

A PROPOS DE LA FORMATION DES SOLS ROUGES
MEDITERRANEENS, SOUS CLIMAT HUMIDE
ET SUBHUMIDE DU LIBAN

M. Lamouroux

Sous un climat typiquement méditerranéen à forte pluviométrie (800 à 1500 mm.) l'altération des roches dures carbonatées, calcaires et dolomites, s'effectue suivant un mécanisme caractéristique de ces roches, "l'altération pelliculaire". Les résidus argileux de cette altération sont à l'origine des sols rouges et de quelques sols bruns méditerranéens.

* * *

A. ALTERATION DES ROCHES DURES CARBONATEES

1. Niveaux d'altération

Trois zones d'altération peuvent être distinguées:

- une zone de surface soumise aux altérations mécaniques surtout (clastiques variées). Les altérations chimiques et biologiques y sont réduites, mais non négligeables.

- une zone profonde où les altérations, essentiellement chimiques, façonnent les reliefs karstiques souterrains.

- une zone médiane, au niveau du sol, est le siège d'une intense altération provoquée par les solutions du sol.

Si les altérations de surface ou souterraines sont parfois très intenses et ont des effets spectaculaires, les altérations pédologiques, moins visibles, sont généralisées et conditionnent la formation des sols.

Deux niveaux d'altération doivent être distingués dans le sol: un niveau superficiel, correspondant à l'horizon riche en matières organiques. C'est en général un niveau d'intense altération des roches et cailloux de surface, grâce aux dégagements de CO₂ et acides divers dus aux décompositions organiques.

Un niveau profond, correspondant aux horizons peu organiques du sol. En profondeur l'agressivité des solutions a beaucoup diminué.

28 AVR. 1976

285

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

8405ledo

2. Milieux d'altérations

L'altération sera fonction dans l'un et l'autre niveau du milieu considéré:

- Le milieu aéré alcalin, appelé par G. MILLOT "milieu lessivé alcalin", est un sol saturé où les solutions circulent librement et percolent en profondeur. C'est les cas de nombreux sols rouges méditerranéens bien structurés et parfaitement perméables.

La surface recevra des eaux peu chargées en sels et, grâce à une très bonne structure, elles lixivieront facilement les bicarbonates formés au cours des altérations.

Ce mouvement descendant des solutions du sol peut se poursuivre dans tout le profil, tant qu'aucun obstacle ne se présente à leur libre circulation.

- Le milieu confiné basique (G. MILLOT 1964) est le sol ou l'horizon du sol, où la circulation des solutions se trouve ralentie ou bloquée pour diverses raisons: poches sans exutoires, niveaux imperméables, etc...

Une distinction sera faite entre:

- Le milieu confiné hydraté où les solutions du sol sont simplement ralenties, avec cependant engorgement et accumulation partielle du CaCO_3 , sous forme diffuse ou sous forme de nodules. C'est le cas des sols bruns méditerranéens (M. LAMOUROUX 1966).

- Et le milieu confiné hydromorphe où les solutions du sol sont bloquées, à plus ou moins grande profondeur, avec souvent de très fortes accumulations calcaires.

En milieu confiné les solutions chargées en sels dissous perdent de leur agressivité. C'est un milieu où l'altération est très réduite, "l'altération pelliculaire" n'y a jamais été observée. Par contre, les précipitations de CaCO_3 sont fréquentes sous formes diffuses, de nodules ou d'encroûtements.

3. Mécanismes et formes des altérations pédologiques

L'hydratation et les altérations varient suivant la nature des carbonates (M LAMOUROUX 1965).

- a) Elles peuvent être ponctuelles, c'est le cas par exemple d'altération en zones semi-arides: au niveau des fissures (peaux d'éléphant), par points (surface en pain d'épice), etc...

- b) Elles peuvent être périphériques ou pelliculaires, c'est-à-dire qu'elles n'intéressent chaque fois qu'une mince pellicule à la surface de la roche.

- c) Elles peuvent être profondes, progressives. C'est le cas assez rare, où plusieurs stades d'altération peuvent être observés entre la roche saine et le produit d'altération.

- d) Elles peuvent être internes et se produisent dans les fissures, les diaclases, les pores ou multiples cavités que certaines roches hétérogènes peuvent présenter. Plusieurs types d'altération peuvent être observés simultanément, allant jusqu'au "poussissement" d'une grande partie de la roche.

L'altération périphérique ou pelliculaire sera le seul mécanisme étudié ici, car il semble être généralisé à de nombreux calcaires durs du versant Ouest et être le plus important.

4. Altération pelliculaire des calcaires

Sous une pluviométrie supérieure à 400 mm, des sols argileux, non ou peu calcaires au contact d'une roche dure carbonatée, se rétractent en périodes sèches, en arrachent à la roche une mince pellicule de carbonates.

C'est le phénomène dit d'altération pelliculaire

4,1. Observation du phénomène.- En de très nombreux points du Liban, Rayak, Karaoun, Ben Jbeil, Nabatyé, Djezzine, Kartaba, Hamaté, etc... ce phénomène d'une plus ou moins grande intensité, a été observé aussi bien sur calcaires durs que sur dolomies, exceptionnellement sur calcaires durs que sur dolomites, exceptionnellement sur calcaires tendres. Ces pellicules sont beaucoup plus importantes, dans l'horizon organique qu'en profondeur et sont faibles ou inexistantes dans les milieux confinés, hydratés ou hydromorphes. Des pellicules se forment sur des déblais récents de carrière ou de routes, sur des terres récemment labourées. Elles ont enfin été reproduites, en 3 mois, dans des pots de végétation.

4,2. Cycle de formation des pellicules.- L'apparition et la disparition de ces pellicules semblent liées aux périodes sèches pluvieuses, d'où l'étude de l'évolution des sels solubles dans les profils au cours des saisons.

En Octobre, avant les pluies, les pellicules étaient parfaitement bien développées, des efflorescences calcaires apparaissaient même à la surface de certains profils desséchés.

En Décembre, après deux fortes périodes de pluies, les pellicules n'étaient plus apparentes mais l'analyse des sels solubles (tableau 1) montre que les solutions du sol sont chargées en bicarbonates de calcium.

En Février, après d'abondantes pluies les sels solubles ont considérablement diminué dans le profil.

Au cours de la petite période sèche, début Mars, de nouvelles pellicules apparaissent.

L'analyse des extraits au 1/5 a été effectuée sur 8 profils du bassin du Nahr Beyrouth à deux périodes différentes. Le 17/12/65, après deux séries de fortes pluies et le 4/2/66, au milieu de la saison des pluies:

- Lessivage intense des sols solubles (bicarbonates surtout) pendant la saison des pluies,
- Teneurs très élevées en surface, aussi bien dans les sols rouges que dans les sols bruns,
- Augmentation des sels solubles en profondeur des sols bruns ou des poches brunes, en début de saison des pluies, puis disparition par lessivage ou par précipitation.

4,3. Mécanisme de formation des pellicules

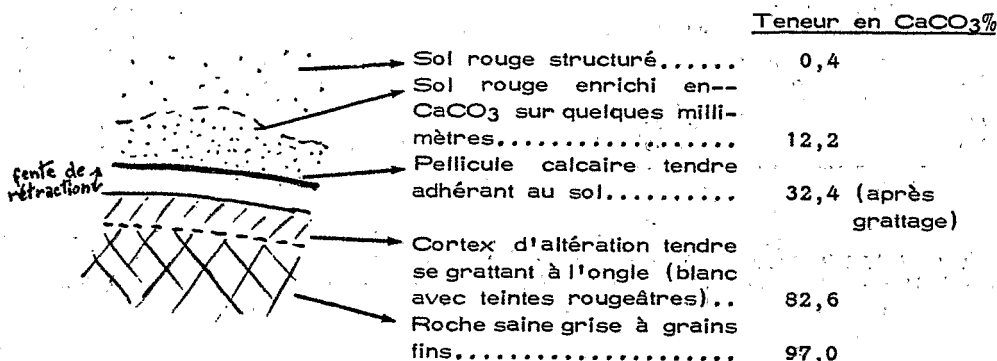


Fig. 1.- Altération pelliculaire d'un calcaire dur

L'analyse des carbonates (par dosage du Co₂ en circuit fermé (Kehren 1965) met en évidence l'existence d'une zone corticale qui conditionne la formation de la pellicule calcaire. Le mécanisme de cette altération peut se décomposer en 4 phases principales.

1) Hydratation sur quelques dixièmes de millimètres d'un cortex d'altération. Un début de dissolution se produit alors, avant qu'une partie de ce cortex ne soit arraché par le sol.

2) Arrachement d'une pellicule calcaire quand le sol se rétracte par dessiccation, ce qui peut se produire pendant une période sèche de 10 ou 15 jours en plein hiver.

3) Dissolution plus ou moins complète de la pellicule par les eaux de pluies, sous forme de bicarbonates.

4) Entraînement et lessivage de ces sels dans les eaux de ruissellement, en profondeur sur les parois des fissures, des cavernes ou dans un horizon d'accumulation du sol.

T A B L E A U I

Sels solubles (Extraits au 1/5)

Echant.	Type de sols	Profon. en cm.	Prélèvements du 17/12/65		Prélèvements du 4/2/66	
			Cité à 25°C/cm	Ca mg/l	Cité à 25°C/cm	Ca mg/l
248.1	Brun médier	0- 15	775	147,0	182	38,0
248.2	" "	30- 50	720	125,0	129	23,2
248.3	" "	80-100	161	30,4	117	20,3
248.4	" "	160-180	(145)	38,7	125	19,4
298.1	Brun médier	0- 15	312	73,0	306	70,0
298.2	" "	25- 35	127	25,2	117	20,3
298.3	" "	50- 70	124	22,7	121	22,4
298.4	" "	90-120	262	49,0	119	13,9
151.1	Rouge médier	0- 15	387	52,5	193	70,0
151.2	à poches brunes	20- 30	310	50,3	145	25,2
151.3	" "	50- 60	178	35,6	148	29,0
151.4	" "	90-100	393	54,7	122	23,7
225.1	Rouge médier	0- 15	212	38,7	141	25,4
225.2	" "	15- 25	178	36,6	118	21,8
225.3	" "	40- 50	181	31,8	116	24,0
225.4	" "	75- 90	185	30,4	115	20,3
288.1	Rouge médier	0- 15	202	29,0	91	23,2
288.2	" "	30- 50	-	-	108	-
288.3	" "	60- 80	214	32,4	118	19,7
287.1	Rouge médier	0- 15	260	38,0	117	20,6
287.2	" "	35- 50	164	27,8	102	16,0
287.3	" "	60- 80	167	30,3	125	23,2
287.4	" "	80-100	200	38,6	145	28,0

4.4. Importance de ces pellicules. - De petites mottes portant des pellicules ont fait l'objet d'analyses de CaCO_3 (mesure du CO_2). Les résultats rapportés à la surface des pellicules permettent d'évaluer l'épaisseur de roche ainsi arrachée.

Ces données sont très variables et sont provisoires. Le 317 est un échantillon récemment prélevé, après 15 jours de petite saison sèche, il n'est pas impossible que les pluies de Mars-Avril aient fait disparaître plus ou moins complètement cette pellicule et qu'elle se soit reformée en saison sèche.

Ces valeurs donnent une bonne idée de l'intensité d'altération en un point, mais il serait illusoire de vouloir l'étendre à toute une région ou à une période de plusieurs milliers d'années.

Il s'agit là du processus physico-chimique essentiel de la formation des sols méditerranéens. Mais quels en ont les mécanismes intimes? Que deviennent les résidus non calcaires de la pellicule? comment s'incorporent-ils aux solutions du sol et aux sols?

Sans répondre pour l'instant à ces questions, il paraît utile de connaître la nature et l'importance de ces résidus non calcaires.

T A B L E A U 2

Importance des pellicules (P)

Echant.	Roche	Sols	Surface de pellicules. cm ²	Quantité de CaCO ₃ mg.	Volume de CaCO ₃ en mm ³ d = 2,5	Épaisseur Roche arrachée mm
284.1	Calcaire dur jurassique	Sol rouge	47,6	642	256	0,05
237	Calcaire dur (C.4)	Sol rouge	2,8	54	21,6	0,08
217	Calcaire dur (J)	Sol rouge	14	104,5	42,0	0,03
307	Calcaire dur (J)	Sol rouge	17	500	200	0,12
Nabatyé.	Calcaire dur C.4	Sol rouge	17,8	1430	570	0,32
308	Calcaire dur	Sol châtain	29	294	118	0,04
215	Calcaire tendre	Sol brun	9,25	1110 (moins témoin)	584 (d = 1,9)	0,63

B. RESIDUS NON CALCAIRES DES ROCHES CARBONATEES

Des échantillons de roches carbonatées ont été attaqués à HCl au 1/2 et les résidus d'attaque, filtrés et lavés, ont pu être étudiés. Des essais comparatifs avec solutions à pH 4,5 (acide acétique 10% + acétate d'ammonium) ont montré que HCl au 1/2 n'altère pas les couleurs comme HCl pur.

1. Couleur

Aucune corrélation n'est constatée entre les couleurs des sols rouges (2,5 à 5 YR) et celles des résidus non calcaires (10 YR), bien que certains résidus soient déjà très rouges 5 à 7,5 YR. Il y a apparemment correspondance entre les couleurs des résidus et des sols bruns méditerranéens. Corrélation également entre la couleur des résidus et celle des roches quand les carbonates ne la masquent par trop.

Les éléments non calcaires des roches carbonatées sont généralement bruns (10 YR), la rubéfaction est donc un phénomène essentiellement pédologique.

2. Examen des résidus non calcaires

L'examen au stéréoscope binoculaire ne permet qu'une étude qualitative rapide. Le résidu très faible ou abondant, suivant le type de roche considéré,

est formé d'une pâte apparemment amorphe, brune, enveloppant des éléments grossiers bien individualisés.

2,1. La pâte brune, formée d'éléments très fins, représente la plus grande partie du résidu. Elle est brune, mate, parfois noire et brillante. Des déterminations de carbone organique ont donné des résultats positifs, dans le cas des échantillons brun-foncés.

Des analyses aux rayons X (*) des résidus de quelques roches ont donné pour 3 échantillons une dominance d'illite, pour 2 échantillons une dominance de montmorillonite, présence de kaolinite et de quartz et pour un d'entre eux (calcaire tendre éocène) présence exclusive de montmorillonite.

D.H. Yaalon (1955) Grin, Lamar et Bradley (d'après G. Millot 1949), G. Millot (1949) ont généralement trouvé dans de nombreux échantillons une dominance d'illite, la kaolinite et la montmorillonite étant souvent présentes, parfois dominantes.

L'illite et la kaolinite des sols formés sur roches carbonatées sont donc en grande partie héritées de ces roches. La montmorillonite partiellement héritée serait le résultat de transformations de diagenèse ou de neosynthèse (Lamouroux 1966).

2,2. Les éléments grossiers.- bien individualisés, sont très variés:

La silice constitue l'élément essentiel de ces débris grossiers

- des petits quartz, hyalins et arrondis, sont nettement visibles dans la masse pâteuse. Ils se retrouvent identiques dans les sables des sols;
- des éléments siliceux opaques, à angles vifs, sont également fréquents;
- des oxydes métalliques, sous forme d'éléments plus ou moins arrondis, bruns ou noirs, font fortement effervescence à l'eau oxygénée;
- divers débris, plus ou moins silicifiés, semblent être des débris de tests ou de matières organiques.

3. Evaluations quantitatives des résidus

Il est préférable de faire appel à l'analyse minéralogique des carbonates pour connaître l'importance des résidus.

T A B L E A U 3

Résidus non calcaires % de la roches séchée à 105°C

Calcaires	Calcaires tendres	Calcaires durs		
		Aptien	Cénomanién	Jurassique
Résidus %	1 - 5,41	1 - 4,14	1 - 3,04 (dol)	1 - 3,17
	2 - 10,89	2 - 5,00	2 - 4,70 (dol)	2 - 2,43
	3 - 6,27	3 - 6,14	3 - 2,91	3 - 1,39 (dol)
		4 - 9,13	4 - 1,41	4 - 5,63
Moyennes	7,52	6,10	3,01	3,15

(*) Analyses exécutées aux laboratoires de Géologie du Professeur G. MILLOT (Strasbourg)

Bien qu'il ne s'agisse que d'une quinzaine de résultats, ils reflètent assez bien la réalité et nous donnent une idée de la masse de roches carbonatées nécessaire pour former un sol. Ainsi pour former un sol rouge méditerranéen de 20 à 30 cm. ce qui représente la moyenne, estimée, de sol recouvrant uniformément les calcaires durs de la région,

Il faut (avec $d = 1,3$ pour le sol, $d = 2,6$ pour le calcaire et complexe hérité = 75% du sol) qu'une couche de roches carbonatées soit altérée sur :

- 2,7 à 4 mètres pour les calcaires durs Cénomaniens et Jurassiques
- 1,3 à 2 mètres pour les calcaires durs de l'Aptien et pour les calcaires tendres ($d = 1,9$).

Connaissant la valeur des altérations annuelles, soit par la dureté des eaux, soit par l'importance de l'altération pelliculaire, il paraît possible de dater tel ou tel sol. En fait ce raisonnement n'a de valeur que l'apparence, mais il sera envisagé par ailleurs.

4. Matière organiques des résidus

Les impregnations noires ou brunes des résidus de certains échantillons font penser à la formation de complexes humus-fer. L'analyse du c organique (méthode Anne) donne pour ces échantillons des résultats qui ne sont pas négligeables.

T A B L E A U 4

Matière organique des résidus non carbonatés (en mg %)				
Calcaires tendres	Calcaires durs			
	Jurassique	Aptien	Eocène	Cénomarien
1 - 25	1 - 38	1 - 25	1 - 25	1 - 21
2 - 72	2 - 30	2 - 3,4	2 - 71	2 - 7
3 - 23	3 - 34	3 - 56		3 - 26
	4 - 18	4 - 9		
	5 - 34			

Ces quantités représentent 1 à 3% des résidus et influencent nettement la coloration de la roche elle-même. Il est probable qu'une partie de ces matières organiques, du moins pour les échantillons de surface, a pénétré par les fentes, clivages et pores divers, avec les solutions du sol.

Il apparaît que le complexe argileux + complexe détritique (Marcelin 1941) sont pour une grande part, hérités de la roche-mère dont les carbonates sont lentement dissous. Par conséquent, il n'est peut-être pas nécessaire de faire appel à des mécanismes physicochimiques très compliqués (Reifenberg 1947, Bordas 1950; etc..) pour expliquer la formation des ces sols.

C. FORMATION DES SOLS ROUGES OU BRUNS MEDITERRANEENS

Dans les précédents chapitres l'altération des roches carbonatées et les produits de cette altération ont été étudiés. Sans aborder d'hypothétiques phé-

nomènes physico-chimiques quant à la formation des sols rouges, deux problèmes seront envisagés :

- ces sols se forment sous le climat actuel du Liban
- ils subissent d'importants remaniements.

1. Formation actuelle de sols rouges méditerranéens

Des rendzines blanches se forment sur calcaires marneux, des sols bruns plus ou moins calcaires sur roches calcaires tendres.

Sur roches carbonatées dures il est difficile, non de douter de l'altération de ces roches, mais d'établir une relation entre les produits d'altération et les sols rouges environnants.

Un certain nombre d'observations tendent à prouver que des produits d'altération de roches carbonatées rubéfiennent sous le climat méditerranéen humide du Liban.

- Chaîne de sols de Meiss ej Jebel (660 m.) Fig. 2.

Dans le Sud Liban sous une pluviométrie de 750 mm. sur pente de 10 à 20%, des sols bruns calcaires sont observés en haut de la chaîne (236) sur calcaires durs à poches tendres. Sur calcaires durs de 238 à 240 le sol est brun rouge (5 YR 3/4) puis rouge (2,5 YR 3/4) en bas de la chaîne. Encore calcaire en 238, il ne l'est plus en 240. Il est très net que les colluvions de sols bruns calcaires marquent les sols du dessous. En 237, un peu au-dessous des sols bruns, de larges dalles de calcaires durs ont été arrachées du sol après défoncement. Le sol les enveloppant (237.1 - Tableau 5) est brun rouge 5 à 7,5 YR 3/3 et calcaire. Entre les clivages des dalles l'altération est très active et les faibles épaisseurs de produits argileux sont nettement rouges (2,5 YR-3/6) et non calcaires (ou très peu).

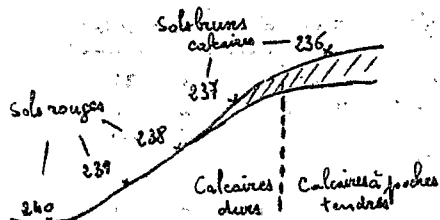


Fig. 2.- Chaîne de Meiss ej Jebel.

Schématiquement la succession suivante est observée (Fig. 3) en position naturelle horizontale :

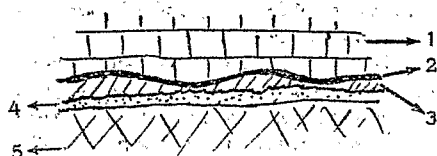


Fig. 3.- Formation d'une argile de décalcification

Cette argile a quelques millimètres d'épaisseur (4 à 5) et est discontinue.

- 4) Cortex rouge ferrugineux, très dur à surface chagrinée, adhérant fortement à la roche sous jacente. A sa surface pseudomycélium calcaires.
- 5) Calcaire dur de la dalle inférieure.

Les argiles rouges de décalcarification (3) sont différentes des sols bruns rouges environnant (tableau 5).

Différences de $\left\{ \begin{array}{l} \text{couleur} \\ \text{texture (argile presque pure 90,4\% ce qui est} \\ \text{très rare dans les sols rouges)} \\ \text{teneur en CaCO}_3 \\ \text{structure} \end{array} \right.$

L'observation précédente est faite dans un clivage de la dalle voisin de la face externe. Vers l'intérieur d'autres clivages parallèles laissent apparaître une masse altérée blanc-jaunâtre calcaire et peu épaisse, puis un enduit jaunâtre simplement.

L'altération pelliculaire de ces calcaires montre l'actualité du phénomène et les produits de cette altération ne peuvent que contribuer à former cette argile de décalcarification, peu riche en éléments grossiers et limon. Le manque de structure de ce produit caractérise bien un produit jeune, peu évolué.

Vu l'importance relative du matériau accumulé là, deux phénomènes complémentaires doivent intervenir :

- Une accumulation par points des résidus d'altération
- "un nourrissage" des résidus par des éléments colloïdaux en suspension dans les eaux de percolation.

Bien que les sols environnants soient bruns le produit final est ici rouge (2,5 YR). La rubéfaction n'est donc pas très ancienne et se fait encore.

Cette chaîne de sols n'est qu'un exemple d'un phénomène observé en plusieurs points sur le versant Ouest du Liban.

TABLEAU 5

Résultats en % de terre sèche

Echant.	Sols	Prof. cm	>2 mm.	S.Gros	S.F.	ST.F.	L	A	CaCO ₃	C
236.1	S. brun calcaire	0-15	4,2	17,7	14,6	15,7	24,2	26,7	54	1,9
237.1	S. brun calcaire	30-50	2,2	3,5	5,5	11,0	16,7	61,6	11	3,0
237.2	Argile de décarbonatation	-	0,0	0,7	0,9	2,1	5,1	90,4	2	0,65
238.1	S. rouge.	0-15	4,7	4,6	6,5	8,5	24,7	55,0	14	1,82
239.1	"	0-15	2,1	1,9	5,9	7,1	16,7	66,6	9	1,66
240.1	"	0-15	0,2	1,0	3,5	7,7	17,2	70,2	0	1,26

TABLEAU 6

Agrégats et stabilité structurale (Test HENIN)

Echant.	Agrégats %				Dispers % -ion	Is	Kcm/H
	Alcool	Eau	Benzène	Moy.			
236.1	45,5	21,4	18,0	24,9	47	5,3	2,5
237.1	62,8	34,7	10,2	35,9	69	2,1	5,8
237.2	25,7	5,1	1,0	10,6	91	10,0	1,6
238.1	58,1	10,6	5,2	24,6	75	3,6	3,1
239.1	47,0	11,5	3,3	23,9	77	3,6	4,4
240.1	52,1	13,3	1,6	22,3	91	4,2	5,3

2. Formation d'un sol rouge par brassages mécaniques des éléments colloïdaux

Dans les calcaires dolomitiques et sur beaucoup de calcaires durs les sols forment des poches, apparemment bien en place, et aux horizons peu remaniés. En fait des remaniements incessants se produisent.

Les eaux s'infiltrent le long des blocs dans les fissures entraînant en suspension des éléments colloïdaux qui viennent s'accumuler dans les vides laissés par les dissolutions.

Les sols s'enfoncent et laissent en relief des blocs de calcaires durs en forme de champignons, très caractéristiques des karsts dolomitiques de Reyfoun à Kartaba.

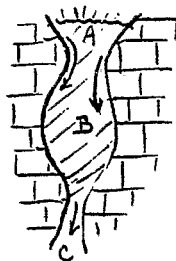


Fig. 4.- Brassage d'un sol rouge dans une fissure.

Les éléments résiduels de l'altération formés dans le sol en A. peuvent aller se mélanger aux terra rossa situées en profondeur dans les fentes (B). (Fig. 4). Suivant l'importance de l'écoulement dans ces fissures des pertes solides se produiront en C, en même temps que disparaîtront les sels dissous (Ca et Mg essentiellement). La légende d'Adonis illustre bien ces transports solides allant jusqu'à la mer. "Dans la montagne le sanglier porte des coups mortels au Dieu Adonis dont le sang se répand chaque année dans le Nahr Ibrahim, rougissant les eaux de la mer à plusieurs kilomètres au large".

Il peut y avoir équilibre entre pertes et formations de sol, ou dominance d'un processus sur l'autre. De toute façon il y a enfouissement et brassage de l'ensemble AB, par alimentation de A vers B, puis de B vers C.

Si bien qu'une grande partie des sols rouges et même des formations appelées terra rossa sont des mélanges intimement brassés d'éléments parfois fort anciens et d'éléments résultants de l'altération actuelle.

Tenter de dater de telles formations est une opération pratiquement impossible. Il existe, bien sûr, des terra rossa isolées de la pédogénèse actuelle dans des poches ou fissures, comme il peut exister, en très faible quantité, des argiles de décarbonatation peu évoluées.

Ce dynamisme des altérations de roches carbonatées et de formation des sols rouges peut paraître exagéré, mais les conditions climatiques du versant Ouest des Monts Liban favorisent et expliquent ces phénomènes.

CONCLUSIONS

Sous le climat méditerranéen humide et semi-humide du Liban, l'altération des roches dures carbonatées est très importante. Elle procède, généralement de l'ablation périodique d'une mince couche de carbonates, suivant le mécanisme décrit sous le nom d'altération pelliculaire. Cette altération est favori-

sée par un milieu aéré, alcalin, riche en matières organiques. Ce type d'altération, lié à des formations rouges peu évoluées, contribue à renforcer l'hypothèse d'une formation actuelle des sols rouges méditerranéens.

L'aire climatique où ces sols se forment au Liban est très précise, mais permet de supposer que sous de très fortes pluviométries des sols rouges ont pu se former en quantité beaucoup plus grande que de nos jours. Il semble que ce type de climat méditerranéen (été sec et chaud, hiver froid et pluvieux) indispensable à la formation des sols rouges dits méditerranéens, s'est maintenu sur ces régions pendant une grande partie du quaternaire. Un simple balancement (J. Chavaillon 1961) de la zone méditerranéenne un peu plus au Nord ou un peu plus au Sud, avec une pluviométrie plus ou moins grande et de faibles variations de températures, ont permis le maintien des conditions de formation des sols rouges méditerranéens.

Génèse, érosions, brassages d'éléments récents et anciens ne permettent pas de donner un âge aux sols rouges formés en montagne. Cependant, la dureté des eaux de ruissellement donne une idée de l'intensité d'altération actuelle (J. Corbel 1957).

Ainsi pour la Nahr Beyrouth les valeurs obtenues en 1965-66:

<u>CaCO₃ mg/l.</u>	<u>dates:</u>
110	27/10/65
150	29/11/65
112	17/12/65
180	21/ 1/66
116	4/ 2/66
128	25/ 2/66
112	10/ 3/66

permettent d'évaluer, pour un ruissellement de 500 mm. d'eau, l'ablation annuelle à 3/100 mm. environ. Ce calcul ne tient pas compte des eaux qui s'infiltrèrent dans le karst, aussi la mesure de la pellicule d'altération et le dosage des solutions du sol sont des données plus précises de l'intensité d'altération en un point déterminé.

Même en partant de cette intensité d'altération, relativement bien connue, il est pratiquement impossible de calculer le temps qu'il a fallu pour que 20 à 30 cm. de sols rouges se forment. En effet:

- l'intensité d'altération a considérablement varié au cours des temps, elle pouvait être 2 ou 3 ou 10 fois plus forte qu'aujourd'hui quand les forêts couvraient le Mont Liban;

- le mécanisme de formation des sols rouges ne permet absolument pas ce calcul: les brassages continus de produits récents et anciens, la disparition, par soutirage et en suspension dans les eaux, d'une partie de ces sols en sont, entre autres, les inconnues impossible à apprécier.

Ce qui peut être affirmé c'est que des sols rouges méditerranéens continuent à se former sous le climat humide et subhumide du Liban.

BIBLIOGRAPHIE

- Boulaine J. (1965). Renseignements oraux.
- Bryssine G. (1949). Les facteurs climatiques de la pédogénèse au Maroc. Les cahiers de la Recherche Agronomique. Rabat.
- Dubertret L. (1951). Carte géologique au 50.000ème. Feuille de Beyrouth. Ministère del T.P. Liban.
- Kehren L. (1965). Dosage du CO_2 en circuit fermé (Inédit).
- Lamouroux M. (1965). Observations sur l'altération des roches calcaires sous climat méditerranéen humide (Liban). Cahiers ORSTOM. Pédologie. Vol. III n° 1.
- Lamouroux M. (1966). Les sols bruns méditerranéens du Liban, formés sur calcaires durs (inédit).
- Marcelin P. (1960). Sur la terre rouge. Bulletin de la Société d'étude des Sciences Naturelles de Nîmes.
- Millot G. (1964). Géologie des argiles. Masson et Cie. Paris.
- Yaalon D.H. (1955). Clays and some non carbonate minerals in limestones and associated soils of Israël.

Directeur de Recherches ORSTOM, détaché à l'Institut de Recherches Agronomiques de Tel'Amara