10-14_v) et (14_o-14_M). En quantité et en qualité ces matériaux variant suivant leur place dans les unités géopédologiques.

Cependant, mis à part quelques cas d'attapulгите dominante (GUERCIF), les illites et les smectites sont les minéraux cardinaux des associations. Les illites sont différenciées: par *l'indice d'aigu* (TRAUTH, et al., 1968), et par la *composition de la couche octédrique* (méthode ESQUEVIN, 1969); les smectites sont caractéristiques par le faciès de la réflexion à 17 Å (montmorillonite glycolée (THOREZ, 1974, sous presse) et par le rapport v/p (BISCAYE, 1964).

Les associations minéralogiques, regroupées au sein des différentes unités géopédologiques, répondent, sur le plan de leur genèse, à l'un des quatre processus géochimiques, ou à une combinaison de ceux-ci illustres et définis par les travaux de l'école de MILLOT: *héritage* (H), *dégradation* (A) et *néoformation* (N) (tableau II). Les relations mutuelles entre la minéralogie d'une part, la nature des processus géochimiques d'autre part sont résumées au tableau II.

TABLEAU 2. - Essai de reconstitution des itinéraires géochimiques des associations de minéraux argileux dans les diverses unités géopédogénétiques GAADA-EL-HAMRA.

PI	Désencroûtement, dissolution pédogénèse post-moulouyenne.	Tous types d'association minérales héritées intactes ou diversement dégradées, à partir des substrats CI, CII ou CIII. + V _D + 110 _D -14 _V)
SII	Sédimentation du CI limoneux et caillouteux, cimentation par le calcaire. Encroûtement partiel du CII par circulation des solutions amenées avec le CI.	I _o + Sm _{E,C} + 0 + (10-14 _M) (14 _C -14 _M) + Att (surtout dans la dalle à cailloux) H H, A N, N H, A A N I _o + (14 _C -14 _M) + Sm _{B, C, E} + (10-14 _M) H A A, H H, A
PI	Pédogenèse du CIII=CII. Paléosol villafranchien PV.	I _{pl/o} + (14 _C -14 _V) /V + (10-14 _M) + Sm _{E,C} D C D D I _{pl/o} + (10-14 _V) + (14 _C -14 _V) /intergrade Al + Sm _E D, H D D D
SI	Accumulation des marnes CIII.	I _{pa} + Sm _A + (C)/(14 _C -14 _V)

LEGENDE :

I_{pa} : illite à pic aigu (TRAUTH *et al.* 1968) I_{pl} : à pic large (ibid); I_o : illite ouverte; Sm : Smectite A à E: état de cristallinité décroissants (THOREZ, 1974); V : Vermiculite; H : héritage; D : dégradation; A : aggradation; N : néoformation.
Ne figurent pas dans ces séquences géochimiques, les variations dans la composition couche octaédrique des illites (méthode ESQUEVIN, 1969).

REMARQUE :

Pour GUERCIF, l'attapulgite est réformée dans les croûtes, héritée dans les limons de couverture. Les limons anciens, enfouis, rubéfiés à ferriargilanes et partiellement ertuffés en contiennent à leur sommet. D'autres limons n'en contiennent pas et se caractérisent surtout par des interstratifiés nés de l'altération de la chlorite, des illites : (10-14_M), (10-14_V), (14_C-14_M), (14_C-14_V).

5. Les enseignements de la micromorphologie.

En s'intégrant harmonieusement aux autres techniques d'étude, la micromorphologie permet entre autre de mieux saisir les filiation entre phénomènes sédimentaires et pédogénétiques au niveau:

a) de la structure d'agrégat, de la granulométrie et des formes de contamination et d'invasion de la calcite; cette technique a permis de déduire qu'à GUERCIF au niveau des cuvettes, l'attapulгите est née, ou mieux, parvenue dans un milieu sédimentaire à la faveur de ruissellement entraînant des solutions calciques et basiques.

b) de la diversité et de l'intensité des phénomènes d'altération pédogénétique et de dissolution (étude attentive des *ferriargilanes*, témoins de dissolution étalée dans le temps; ces argilanes sont tantôt intégrés au fond matriciel, tantôt scellés par une cacite postérieure, tantôt sont libres sur les structurelles et dans les fentes et des conduits.

La différenciation entre cacite sédimentaire et cacite d'imprégnation peut être montrée: succession, juxtaposition de cacite sous forme micrique, spartique, surimpositions de générations de calcitans.

6. Conclusions.

Les modes de superposition et d'emboîtement des diverses unités géopédologiques, leurs cort-ges de minéraux argileux et leur origine, les gradients chimiques (Fe, Al, K, Mg, Ca), les caractères micromorphologiques permettent, à la GAADA-EL-HAMRA, la reconstitution d'un modèle de succession au cours d'un pluvialinterpluvial suivant la proposition de RAYNAL (1961). On y présente la part respective de la pédogenèse cumulée de surface et surimposée aux croûtes. On y montre l'étagement des formations sédimentaires et pédologiques suivant une « chromatographie » très détaillée dont l'essentiel est mentionné dans cette synthèse. C'est ainsi l'absence de la palette de nuances de surface, observées à la GAADA-EL-HAMRA, qui rend le modèle de GUERCIF beaucoup plus simple.

Les milieux pédogénétiques (actuels de plateau; et enfouis) se caractérisent par la rubéfaction, la brunification, le jaunissements en Fe, Al, K, et Mg; par un rapport Fe libre/Fe total indiquant une « ferrification » associée à une aluminisation qui se traduisent au niveau des illites par exemple; par la mauvaise cristallinité acquise par les smectites au cours de l'histoire pédogénétique; par la présence et le développement de la vermiculisation dans les limons de couverture issus des produits de remaniment et de l'altération des encroûtements.

1) *Les milieux sédimentaires*, notamment de faciès régressif (marnes CIII) se caractérisent par des illites et des smectites bien cristallisées, par un peu de chlorite, par l'absence d'attapulгите.

2) *Dans les encroûtements calcaires*, nés essentiellement à notre avis au cours de la sédimentation s.l., on voit apparaître, se développer et même dominer l'attapulгите, en particulier au niveau des dalles conglomératiques. Les minéraux argileux y sont néoformés (attapulгите) ou agradés (chlorite, (14c-14m), peut être (10-14m). Ainsi comme le souligne TRICART (1968) et confirmant en cela le point de vue de RAYNAL (1961): « Les croûtes seraient le dernier acte de la genèse des glacis; elles se sont mises en place sous l'effet du même ruissellement diffus au moment où il allait cesser pour faire place à un écoulement concentré disséquant les glacis ».

L'attapulгите des croûtes conglomératiques et des encroûtements nous apparaît ainsi comme un minéral né au cours de *la sédimentation chimique basique* continentale qui envahit le paysage en y concentrant des solutions riches en cations, dont certains vont conduire à la fabrication de cette attapulгите et régénérer d'autres argiles dégradées (MILLOT, 1964). On a pu démontrer que cette attapulгите pouvait s'infiltrer dans les substrats fissurés, en même temps que les boues cacitiques, faisant penser à juste titre à une néoformation de l'attapulгите au domaine de la pédogenèse sensu stricto (supposant une activité biologique interne).

Les minéraux argileux constituent de bons indicateurs dans la solution de problèmes tels ceux de la GAADA-EL-HAMRA. La chose a été prouvée grâce aux travaux des pédologues de l'ORSTOM comme à ceux de l'école strasbourgeoise des argiles. Cependant, il nous apparaît qu'ils doivent être intégrés à un cadre plus étoffé de techniques d'analyse, à la micromorphologie, à la chimie. Néanmoins, en tant que « marqueurs », les minéraux argileux réagissent de manière sensible à toutes les nuances imposées par la succession l'interférence des processus morphogénétiques géochimiques et sédimentaires, à l'échelle de temps et de l'espace, comme à l'influence du climat. Pour tirer plein profit des arguments pluridisciplinaires, il est absolument nécessaire de bien cadrer au départ, les sites échantillonnés et leurs relations spatio-temporelles, et d'y retrouver, pas à pas, l'impact des facteurs inhérents à la pédogenèse et à la sédimentation.

Dans une première partie nous avons passé en revue les principales conceptions exprimées dans la littérature française d'Afrique du Nord au sujet des croûtes, encroûtements calcaires et sols à profils calcaires différenciés.

Nous avons cru déceler deux tendances principales et extrêmes:

1. Les croûtes et les encroûtements calcaires sont des dépôts (origine sédimentaire).

2. Les croûtes et encroûtements calcaires sont des horizons d'accumulation (origine pédologique).

C'est le dilemme rencontré aussi à propos de certaines formations rubéfiées qui se présente ici: s'agit-il de sols ou de dépôts?

Certains auteurs dont nous avons présenté les arguments ont reconnu certaines formations qu'ils attribuent à la pédogenèse (accumulations discontinues en nodules en tâches) et d'autres à la sédimentation « géologique » (accumulations continues du type croûte et feuillet, en lamelles, encroûtement tuffeux...).

En fait, les divergences constatées entre les deux tendances semblent surtout provenir de la terminologie adoptée par chaque chercheur en fonction de son orientation de base (pédologique ou géomorphologique).

Tous les auteurs semblent cependant considérer, avec des nuances, que les *croûtes et encroûtements sont un héritage* qui se trouve localisé sur des formes ou des dépôts construits ou mis en place au cours de certaines périodes de Quaternaire. (G. GAUCHER, J. DURAND, J. WILBERT, A. FOURNET, M. RAUNET, F. THIBOUT).

Certains en font les produits d'une phase climatique sèche dont les conditions se sont présentées cycliquement.

A. RUELLAN estime que leur formation ne s'est pas interrompue si bien que leur signification pédogénétique est toujours actuelle. C'est de cette façon que cet auteur paraît justifier leur intégration dans la définition du profil des sols méditerranéens. Cette justification, basée sur des arguments génétiques très discutables ne nous satisfait pas, par contre nous conscrivons à une argumentation qui ferait appel à leur importance écologique.

Si on fait abstraction de ces divergences, il est nécessaire, à notre avis, si l'on veut reconstituer correctement la genèse des accumulations calcaires:

A. SUR LE TERRAIN: (pédologue cartographe, géomorphologue):

a) *De donner une description objective*: les classifications de A. RUELLAN sont à proposer mais adoptées, complétées, en fonction de données complémentaires prélevées chez J. H. DURAND, J. WILBERT et J. BOULAIN (notion de dureté, importante en pratique).

b) De bien situer leur gisement dans le cadre géomorphologique soigneusement caractérisé (exemples de WILBERT, FOURNET, CONRAD et de notre modeste contribution).

B. AU LABORATOIRE (pétrographe, minéralogiste, chimiste):

a) D'effectuer un examen pétrographique sérieux (aussi bien macroscopique (faces polies) que microscopique (lames minces, de croûtes durcis ou d'imprégnation d'encroûtement), comme l'ont fait J. H. DURAND et FREYTET).

b) D'effectuer systématiquement si possible l'analyse minéralogique et l'étude pétrographique (FREYDET) des argiles comme A. RUELLAN ou des minéraux denses comme J. H. DURAND, en veillant à un *échantillonnage objectif, bien localisé*.

En attendant satisfaisant à toutes ces conditions, il est préférable de n'effectuer qu'un classement morphologique objectif non interprétatif en tenant compte des remarques du point A. Ce n'est qu'après avoir complété les observations de terrain par des examens de laboratoire (point B.) qu'il nous paraît possible de proposer certaines interprétations génétiques dans de bonnes conditions.

Dans notre étude de la seconde parties nous pensons cependant avoir fourni certains éléments qui nous permettent de penser que dans le semi-aride et l'aride de la région de Taza (Maroc oriental) les limons de couverture sont les produits de la désagrégation et de l'altération des croûtes et encroûtements. Nous rejoignons en cela les idées de A. FOURNET.

Dans le semi-aride, la pédogenèse postérieure à la mise en place des croûtes se marque dans la dissolution des carbonates, la rubéfaction et l'alumination, et par une transformation des minéraux argileux dans le sens de la vermiculitisation vers la surface des profils. En zone semi-aride l'altération des croûtes est plus ménagée. C'est pourquoi l'attapulgitite minéral des croûtes reste abondant dans les limons de placages minces qui en sont issus.

Le carbonate libéré par la transformation, l'altération des croûtes est redistribué de façon diffuse au sein des encroûtements, de façon diffuse et discontinue dans les fissures. Ce sont les calcitans apparent dans les lames minces.

La mise en place de la grosse masse des carbonates de l'encroûtement sont pénétrés contemporains de la sédimentation sur le glaciaire et ceux de la croûte zonaire ou lamellaire pourraient avoir été remaniés par un ruissellement de surface après une phase de dessèchement. Nous rejoignons en cela les idées de J. H. DURAND, J. WILBERT, G. CONRAD pour l'Afrique du Nord et celles de TH. VOGT et P. FREYDET émises dans le cadre plus large de la sédimentologie dans le Sud de la France.

Il nous semble que dans l'avenir les travaux génétiques devraient tenir compte des méthodes utilisées par ces auteurs. Les résultats obtenus par les méthodes propres à diverses disciplines (géologie, paléontologie, géomorphologie, pédologie écologique, sur le terrain; minéralogie, pétrographie, chimie au laboratoire) devraient être confrontés de façon dialectique en vue d'assurer une meilleure compréhension des processus.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOLPHE, J. P., 1972 - *Comptes rendus Acad. Sc. Paris*. 274 Série D, pp. 1139-1142.
- ANTOINE, P. PH., 1974 - *Classification et cartographie des sols: l'Approche américaine actuelle. L'approche américaine à la classification des sols: les ordres, sous-ordres et Grand Droupes de sols marocaines d'après la Taxonomie 1973. Hommes, Terre et Eaux*. Rev. de l'Ass. Nat. des am. fonc. de l'irr. et du drainage et de l'Ass. Nat. pour la prod. au n. 12, 3e tri. 1974.
- AUBERT, G., 1947 - *Les sols à croûte calcaire*. C. R. conf. méditer. Montpellier - Alger 1947, publ. Ass. franç. et. sol, Paris, pp. 330-337.
- BEAUDET, G., MAURER, G., RUELLAN, A., 1967 - *Le Quaternaire marocain. Observations et hypothèses nouvelles*. R. Géogr. phys. et Géol. dynam., vol. 9, fasc. 4, pp. 269-309, 6 tabl., 5 fig., 4 phot.
- BEAUDET, G., 1969 - *Le paléoplateau Central Marocain et ses bordures*. Étude géomorphologique. Rabat 1969, 478 p., 125 fig., 28 pl., 1 carte coul. H. t.
- BISCAYE, P. E., 1965 - *Minéralogy and sedimentation of récent deep sea clay in the atlantic ocean and the adjacent seas and oceans*. Geol. Soc. am. Bull., Vol. 76, pp. 803-831.
- BOULAINÉ, Y., 1957 - *Etude des sols des plaines du Chelif*. Univ. d'Alger, Fac. sc. Thèses n. 1.
- BOULAINÉ, J., 1961 - *Sur le rôle de la végétation dans la formation des carapaces calcaires méditerranéennes*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 253, pp. 2568-2570.
- CHOUBERT, G., 1948 - *Au sujet des croûtes calcaires quaternaires*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 226, n. 20, pp. 1630-1631.
- CHOUBERT, G., JOLYF, GIGOUT, M., MARCAIS, J., MARGAT, J. et RAYNAL, R., 1956 - *Essai de classification du Quaternaire Continental du Maroc*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 243, n. 5, pp. 504-506.
- CONRAD, G., 1969 - *L'évolution continentale post-bercynienne du Sahara Algérien (Saoura, Erg Cheik-Tanesrouft, Abnet-Mouydir)*. Série Géologie, n. 10, C.N.R.S., Paris VIIè.
- COQUE, R., 1972 - *La Tunisie présaharienne (étude géomorphologique)*. Thèse Fac. Lettres, I vol., 476 p., 85 fig., 30 pl., 4 cartes h.t., Paris (Armand Collin, éd.).
- DALLONI, 1951 - *Sur la genèse et l'âge « des terrains à croûte » Nord Africains*. XXXVè Colloque international du C.N.R.S. action; phénomènes d'évaporation et d'Hydrologie superficielle dans les régions arides. Alger, 2 mars - 31 mars 1951, édition du C.N.R.S. Paris.
- DURAND, J. H., 1959 - *Les sols rouges et les croûtes en Algérie*. Publ. Dir. et Equip. Rural (Ser. Et. Scient.). Etude génér., N. 7, 2 vol., 188 p., 19 tabl., 14 fig., 2 cartes h.-t., 45 photo.
- DURAND, J. H., 1963 - *Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie: formation et âge*. Bull. Soc. Géol. de France, (7); V, 1963, pp. 959-968.
- EK, C., PISSART, A., 1965 - *Dépôt de carbonate de calcium par congélation et teneur en bicarbonate des eaux résiduelles*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 260, p. 929-932.
- ESQUEVIN, 1969 - *Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité*. Bull. Centre Rech. Paris S.N.P.A., N. 3, pp. 147-154.
- FOURNET, A., 1969 - *Étude pédologique de la Dorsale Tunisienne. (Transversale Kierkr-Bargon-Serdy Ousselta)*. Mém. Ronéo. ined. Univ. de Paris, Fac. des Sc., 9 quai St Bernard, Paris Vè.

- FREYTTET, P., 1975 - *Concrétions calcaires pédologiques et analogies avec les calcaires « palustres » (bordures des lacs à sédimentation carbonatée) exemple pris dans le crétacé supérieur et le tertiaire de France*. Actes du Colloque Univ. de Strasbourg UER de Géographie. Janvier, 1975.
- GAUCHER, G., 1947 - *Intervention dans AUBERT G., 1947*.
- GAUCHER, G., 1948 - *Sur certains caractères des croûtes calcaires en rapport avec leur origine*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 227, N. 2, pp. 154-156.
- GAUCHER, G., 1972 - *Contribution de la géomorphologie à la prospection pédologique*. Annales de Géographie, IXXX, 1^è année.
- GAUCHER, G., 1947 - *Plaidoyer pour la pédologie agricole*. L'agronomie tropicale, N. 2 et 3, Série Agronomie générale.
- GIGOUT, M., 1958 - *Sur la formation des limons et croûtes calcaires du Maroc*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 247, N. 1, pp. 97-100, 2 fig.
- GIGOUT, M., 1960 - *Sur la genèse des croûtes calcaires pleistocènes en Afrique du Nord*. C. R. somm. Fr., 2, pp. 42-43.
- KILIAN, 1974 - *Étude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail. Méthodes Cartographiques*. L'agronomie tropicale. N. 2 et 3, Série agronomie générale.
- MANIL, G., 1956 - *Aspects dynamiques du profil pédologique*. 6^è Congrès Sc. Sol., 72, Paris.
- MANIL, G., 1963 - *Profil chimique, Solum biodynamique et autres caractéristiques écologiques du profil pédologique*. Sc. Sol., N. 1, pp. 1-14.
- MARGAT, J., TALTASSE, P., RAYNAL R., 1954 - *Deux séries d'observations nouvelles sur les croûtes au Maroc (Couloir Sud-riifain et Maroc oriental)*. Notes Serv. Géol. Maroc, t. 10, n. 122, pp. 23-25.
- MATHEU, L., 1971 - *Utilité de la géomorphologie dans les études préalables à la mise en valeur agricole et aux travaux forestiers*. Bull. Rech. Agron. Gembloux. Vol. Extr. 1971.
- MILLOT, G., 1964 - *Géologie des argiles*. Masson, Paris, 499 p.
- MILLOT, G., PAQUET, A. et RUELLAN, A., 1969 - *Néoformation de l'attapulgitite dans les sols à carapaces calcaires de la Basse Moulouya (Maroc oriental)*. C. R. Acad. Sc. Paris, 268, D, pp. 2271-2274.
- RAUNET, M., 1974 - *Étude morpho-pédologique dans la région des Beni-Slimane (Algerie). Contraintes pour la mise en valeur*. L'agronomie tropicale, N. 2 et 3, Série agronomie générale.
- RAYNAL, R., 1961 - *Plaines et piedmonts du Bassin de la Moulouya, Maroc Oriental*. Rabat, 590 p.
- ROSEAU, A., 1947 - *Intervention dans AUBERT, G., 1947*.
- RUELLAN, A., 1971 - *Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)*, pp. 302. Publ. Mém. O.R.S.T.O.M., n. 54, Paris.
- THIBOUT, F., 1974 - *Interactions morphogenèse-pédogenèse. Exemple d'application dans la région de Bechloul - Algérie*. L'Agronomie Tropicale, n. 2 et 3, Série Agronomie générale.
- TRAUTH, N., LUCAS, J. et SOMMER, F., 1968 - *Étude des minéraux argileux du Paléogène des sondages de Chaines, Montjavoult, Le Tillet et Ludes (Bassin de Paris)*. Mémoires B.R.G.M., n. 59, pp. 53-76.
- TRICART, J., 1965 - *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Masson et Cie, Paris, 196 p.
- TRICART, J., 1969 - *Traité de Géomorphologie, T. IV. Le modèle des régions sèches, S.E.D.E.S., Paris, 412 p.*

- TRICART, J., 1974 - *De la géomorphologie à l'étude écographique intégrée*. L'Agronomie Tropicale, n. 2 et 3, Série Agronomie générale.
- VOGT, TH., 1974 - *Étude en lame mince d'un sédiment périglaciaire à encroûtement calcaire*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 279 (23 décem. 1974), Série D 1999.
- WACQUANT, J. P., 1966 - *Conception géopédologique et phytoédaphique pour l'étude des formations superficielles terrestres*. C.N.R.S., doc. 29, Ronéat Ed., 2, 1969.
- WHITE, J. L., 1972 - *X-ray diffraction studie on weathering of muscovite Soil sc. U.S.A.*, T. 93, n. 1, pp. 16-21.
- WILBERT, J., 1962 - *Croûte et encroûtements calcaires au Maroc, Al Awamia, Rabat*. 3, pp. 175-191, 1 tabl., 9 phot.
- YANKOVITCH - *Intervention dans* AUBERT, G., 1947.