ASPECTS MINERALOGIQUES DE QUELQUES PEDOGENESES FOSSILES EN HAUTE CHAOUIA

C. HESS, M. ICOLE et U. SCHOEN

SOMMAIRE

Sols sur argiles permo-triasiques
Sols sur argile rouge provenant de la décalcarisation du Crétacé
Sols sur argiles à silex issues de la décalcarisation des formations éocènes
Conclusions générales

La Haute Chaouïa est un haut pays de sédiments crétacés et éocènes transgressifs sur le paléozoïque de la Méséta marocaine.

Comme l'a montré M. ICOLE [7, 8], les plateaux de Haute Chaouïa ont trouvé leur contour à des époques très reculées. L'étude morphologique des plateaux montre en effet, que, de Settat à l'ouest jusqu'à Boujad à l'est, de Benahmed au nord jusqu'à El Borouj au sud, les formations crétacées et éocènes ont été recoupées par une forme d'érosion que nous appelons la haute surface. G. BEAUDET la rattache à des niveaux inframiocènes du Plateau central marocain *.

---

* Communication personnelle.

Al Awamia, 12, pp. 95-119, juillet 1964.

Emboîtée dans cette surface, une autre topographie s'est dégagée. Elle intéresse en superficie la majeure partie de la région ; elle est entaillée par le Moghrébien de la plaine de Berrechid et nous la datons du Mio-Pliocène.

Ces formes sont recouvertes de dépôts corrélatifs qui proviennent de la décalcarisation des matériaux sédimentaires du substratum. Les matériaux originels des sols sont donc en place depuis leur formation, à l'exception des processus mineurs d'érosion sur les versants et des effets très localisés de la reprise villafranchienne qui retoucha dans le détail le paysage mio-pliocène.

Dans cet article, nous nous proposons de contribuer à une plus grande connaissance de l'histoire des sols de cette région en analysant leur nature minéralogique ainsi que celle des roches-mères *. Nous nous sommes limités à l'étude de quelques profils, étude toujours faite à la lumière de l'explication morphologique, et, parmi les profils étudiés nous donnerons les exemples les plus caractéristiques.

Afin de faciliter l'exposé, nous distinguerons successivement :
— les sols sur argiles permo-triasiques,
— les sols sur argiles provenant de la décalcarisation du Crétacé,
— les sols sur argiles à silex provenant de la décalcarisation de l'Eocène.

Mais, à part les sols sur argiles à silex qui ravinent l'Eocène, l'affiliation des matériaux originels des sols ne peut être assurée avec une entière certitude. L'Eocène, qui domine topographiquement toute la Haute Chaouïa et, dans une moindre mesure, le Crétacé, ont pu donner des éléments aux matériaux originels des sols. Aussi, quand nous étudions les sols sur argiles permo-triasiques par exemple, il faut entendre des sols développés sur ce matériau mais légèrement enrichis, éventuellement, par des apports allochtones crétacés et éocènes.

I. Sols sur argiles permo-triasiques

Dans la partie occidentale de la région, « plaine » Khemisset - Oulad Saïd, la topographie mio-pliocène a dégagé par endroits l'ancienne pénéplaine infra-triasique. Les sols proviennent alors des argiles rouges du Permo-Trias remaniées au Mio-Pliocène avec des matériaux allochtones (profil OS 1). Dans la même région, au nord, à proximité de la plaine

* Les définitions, abréviations et méthodes employées ont été indiquées par ailleurs [13].

de Berrechid, dans un champ de failles, l'affleurement du Permo-Trias a permis l'élaboration, par recul des versants, d'une large cuvette à fond plat où se sont développés des vertisols (profil S 1).

1. Profil OS 1

Situation

Le profil OS 1 est situé en 270,2 × 263,5 près de la route Settat-El Jadida, entre une barre de quartzite et un thalweg.

Description du profil

0-100 cm : gris-noir (5 YR 3/1) ; structure prismatique moyenne bien développée, faces lisses à partir de 40 cm ; non-calcaire ; caillouteux surtout en surface (galets de grosseur variable plus ou moins émoussés).

100-150 cm : rouge jaunâtre (5 YR 4/4) à veines et taches de couleur rouge ; structure en plaquettes, faces lisses entre les plaquettes ; un peu calcaire, des granules calcaires à la base du profil ; quelques petits galets émoussés.

Explication morphologique du site

L'examen de l'émoussé des galets laisse à penser qu'ils sont de plusieurs générations. Les plus petits et les plus émoussés se trouvent à la base du profil : ils ont, probablement, accompagné le matériel triasique. Les derniers venus à la surface du sol sont de calibres variés et ne sont pas émoussés ; ils viennent de l'environnement immédiat, de la barre de quartzite par exemple. Entre ces deux extrêmes, des galets aux angles tombés, quelques quartz, émoussés et légèrement patinés, de la taille d'un grain de raisin, peuvent être le témoin de la reprise villafranchienne *.

Composition minéralogique de la fraction granulométrique < 2 μ

Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Gris foncé 40cm	f	f	abs	mF	f	f	ff	ff	m	abs	abs	ff	abs
Rouge jaunâtre 120cm	f	f	abs	mF	f	f	ff	ff	mf	Tr	abs	abs	abs

FIG. 1 — OS 1 : vertisol brun profond

L'analyse minéralogique (FIG. 1) indique que :

* Communication personnelle de G. BEAUDET.

— l'apatite (Ap) est un héritage du remaniement mio-pliocène ou villafranchien ;

— les teneurs en quartz (Q) et Ap légèrement plus élevées en surface font douter de l'homogénéité du profil malgré la grande ressemblance des deux niveaux ;

— la faible teneur en chlorite (C) du matériau originel se conserve dans le sol : l'évolution de l'argile est donc peu intense ;

— le matériau originel est riche en minéraux montmorillonitiques (M) * qui se conservent dans les pédogenèses quaternaires ;

— M, dans le sol, montre un léger « vertisol-gonflement » [6].

Profil S 1

Situation

La tranchée d'observation est en 284,0 × 270,9 à proximité de la route Settat - El Jadida, dans la dépression dégagée dans les argiles du Permo-Trias à la base du Cénomanien.

Description du profil

0-80 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/2) ; structure prismatique moyenne bien développée, quelques faces lisses à 60 cm ; calcaire, quelques filaments de pseudomycélium à partir de 40 cm.

80-150 cm : limon encroûté blanchâtre (7,5 YR 7/4), quelques granules calcaires.

Explication morphologique du site

La cuvette où se trouve le profil est dominée par des croupes crétacées qui font partie de la haute surface. Cette cuvette est drainée par l'oued Sekkana qui emprunte la faille vers le N.-O. et dont la vallée raccorde à la plaine de Berrechid, d'âge moghrébien. Il apparaît donc que le sol s'est développé sur une argile triasique. Cependant, les matériaux ont été remaniés jusqu'au Moghrébien (Villafranchien). Enfin, un léger colluvionnement en provenance des croupes crétacées est possible.

---

* « Minéraux montmorillonitiques (M) » est synonyme de « montmorillonite » dans son acception générique définie par ailleurs [13].

Composition minéralogique de la fraction < 2 μ

Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Brun 30cm	f	f	abs	F	f	f	ff	abs	f	f	abs	Tr	f
Brun 30cm	f	mf	abs	mF	f	f	ff	ff	f'	f	abs	abs	f
Limon encroûté 120cm	f	m	abs	mF	f	f	ff	abs	f	nd[1]	abs	abs	mf

[1] nd : non déterminé (analyse faite après décarbonatation).

FIG. 2 — S1 : vertisol brun sur limon encroûté

L'analyse minéralogique indique que :

— Ap est un héritage du dépôt corrélatif de la haute surface qui domine la dépression décrite ;

— il y a eu augmentation du stock en M, déjà important, au dépens de C et de palygorskite (P) * ;

— on note un léger « vertisol-gonflement de M » dans l'horizon tirsifié ;

— la calcite s'accumule en profondeur et correspond à l'encroûtement lors de la reprise villafranchienne.

Conclusions

— Le matériau originel contient déjà M en fortes quantités qui n'augmentent plus ou seulement très peu lors des pédogenèses post-villafranchiennes.

— Pour ce qui est de l'évolution antérieure, malgré les deux époques de pédogenèse différentes (OS 1 : remaniement au Mio-Pliocène et au Villafranchien, S 1 : remaniement au Villafranchien seulement), l'état de cristallisation de M est le même : ici, le caractère de l'évolution était donc semblable. Le site, dépression ou versant à pente très légère, favorise la formation ou le maintien de M en bon état de cristallisation.

— Les travaux de J. LUCAS sur le Trias marocain indiquent, pour les pélites rouges proprement dites de cette région, une pauvreté ou une absence de M et K, mais, par contre, une teneur importante soit en P et sépiolite (S), soit en C et interstratifiés (interss). Les intrusions de

* Nous employons indifféremment les termes de palygorskite et d'attapulgite.

basalte donnent, quant à elles, des produits d'altération riches en M [10].

La comparaison de ces résultats avec ceux des analyses des matériaux originels de nos sols nous fait penser que M s'est formée à partir de C, interstratifiés, P et S au cours de l'altération météorique et du remaniement d'âge mio-pliocène et villafranchien pour OS 1, villafranchien seulement pour S 1, qui, d'ailleurs, conserve une partie de P.

En outre, pour expliquer l'importance du stock en M des matériaux originels de nos sols, il faut envisager un héritage issu des produits d'altération du basalte ; il faudrait également admettre une formation de K, vu sa rareté dans les roches-mères triasiques et sa présence certaine dans les deux sols étudiés. K pourrait être une néoformation à partir de P et S (minéraux à kaolinisation facile) sur les pentes, lors des périodes chaudes et humides du Mio-Pliocène et du Villafranchien. Ultérieurement, l'érosion aurait emporté ces matériaux riches en K pour les mêler, en bas des pentes, aux argiles riches en M.

II. Sols sur argile rouge provenant de la décalcarisation du Crétacé

Nous étudierons trois profils placés sur des éléments de topographie mio-pliocène remaniés plus ou moins au Villafranchien.

Les deux premiers profils, situés sur la plaine de Khemisset-Oulad Saïd, sont apparentés aux vertisols ou s'y associent en toposéquence. Le troisième, au nord d'Oued Zem, est un sol brun steppique.

Profil OS 2

Situation

Le profil est situé à proximité de la route Settat-El Jadida au point 263,8 × 259,6, sur une pente très légère allant jusqu'à un thalweg sec qui rejoint plus bas l'incision plus ferme de l'oued Bers.

Description du profil

0-60 cm : brun foncé (10 YR 2/2) ; structure prismatique moyenne bien développée, fentes de retrait sur l'ensemble de l'horizon, sous-structure grumeleuse à polyédrique fine, pas de face lisse ; un peu calcaire ; non caillouteux.

60-100 cm : limon encroûté blanchâtre (10 YR 8/3), tuffeux ; après décalcarisation ce limon laisse un résidu brun-rouge (5 YR 4/4).

Explication morphologique du site

La légère pente qui rattrape l'incision plus vigoureuse de l'oued Bers est due à la reprise villafranchienne sur la plaine mio-pliocène, reprise qui ne paraît pas avoir apporté d'éléments allochtones autres que le calcaire.

Composition minéralogique de la fraction $< 2\ \mu$

Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Brun foncé 25cm	ff*	f*	abs	F*	f*	f	f	f	mf	f	abs	Tr	abs
Limon encroûté 80cm	ff	f	abs	F	f	f	Tr	abs	mf	nd	ff	Tr	abs

* Mauvaise cristallinité.

FIG. 3 — OS 2 : sol calcique tirsifié sur limon encroûté

L'analyse minéralogique nous donne les indications suivantes :

— la dolomie provient du Crétacé ;

— la calcite est résultat de la recalcarisation du matériau mio-pliocène ;

— le stock important de M est un héritage du Cénomanien ou est peut-être dû à une néoformation durant le Mio-Pliocène ;

— la bonne cristallinité des minéraux 2 : 1 indique une évolution de l'argile au Mio-Pliocène qui, à cet endroit, a été favorable à l'augmentation ou au maintien de M ;

— cependant, cette cristallinité est un peu moindre dans le sol que dans le tuf, ce qui montre que la couche superficielle a été plus affectée durant les époques mio-pliocènes et ultérieures (Villafranchien) ;

— les teneurs plus élevées en goethite (G) et hématite (H) en surface corroborent ce résultat ;

— les traces de Ap paraissent témoigner d'un apport d'origine éocène.

Profil OS 4

Situation

Le profil est au centre d'un large thalweg à fond plat, d'orientation N.-S., au S.-O. de Khemisset, en 277,2 × 244,3.

Description du profil

0-40 cm : brun-rouge (5 YR 3/3) ; structure massive à tendance prismatique ; calcaire.

40-100 cm : brun foncé qui s'éclaircit en profondeur ; structure prismatique moyenne à grossière, bien développée, faces lisses ; calcaire dans la masse et taches blanches de calcaire pulvérulent à partir de 60 cm.

100-150 cm : limon rouge (10 R 4/6) à taches et veines brunes ; structure massive à tendance en plaquettes, faces lisses ; calcaire dans la masse et taches de calcaire blanc pulvérulent.

Explication morphologique du site

La forme du thalweg concave à fond plat ainsi que l'entaille linéaire qui commence beaucoup plus loin à l'aval vers le N.-O. témoignent de l'ancienneté du modelé, probablement mio-pliocène. A l'ouest, les groupes calcaires du Cénomanien qui bordent le thalweg sont des reliefs résiduels de la haute surface.

Composition minéralogique de la fraction < 2 μ

Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Brun foncé 5cm	ff	mf	abs	mF	mf	f	ff	ff	ff	f	abs	Tr	abs
Limon rouge à veines brunes 120cm	ff	m	abs	mF	f	f	ff	ff	ff	f	abs	abs	abs

FIG. 4 — OS 4 : vertisol brun profond

L'analyse minéralogique indique que :

— le profil est homogène ;

— C diminue au profit de ses interstratifiés avec M ;

— les traces de Ap sont un héritage de l'Eocène ;

— la calcite provient de la recalcarisation du profil depuis le Mio-Pliocène ;

— la bonne cristallinité de M reflète le site favorable à la tirsification, tirsification qui a pu se maintenir depuis le Mio-Pliocène.

Profil OZ 9

Situation

Ce profil est situé en 381,7 × 262,0, légèrement à l'ouest de la route Oued Zem-Rabat, au centre d'une plaine limitée à l'est et au N.-E. par des escarpements calcaires crétacés, et au sud par un long glacis qui rejoint les niveaux supérieurs phosphatés éocènes de Sidi Daoui.

Description du profil

0-30 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/4) ; structure grumeleuse fine bien développée ; calcaire dès la surface ; quelques petits galets de calcaire jaunâtre.

30-60 cm : brun-orange (5 YR 4/6) ; structure polyédrique fine à moyenne bien développée ; très calcaire, un peu de pseudomycélium, quelques pierres calcaires non émoussées.

+ 60 cm : limon encroûté blanc reprenant ces galets mal émoussés de calcaire jaunâtre.

Explication morphologique du site

Ce profil se trouve à l'amont de la forme mio-pliocène qui prend naissance à la hauteur d'El Gara - Benahmed et borde le plateau de Haute Chaouïa au nord, en contrebas d'une corniche crétacée et éocène. Cette forme est signalée par un conglomérat calcaire qui suit les axes de drainage. Le sol O Z 9 est placé à proximité d'un affleurement de ce conglomérat à ciment rose. A la base même du profil, nous trouvons des éléments de calcaire dont la texture rappelle le ciment du conglomérat. O Z 9 se trouve donc sur l'élément de topographie mio-pliocène, près ou dans la zone d'accumulation du calcaire dissous à l'amont à partir des formations sédimentaires pendant la période de morphogenèse.

Composition minéralogique de la fraction < 2 μ

Horizon	I	C	V	M	Interss 2.1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Brun foncé 5_10 cm	mf×	ff×	ff×	ff×	f×	mf	f	f	ff	ff	abs	Tr	abs
Brun_rouge 40_50cm	mf×	f×	abs	ff×	mf×	mf	ff	abs	ff	ff	abs	abs	abs

FIG. 5 — O Z 9 : sol brun steppique

L'analyse minéralogique indique que :

— la composition de la fraction argileuse est différente par rapport aux sols précédents, provenant comme celui-ci de la décalcarisation au Mio-Pliocène d'un matériau cénomanien : il y a plus d'illite (I) et peu de M ; il y a plus de K et les minéraux du groupe 2 : 1 sont dégradés ;

— les conditions de formation de ce sol au Mio-Pliocène étant semblables à celles de OS 2 et OS 4, sinon moins humides, nous pensons que cette différence de composition est un héritage de l'argile contenue dans le matériau cénomanien.

Conclusions

— La dolomie, rencontrée dans ces sols, signale le Crétacé.

— Ap, par contre, est un traceur indiquant la présence d'un matériau éocène.

— Les trois profils présentés montrent une hétérogénéité du matériau originel, des teneurs variables pour M, I et K.

— L'examen de deux marnes crétacées prélevées en des endroits différents (292,2 × 273,4 au nord de Settat ; 314,5 × 267,0 au N.-E. de Ras el Aïn) relève des variations analogues (FIG. 6). Ces variations se dégagent également à la lecture du fichier d'analyse d'argiles du Service d'études des gîtes minéraux (SEGM).

Composition minéralogique de la fraction < 2 μ

Emplacement	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
N. de SETTAT (292,2 × 273,4)	f×	f×	abs	f×	f×	ff	nd	nd	f	nd	F	abs	abs
N.E de Ras el Aïn (314,5 × 267,0)	ff	ff	abs	F	f	f	nd	nd	ff	nd	mF	abs	abs

FIG. 6 — Deux marnes du Cénomanien

— A cause de l'hétérogénéité des roches-mères, il nous est impossible ici de nous prononcer sur une éventuelle formation de M et de K durant la période d'argilification rouge.

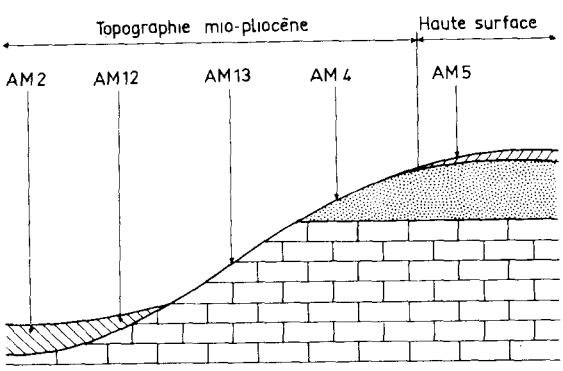
— M, présente dans le sol en fortes quantités, favorise la tirsification (OS 2 et OS 4). M, en faibles quantités, freine cette évolution (O Z 9), résultats déjà observés [5].

III. Sols sur argiles à silex issues de la décalcarisation des formations éocènes

Nous étudierons deux séries : la première est sur un talus d'érosion qui raccorde un plateau éocène à la plaine Khemisset - Oulad Saïd : séquence Dar Caïd Tounsi. La seconde série, Bled el Haoud, à l'ouest de la Station de Mrizig, présente un vertisol perché sur des formations éocènes.

Séquence Dar Caïd Tounsi

La FIG. 7 ci-dessous donne la situation topographique des profils.



Emplacements :

AM 5 : 296,3 × 250,5

AM 4 : 296,3 × 250,8

AM 13 : 296,0 × 251,1

AM 12 : 296,0 × 251,3

AM 2 : 296,0 × 251,9

Argile rouge à silex de la haute surface

Argile rouge à silex mio-pliocène

Sables phosphatés du Maestrichtien et de l'Eocène

Marno-calcaire crétacé

FIG. 7 — Séquence Dar Caïd Tounsi

Description des profils

Profil AM 5 : sol brun steppique sur argile rouge à silex

0-40 cm : brun-rouge foncé (7,5 YR 4/2) ; structure compacte à tendance polyédrique subangulaire fine ; nombreux oolithes phosphatés de la taille d'un grain de sable, nombreux débris de dalle siliceuse de tous calibres ; non-calcaire.

40-100 cm : rouge (2,5 YR 5/6), taches noires d'oxydes métalliques ; structure compacte ; nombreux oolithes phosphatés et pierrosité importante.

100 cm : dalle siliceuse.

Profil AM 4 : sol peu évolué noir sur éocène sableux

0-30 cm : gris très foncé (10 YR 3/2) ; texture sableuse (beaucoup d'oolithes phosphatés) ; structure compacte à tendance polyédrique subangulaire fine ; des traces de calcaire ; nombreux graviers siliceux.

30 cm : dalle siliceuse.

Profil AM 13 : sol brun calcaire

0-40 cm : brun (7,5 YR 4/2) ; structure grumeleuse ; calcaire ; nombreux débris de calcaire compact.

40 cm : substratum calcaire.

Profil AM 12 : sol brun steppique sur argile rouge à silex

0-50 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/2) ; structure compacte à tendance polyédrique subangulaire fine à moyenne ; très caillouteux : nombreux silex de toutes dimensions plus ou moins émoussés ; très nombreux oolithes phosphatés ; non-calcaire.

50-90 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/3) ; structure compacte à tendance polyédrique ; très caillouteux : galets et silex fracturés plus gros que dans l'horizon supérieur ; non-calcaire.

90 cm : horizon caillouteux avec un peu d'argile rouge.

Profil AM 2 : vertisol brun

0-60 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/2) ; structure prismatique ou cubique moyenne, moyennement développée, faces lisses ; non-calcaire très caillouteux en surface (éclats de silex) ; oolithes phosphatés visibles à l'œil nu.

60-90 cm : rouge jaunâtre (5 YR 5/6) à taches brunes ; structure massive à tendance polyédrique anguleuse, faces lisses ; un peu calcaire ; nombreux oolithes phosphatés.

90-120 cm : matériel remaniant de l'argile rouge et des débris calcaires ; pierrosité très importante.

120 cm : substratum crétacé.

Explication morphologique du site

Le plateau éocène fait partie de la haute surface. Le talus d'érosion qui raccorde au niveau de la plaine Khemisset - Oulad Saïd est d'âge miopliocène. Le long de cette séquence nous avons :

— en AM 5, un sol sur argile rouge à silex dégradé par l'érosion diffuse qui entraîne les éléments fins (l'argile rouge de AM 5 est le dépôt corrélatif de la haute surface) ;

— en AM 4, un sol jeune rendziniforme sur sable phosphaté éocène ;

— en AM 13, un sol jeune brun calcaire sur Crétacé.

Dessous, sur une nappe colluviale d'argile rouge de décalcarisation miopliocène, deux sols :

— AM 12, sol brun steppique appauvri en éléments fins par l'érosion diffuse ;

— AM 2, vertisol brun.

Nous donnerons les résultats de l'analyse minéralogique de trois profils représentatifs de la séquence, à savoir AM 4, AM 12 et AM 2.

Composition minéralogique de la fraction < 2 μ

Profil	Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Calcite	Dolomie	Ap	P
Am 4	Noir 30 cm	Tr	f	ff	m	ff	ff	Tr	Tr	f	f	abs	f	ff
Am 12	Brun foncé 30 cm	ff××	ff××	abs	f××	f××	f	ff	ff	f	abs	abs	Tr	Tr
	Brun rouge 70 cm	ff××	ff××	ff××	f××	f××	f	ff	ff	f	abs	abs	ff	abs
Am 2	Brun foncé 35 cm	ff×	ff×	abs	m×	f×	f	ff	f	f	ff	ff	Tr	abs
	Rouge jaunâtre 90 cm	ff×	ff×	ff×	m×	ff×	f	ff	abs	f	f	abs	Tr	abs

×× Très mauvaise cristallinité

FIG. 8 — Séquence Dar Caïd Tounsi

L'analyse minéralogique de la fraction argileuse nous renseigne sur les points suivants :

— Ap et P sont un héritage du matériau éocène. P disparaît en bas de la séquence au profit de M et de ses interstratifiés ;

— la dolomie est un héritage du matériau crétacé qui, dans une faible mesure, s'est mélangé au matériau originel de cette séquence, surtout depuis le décapage par l'érosion du manteau d'argile à silex ;

— la calcite sur le versant a disparu depuis la pédogenèse mio-pliocène. Dans le bas-fond, elle est le résultat d'une recalcarisation ultérieure ;

— les minéraux 2 : 1, surtout M, sont très mal cristallisés sur le versant : dégradation lors du Mio-Pliocène ;

— G et H sont augmentées sur les versants : témoins d'une pédogenèse du type sols ferrugineux tropicaux ;

— l'augmentation de K sur les versants pourrait, alors, avoir eu lieu pendant le Mio-Pliocène. K dans le bas-fond serait, dans ce cas, un héritage de la néoformation de K sur les versants ;

— M dans le tirs est augmentée et légèrement mieux cristallisée, on peut envisager :

— transformation de V,

— néoformation à partir de P contenue dans les apports récents en provenance du Crétacé et de l'Eocène qui sont dégagés de leur couverture mio-pliocène à l'amont,

— agradation * d'un héritage dégradé sur les pentes dans une situation topographique favorable à la formation d'un vertisol ;

— le « vertisol-gonflement de M » dans le tirs n'est guère observable : la tirsification s'est greffée sur des minéraux gonflants déjà fortement dégradés et masqués d'hydroxydes de Fe par des pédogenèses antérieures.

Série Bled el Haoud

Situation

Les deux profils M 11 et M 6 se trouvent près de la voie ferrée Casablanca - Oued Zem, à l'ouest de la Station de Mrizig : M 11 en 334,3 × 253,2, M 6 en 335,6 × 254,9.

Description des profils

Profil M 11 : vertisol brun

0-60 cm : brun-rouge foncé (2,5 YR 3/2) ; structure prismatique grossière bien développée ; non-calcaire ; nombreux oolithes phosphatés blancs.

60-100 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/2) avec taches et marbrures d'argile rouge ; structure prismatique moyenne bien développée ; faces lisses ; non-calcaire ; quelques granules calcaires.

100-150 cm : rouge (10 R 4/6) à veines et taches brunes ; un peu calcaire ; nombreux granules et taches calcaires.

Profil M 6 : sol brun steppique sur argile rouge à silex

0-50 cm : brun-rouge foncé (5 YR 3/4) ; structure compacte à tendance polyédrique moyenne, quelques agglomérats coprogènes ; non-calcaire ; cohésion forte ; porosité spongieuse ; nombreux débris de silex et nombreux oolithes phosphatés.

50-110 cm : rouge (10 R 4/6) ; structure compacte ; non-calcaire ; très caillouteux et nombreux oolithes phosphatés.

+ 110 cm : horizon très caillouteux avec une matrice d'argile rouge non-calcaire.

* Nous appliquons à l'évolution de l'argile dans le sol un terme utilisé en sédimentologie [10].

Explication morphologique du site

Le vertisol M 11 est sur la haute surface, à proximité de la tête d'un vallon qui s'encaisse rapidement et fait partie de la topographie mio-pliocène. A moins de 100 m à l'ouest de M 11, dans un trou, nous avons trouvé un conglomérat à éléments de silex et grès siliceux ; son ciment est rose à faciès lacustre.

Ces deux observations — présence d'un tirs perché et celle d'un conglomérat — attestent d'une situation en cuvette avant l'entaille mio-pliocène. Ainsi la pédogenèse de M 11 paraît la plus ancienne parmi celles que nous ayons étudiées — pédogenèse débutant avant le Mio-Pliocène.

Le sol M 6 est sur le long glacis mio-pliocène qui recoupe l'Eocène et le Crétacé pour aller jusqu'à l'oued Frah.

En raison du faible éloignement des deux profils, les roches-mères de M 6 et M 11 peuvent être considérées comme les mêmes, mais l'histoire des deux profils commence à des dates différentes.

Composition minéralogique de la fraction $< 2\ \mu$

Profil	Horizon	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Dolomie	A	P	S
M 11	Brun-rouge foncé 35cm	f×	ff×	abs	mf×	f×	f	f	Tr	f	abs	f	abs	Tr
	Brun-rouge foncé, taches rouges 70cm	f×	f×	abs	mf×	f×	f	ff	Tr	f	abs	f	f	ff
	Rouge 120 cm	f×	f×	abs	mf×	f×	mf	f	Tr	f	abs	ff	mf	f
M 6	Brun-rouge foncé 25cm	f××	f××	abs	mf××	f××	f	ff	Tr	f	abs	abs	abs	abs
	Rouge 100cm	f××	f××	abs	mf××	f××	f	ff	Tr	f	abs	ff	Tr	Tr

FIG. 9 — Série Bled el Haoud

L'analyse minéralogique nous fournit les renseignements suivants :

— disparition de la calcite, à l'Infra-Miocène dans M 11, au Mio-Pliocène dans M 6 ;

— néoformation de M à partir de P et sépiolite (S), minéraux caractéristiques à l'Eocène [9] ;

— les minéraux argileux 2 : 1 sont fortement dégradés dans M 6 qui est ainsi à rapprocher de AM 12 : il s'agirait d'un sol fossile du type sols tropicaux ;

— il est difficile de se prononcer sur une éventuelle néoformation de K, la comparaison avec la roche-mère, qui fait défaut, n'étant pas possible ;

— dans M 11, M et les minéraux 2 : 1 sont mieux cristallisés grâce au site topographique favorable à cette évolution avant le Mio-Pliocène. Depuis l'incision mio-pliocène le profil est perché : les caractères minéralogiques se sont maintenus ;

— la ressemblance entre AM 12 et M 6 (tous les deux issus de pédogenèse mio-pliocène) et entre AM 2 et M 11 (le premier issu de pédogenèse mio-pliocène et l'autre de l'Infra-Mio-Pliocène) fait supposer un caractère et un climat assez semblables lors de ces deux pédogenèses ;

— « vertisol-gonflement de M » dans M 11.

Conclusions

Les conclusions que nous pouvons tirer au sujet de ces sols sur argiles à silex sont les suivantes.

1. L'Eocène, roche-mère des sols

Jusqu'ici nous avons traité des argiles rouges de décalcarisation et des sols qu'elles portent. Il s'agit maintenant d'apporter des renseignements sur la composition minéralogique des sédiments éocènes afin de pouvoir apprécier l'ensemble de l'évolution.

Les résultats d'analyse d'argiles, réunis au fichier du SEGM, indiquent pour l'Eocène * :

— prédominance de P,

— présence de M,

— très faibles teneurs en I et C,

— absence ou très faibles teneurs en K.

De notre côté, nous avons analysé un fragment calcaire appartenant à la dalle à thersitées qui termine la sédimentation éocène (FIG. 10).

	I	C	V	M	Interss 2:1	K	G	H	Q	Dolomie	Ap	P	S
Dalle à thersitées	ff	f	abs	m	abs	Tr	abs	abs	f	abs	ff	mF	ff

FIG. 10 — Dalle à thersitées

* Ces analyses ont fait l'objet d'une précédente publication [9].

Notre analyse est en accord avec les résultats du SEGM. L'association de S avec P et M est caractéristique de la sédimentation éocène. En général, la présence de S exclut celle de K [5].

2. Comparaison entre les formations sédimentaires éocènes et les argiles rouges, supports des sols étudiés

— Ap se maintient, c'est un traceur du matériel éocène,

— relativement plus de M et moins de P et S dans les argiles rouges,

— dégradation de l'ensemble des minéraux 2 : 1, en particulier M, surtout sur les versants,

— augmentation de K,

— apparition de G et H.

Ces observations nous amènent à penser que, dans un premier stade d'altération météorique de l'Eocène, il y a néoformation de M à partir du stock de P et S pendant la décalcarisation. Ensuite, les minéraux 2:1 se dégradent et K se forme, ainsi que G et H.

La situation topographique nuance ce schéma : dans les bas-fonds l'évolution peut s'arrêter au premier stade tandis que la suite de l'évolution s'effectue surtout sur les versants. Ceux-ci pourront, alors, fournir à l'aval des minéraux 2:1 dégradés qui dilueront les produits propres aux bas-fonds.

3. Comparaison entre les argiles rouges et les sols provenant des pédogenèses ultérieures

D'une manière générale, les pédogenèses qui ont suivi celles de l'argilification rouge ne paraissent pas avoir modifié considérablement le stock des minéraux argileux. Toutefois, il y a diminution ou disparition de C et de la vermiculite (V) au profit de M en passant par le stade intermédiaire des interstratifiés, il y a recalcarisation dans les bas-fonds, mais jamais aussi complète que pour les sols dominés par le Crétacé. Cette dynamique de Ca peut favoriser l'agradation d'un héritage dégradé de M. Notons que cette évolution a pu commencer dès le premier stade de l'argilification rouge.

Dans ces sites à dynamique Ca, la tirsification (dont le mécanisme sera évoqué dans une prochaine publication [6]) s'est greffée sur le stock des minéraux argileux provoquant l'effet de « vertisol-gonflement de M ».

Ici, cet effet reste faible à cause des surfaces de M masquées par des (hydr)oxydes de Fe, empêchant ainsi la pénétration des substances humiques dans les espaces interfoliaires. Signalons que l'observation de l'effet est de toute manière difficile à cause de la mauvaise cristallinité de M.

On constate une grande différence entre l'histoire des sols situés dans les bas-fonds et ceux situés sur les versants. A partir des argiles rouges de décalcarisation, les premiers ont enrichi leur stock en M. En même temps, ils ont été recalcarisés. Cette évolution a pu commencer dès la mise en place des argiles rouges (comme il est raisonnable de le penser dans le cas du vertisol perché M 11), et se poursuit, depuis, dans les cuvettes (cas de AM 2).

Au contraire, les sols sur versant, issus des mêmes argiles rouges de décalcarisation mais aux minéraux 2:1 dégradés (argile rouge du type sols tropicaux) sont soumis à une pédogenèse du type steppique qui a arrêté l'évolution des minéraux.

Cette différence d'évolution entre les sols des cuvettes et les sols des versants se traduit, encore aujourd'hui, par la nature différente des complexes argilo-humiques dont témoigne, à la manière d'un test, l'extraction à froid de la matière organique à la soude 0,5 %. Dans AM 2 et M 11, comme dans les autres vertisols étudiés précédemment (O S 1, S 1, O S 2, O S 4), les substances humiques sont très résistantes à cette extraction. Par contre, cette extraction est très rapide dans les sols sur argile rouge des versants : M 6, AM 5 et AM 12.

Conclusions générales

Retenons tout d'abord quelques enseignements tirés de la méthode d'analyse minéralogique des argiles et nous esquisserons ensuite l'histoire des sols de cette région.

Enseignements tirés de la méthode d'analyse minéralogique

L'apatite et la dolomie nous ont servi respectivement d'éléments traceurs de l'Eocène et du Crétacé. Ils sont relativement stables au cours des temps, ce qui nous amène à observer que seule la série M 11 - M 6 est constituée à partir d'une roche-mère unique, l'Eocène.

La palygorskite et la sépiolite, dans cette région, existent surtout dans le Permo-Trias et l'Eocène ; étant peu stables dans les conditions atmosphériques, leur présence indique un matériau relativement jeune (S 1 et AM 4), ou relativement peu évolué (M 11, base du profil).

Nous constatons seulement deux grandes tendances d'évolution des minéraux argileux ; celle qui conduit à la formation de kaolinite et celle qui conduit à la formation des minéraux montmorillonitiques. Il s'avère ainsi que l'analyse minéralogique n'est qu'un moyen grossier de connaissance des pédogenèses fossiles. Il appartient à d'autres méthodes de détailler à l'intérieur de ces deux grandes tendances.

Histoire des sols en Haute Chaouïa

Le passé des sols, schématisé par les croquis de la FIG. 11 et par l'étude minéralogique de l'argile des sols et des roches-mères *, nous conduit à distinguer :

A. Les pédogenèses de l'Infra-Miocène et du Mio-Pliocène

1. Nature de l'évolution

Ces périodes, qui ont donné des argiles rouges par décalcarisation des formations sédimentaires, sont caractérisées par l'évolution suivante de l'argile :

Sur les pentes en position drainée :

— dégradation des minéraux argileux 2:1 et diminution du degré de cristallinité,

— formation de kaolinite à partir de palygorskite et de sépiolite ou des minéraux 2:1,

— formation de goethite, d'hématite et, peut-être, de maghémite,

— survie des minéraux 2:1 bien que dégradés et diminués en quantité,

— disparition totale de calcite et de dolomie,

— disparition presque totale de palygorskite et de sépiolite.

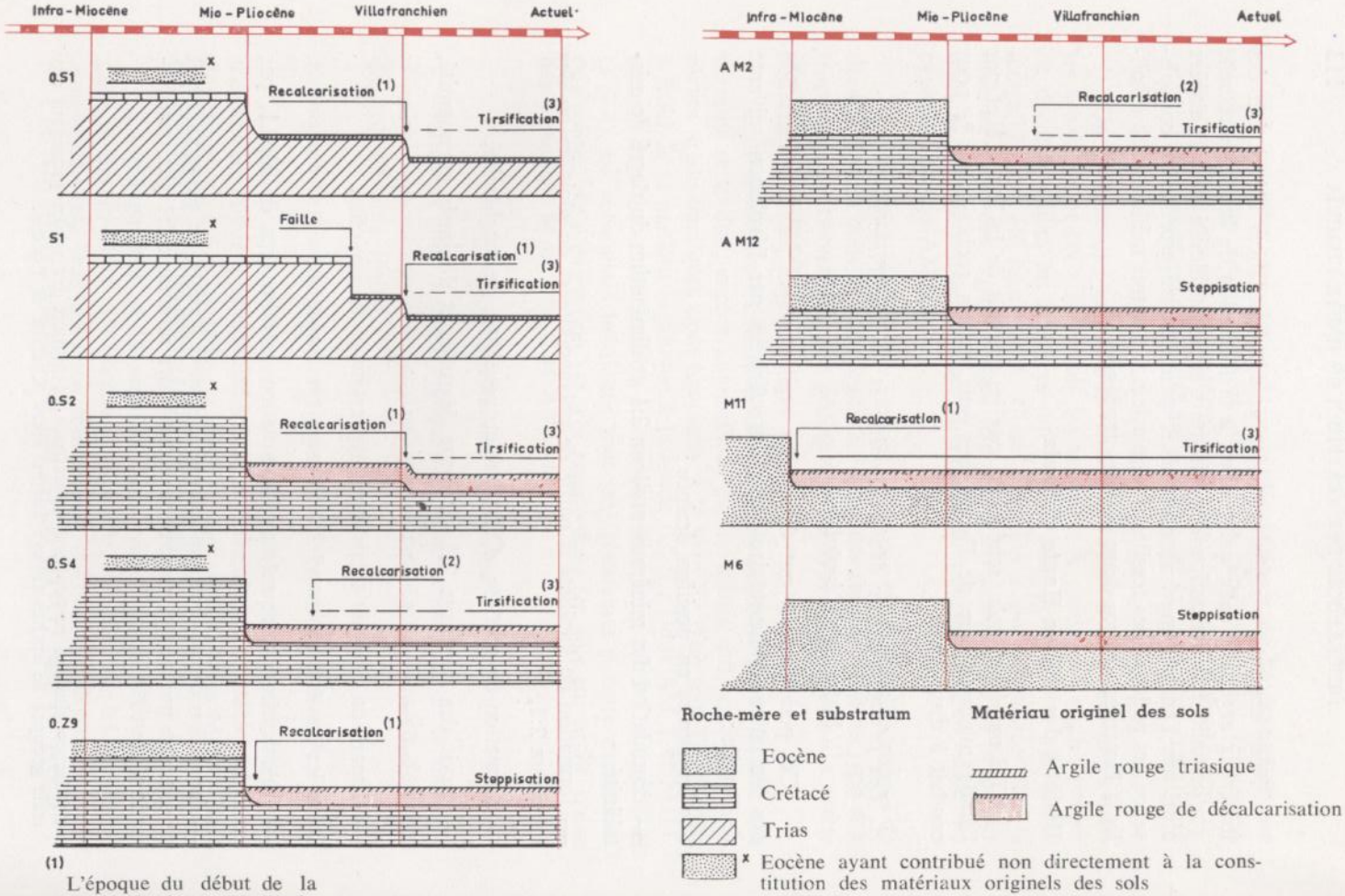
Dans les bas-fonds, quand le drainage est empêché :

— (re)calcarisation et même accumulation calcaire (cas de M 11, par exemple, croûte et conglomérat à l'Infra-Miocène),

— formation de minéraux montmorillonitiques à partir de palygorskite et de sépiolite par néoformation, ou à partir des minéraux 2:1 par transformation,

* *Cf.* les conclusions particulières concernant l'évolution des argiles provenant des trois groupes de roches-mères : Permo-Trias, Crétacé et Eocène.

FIG. 11 — Histoire schématique des profils des sols étudiés



(1) L'époque du début de la recalcarisation est indiquée par la flèche

(2) L'époque de la recalcarisation est indéterminée

(3) Pédogenèse après recalcarisation

— absence de dégradation des minéraux 2:1 avec éventuelle agradation d'un matériel dégradé venu des pentes,

— éventuellement, formation de vertisols (M 11).

2. Comparaison des pédogenèses infra-miocènes et mio-pliocènes avec d'autres types d'évolution

L'analyse des argiles des dépôts du Villafranchien inférieur du Rif fait apparaître une grande analogie avec nos sols [11]. Aussi, nous n'écartons pas l'hypothèse du maintien de l'évolution infra-miocène et mio-pliocène jusqu'au Villafranchien inférieur. Par contre, l'analyse des sols des terrasses ou dépôts des périodes climatiques quaternaires rubéfiantes n'a pas donné des résultats comparables : la formation de kaolinite n'y a jamais été constatée [5]. Le climat des périodes infra-miocène et mio-pliocène était donc plus humide et plus chaud que celui de l'Amirien (Mindel) et du Soltanien (Würm), périodes déjà plus humides et chaudes que l'actuelle. Certains sols tropicaux actuels (sols bruns subarides tropicaux et sols ferrugineux tropicaux non lessivés) montrent une évolution voisine [1, 4]. Nous concluons donc au caractère tropical de ces pédogenèses.

B. Les pédogenèses post-villafranchiennes

Au Fini-Villafranchien, la recalcarisation paraît se généraliser à l'ensemble de la région, indiquant ainsi une césure climatique. Depuis cette période jusqu'à l'actuelle, l'évolution des argiles est nettement ralentie : certes, la tendance générale va vers la formation de minéraux montmorillonitiques mais peu de ces minéraux se forment car ils restent souvent aux stades intermédiaires des interstratifiés (cas de OS 4).

Sur les pentes, la steppisation installe des sols bruns steppiques sur les anciens sols rouges tropicaux. Cette évolution récente semble maintenir certains caractères ancestraux : instabilité de la structure et extraction facile à la soude des substances humiques.

Dans les bas-fonds et les plaines, les vertisols se maintiennent ou se développent. Ces sols demeurent tellement marqués par la pédogenèse fossile que le cartographe est obligé d'en tenir compte, d'autant que l'évolution actuelle ne se traduit pas, dans la morphologie du profil, par des changements appréciables. D'ailleurs, même la nature du complexe argilo-humique reste celle d'un vertisol typique, ce qui est montré par l'effet du « vertisol-gonflement des minéraux montmorillonitiques » et l'extraction très difficile à la soude des substances humiques.

Manuscrit déposé le 9.6.64

ملخص

المظهر المعدني لبعض حركات الأرض المتحجرة بالشاوية العليا

تشهد الدراسة التشريحية باقدمية مظهر الاراضي في الشاوية العليا. يحاول المؤلفون تخصيص حركات الاراضي القديمة والحالية بواسطة تحليل صلاصيل الاراضي والاحجار - الام

منذ Infra-Miocène حتى Villafranchien ابتداءا من - لاصيل ناقصة الجير ذات هيئة طباشرية و éocènes خصوصا أراضي حمراء منظرية على منحدرات في حالة صرف الميه مع تكوين جديد kaolinite يدل في الوضعية المنخفضة الموافقة مع تركيب المعادن montmorillonitiques فهي في الحقيقة اراضي محتوية على كمية من الطين ومتطورة. هذه الحركات قريبة من حركات الارض الحاضرة للمنطقة الصحراية الجافة.

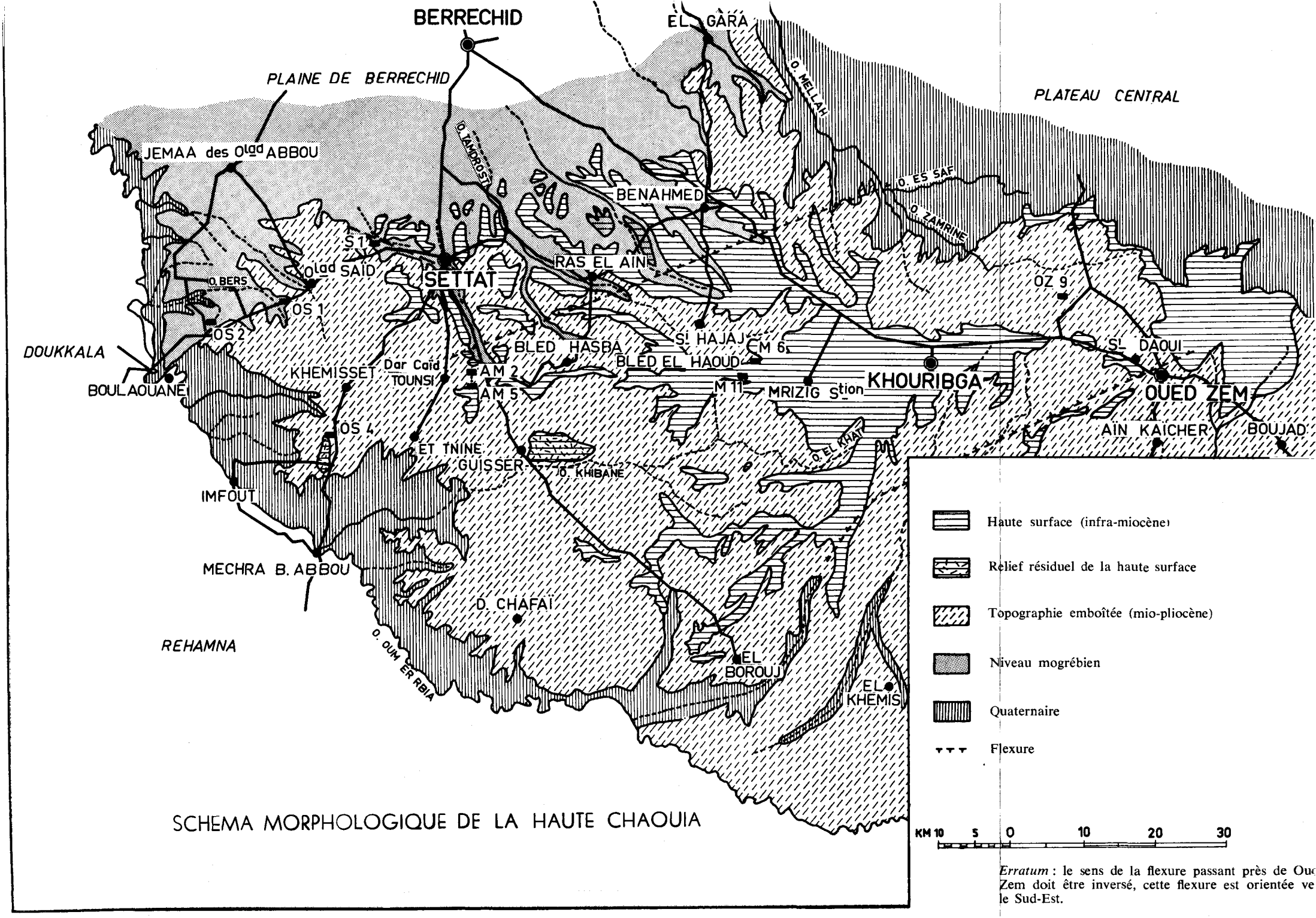
اثناء الحقبة الرابعة أدت الحركة الى اراضي بورية من الاراضي القديمة. اراضي بور تخفي بطريقة غير جيدة الخصائص الاساسية التشريحية القديمة

Résumé

L'étude morphologique témoigne de l'ancienneté du paysage et des sols de Haute Chaouïa. Les auteurs essayent de caractériser les pédogenèses anciennes et actuelles par l'analyse des argiles des sols et des roches-mères.

Depuis l'Infra-Miocène jusqu'au Villafranchien, à partir d'argiles de décalcarisation des formations crétacées et éocènes notamment, des sols rouges se sont formés sur les versants, en situation drainée, avec néoformation de kaolinite. En situation basse, favorable à la formation des minéraux montmorillonitiques, ce sont plutôt des vertisols qui se sont développés. Ces évolutions sont proches des pédogenèses actuelles de la zone tropicale sèche.

Pendant le Quaternaire, l'évolution conduit à une steppisation des anciens sols ; steppisation qui masque imparfaitement les principaux caractères morphologiques ancestraux.



SCHEMA MORPHOLOGIQUE DE LA HAUTE CHAOUIA

Erratum : le sens de la flexure passant près de Oue Zem doit être inversé, cette flexure est orientée ve le Sud-Est.

RESUMEN

Aspectos mineralógicos de algunas pedogenesis fosiles en alta Chaouia

El estudio morfológico atestigua de la antigüedad del paisaje y de los suelos de la región de la alta Chaouia. Los autores intentan de caracterizar las pedogenesis antiguas y actuales analizando las arcillas de los suelos y del material de partida.

Desde la época infra-miocena hasta la del Villafranchien, a partir de las arcillas procedentes de la lixiviación del carbonato de calcio en las formaciones cretáceas y sobretodo eoceánas, se formaron suelos rojos sobre las vertientes, en los sitios desaguados, con neo-formación de caolin. En los sitios bajos, propicios a la formación de los minerales montmorilloniticos, se desarrollaron más bien los suelos negros de algodón. Estas evoluciones son comparables con las pedogenesis actuales de la zona tropical árida.

Durante el Quaternario, la evolución remató la esteparización de los antiguos suelos ; ésta oculta imperfectamente los principales carácteres morfológicos ancestrales.

SUMMARY

Mineralogical aspects of some fossil pedogeneses in the upper Chaouia region

A morphological study testifies of the age of the upper Chaouia's landscape and soils. The authors try to characterize the ancient and present pedogeneses by the analysis of its clays and parent-materials.

From the Infra-Miocene to the Villafranchien, originated from clays proceeding from leaching of calcium carbonate, especially from sedimentary cretaceous and eocenic formations, red soils were formed on the slopes, in drained sites, with neo-formation of kaolinite. In low sites, propitious for the formation of montmorillonite minerals, it was rather vertisols which developed. These evolutions are comparable with present pedogeneses in the tropical dry zone.

During the Quaternary, evolution is turning the ancient soils into steppes, which imperfectly mask the main characters of its primitive morfology.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. BOUCQUIER, G. & R. MAIGNIEN — 1963. Les sols bruns subarides tropicaux d'Afrique de l'Ouest. — African Soils, Paris-London, vol. 8, **3**, pp. 359-370.

2. CAILLÈRE, S. & S. HENIN — 1963. Minéralogie des argiles, Paris, Masson et Cie Ed.

3. DUCHAUFOUR, PH. & Y. DOMMERGUES — 1963. Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux. — African Soils, Paris-London, vol. 8, **1**, pp. 5-39.

4. FAUCK, R. — 1963. Le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions. — African Soils, Paris-London, vol. 8, **3**, pp. 383-405.

5. HESS, C., G. MISSANTE & U. SCHOEN — 1964. Etudes minéralogiques des argiles de quelques roches-mères et sols des Beni Moussa (Tadla). — Al Awamia, Rabat, **10**, pp. 115-139.

6. HESS, C. & U. SCHOEN — 1964. Les principaux facteurs déterminant la tirsification et la classification des vertisols. Une contribution de l'analyse des minéraux argileux à la connaissance des tirs (en préparation).

7. ICOLE, M. — 1964. Pédogenèse à vertisols en Haute Chaouïa. — Al Awamia, Rabat, **11**, pp. 71-87.

8. ICOLE, M. — Les sols de Haute Chaouïa (en préparation).

9. JEANNETTE, A., A. MONITION, L. ORTELLI & H. SALVAN — 1959. Premiers résultats de l'étude des argiles de la série phosphatée du bassin de Khouribga (Maroc). — XXe Congr. Géol. Internat. Mexico, 1956, pp. 53-62.

10. LUCAS, J. — 1963. La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias, Thèse Strasbourg, 202 p.

11. MAURER, G. & U. SCHOEN — Apport de la méthode d'analyse des argiles à l'étude de l'évolution du relief dans le Rif (en préparation).

12. MILLOT, G. — 1963. Géologie des argiles, Paris, Masson et Cie Ed.

13. ORTELLI, L. & U. SCHOEN — 1964. Remarques au sujet de la détermination de la composition minéralogique des argiles. — Al Awamia, Rabat, **10**, pp. 97-113.

14. WILBERT, J. — Répartition géographique de la tirsification au Maroc, 7 cartes, 1 graphique (à paraître).