

# INFLUENCE DES ALTERNANCES SAISONNIERES SUR LA DISSOLUTION DES ROCHES CARBONATEES (EN REGIONS MEDITERRANEENNES)

M. LAMOUREUX

O.R.S.T.O.M. — PARIS

## SOMMAIRE

*Les eaux qui circulent en surface et dans les sols formés sur karst sont chargées en bicarbonates. Les extraits au 1/5 à l'eau distillée d'échantillons de sols mettent en évidence un rythme cyclique des entraînements du calcium des sols.*

*Une expérimentation en tubes précise la nature et l'importance du mécanisme saisonnier de ces dissolutions, ainsi que le rôle primordial du sol.*

*Enfin, les exportations en calcium, au niveau des rivières, donnent une idée plus globale du phénomène.*

## INTRODUCTION.

Les roches carbonatées du Liban et en particulier les calcaires ont fait l'objet de différentes études portant sur la nature physique et chimique tant de la roche elle-même que du résidu non carbonaté qu'elle contient (LAMOUREUX, 1965-68).

Un type d'altération particulier de ces roches carbonatées a été décrit, l'altération pelliculaire (LAMOUREUX, 1967).

Le mécanisme de cette altération se résume en 4 phases principales :

- 1° Apparition d'un cortex d'altération ;
- 2° Arrachement de la pellicule calcaire ;
- 3° Dissolution de la pellicule et entraînement des cations Ca et Mg ;
- 4° Mise en place du plasma.

Les phases 1 et 2 ont pu être mises en évidence et expliquées, les phases suivantes ont nécessité une étude plus approfondie. S'il est facile de montrer la disparition par dissolution de pellicules formées périodiquement, il est moins aisé d'apprécier l'importance et de comprendre le mécanisme de ces dissolutions.

## I. — MISE EN EVIDENCE DES DISSOLUTIONS SAISONNIERES DE CALCAIRE.

### 1° PRESENCE DE CALCIUM DANS LES EAUX LIBRES (circulantes).

Au cours de reconnaissances sur le terrain, des eaux d'origines différentes ont été prélevées et ont fait l'objet d'analyses succinctes :

— En surface les flaques d'eau, immédiatement après une pluie, sont chargées en calcium essentiellement et les teneurs varient en fonction des types de sols. Des eaux s'égouttant de fissures du karst et quelques eaux suintant en différents points des profils, après une forte pluie, ont été prélevées et analysées. Dans tous les cas les teneurs en calcium sont élevées. Les eaux de rivières représentant un bilan du calcium dissous, seront envisagées au troisième paragraphe.

Pour examiner l'agressivité des eaux de pluie, vis-à-vis des réserves calciques du sol, il est apparu intéressant d'en apprécier d'une part l'importance, d'autre part d'éventuelles variations dans le temps.

A cet effet, des extraits au 1/5 d'eaux d'échantillons de sol ont été analysés périodiquement.

(Les extraits au 1/5 ont paru plus pratiques à effectuer en série que les extraits de pâtes saturées.)

## 2° RESULTATS D'ANALYSES D'EXTRAITS AU 1/5.

Le calcium et le magnésium d'extraits au 1/5 ont été dosés à plusieurs périodes de l'année et dans différents types de sols.

Une étude profil par profil pourrait être envisagée, mais il apparaît moins fastidieux de représenter les résultats obtenus sur un tableau (tableau 1).

Quatre périodes ont été retenues :

- la fin de la saison sèche (octobre);
- le début de la saison des pluies (décembre);
- le milieu de la saison des pluies (février);
- la fin de la saison des pluies (mai).

Les valeurs représentées sont les moyennes obtenues sur le calcium des extraits des horizons d'un même profil.

En 1, les réserves calciques existent déjà dans les sols.

En 2, les premières pluies semblent avoir libéré une plus forte quantité de calcium pour la plupart des profils étudiés.

En 3, les réserves calciques ont nettement baissé après les pluies abondantes de décembre à février.

En 4, au début mai, les réserves calciques ont encore un peu baissé et sont au plus bas.

## 3° CONCLUSIONS.

Malgré une certaine imprécision de la méthode utilisée, les extraits au 1/5 d'échantillons de différents profils mettent en évidence :

- Un rythme cyclique des dissolutions et des entraînements du calcium des sols ;
- Un maximum est atteint en novembre-décembre quand les premières pluies ont dissous une partie des pellicules d'altération, comme nous avons pu l'observer sur le terrain ;

TABLEAU 1. — Variations des teneurs en calcium des extraits d'échantillons de sols (moyennes par profil)

Profils	Type de sols	Ca mg/l				Sens de l'évolution			
		10/67	12/67	2/68	5/68	1	2	3	4
151	S.rouge à poche brune	18,0	23,1	19,4	12,7				
376	S.rouge/karst ouvert	18,4	19,5	16,1	15,6				
319	S.rouge/karst ouvert	20,0	20,2	15,3	12,0				
308	S.rouge/karst ouvert	13,6	6,5	3,5	3,0				
373	S.rouge/colluvions	14,8	17,3	12,9	12,1				
288	S/rouge/karst intermédiaires avec les sols bruns	19,2	14,6	15,6	13,2				
225		17,2	17,9	16,3	13,8				
287		17,2	19,3	14,8	14,7				
286	Sols bruns karst ouvert	20,0	21,9	16,8	16,2				
298		22,2	23,2	21,2	17,4				
375		16,3	21,2	16,3	16,0				
255	S.brun verticale	28,6	24,0	20,1	20,5				

- Un minimum, à la fin de la saison des pluies, quand toutes les réserves calciques sont épuisées ;
- Des variations notables, d'un type de sol à l'autre.

**II. — MECANISME DES DISSOLUTIONS - EXPERIMENTATION.**

Pour mieux saisir l'influence des alternances saisonnières sur les dissolutions des roches carbonatées et sur le rôle du milieu au cours de ce processus, une expérimentation très simple a été montée en laboratoire.

**1° L'EXPERIMENTATION.**

Quatre tubes de verre de 50 cm de long et de 7 cm de diamètre ont été remplis de terre passée au tamis de 2 mm, deux tubes avec un sol brun (10 YR) et deux tubes avec un sol rouge (5 YR). Une couche d'un horizon moyennement organique terminait chaque tube sur 10 cm environ. Dans un des sols rouges et dans un des sols bruns ont été placés des cailloux calcaires (160 à 180) représentant un tiers environ du poids total de terre.

Des apports fractionnés d'eau distillée ont été effectués périodiquement et goutte à goutte, au cours d'une période dite humide, à laquelle succédait une période de dessiccation plus ou moins longue. Pendant la première année de l'expérience, chaque apport d'eau était de 2,5 litres en 10 applications successives. Par la suite ces apports ont été doublés et presque quadruplés en fin d'expérience.

Les quantités d'eau apportées et percolées ont été mesurées chaque fois, ainsi que la conductivité, le calcium et le magnésium, mais il ne sera traité dans cette note que du calcium.

L'expérience a duré 2 ans.

**2° RESULTATS OBTENUS.**

**2.1. Résultats globaux.**

Sur le tableau 2 sont reportées les quantités d'eau appliquées et percolées, ainsi que le calcium exporté par ces percolats.

**TABEAU 2. — Quantités d'eau percolée et calcium exporté au cours de l'expérience**  
Départ de l'expérimentation : 25 juin 1966

Dates	Tubes*	Quantités d'eau en cm <sup>3</sup>		Ca mg exportés	
		Ajoutées	Percolées	Par litre	Cumulés
Au 15 Mai 1967	S.R	24,71	29,80	36,7	761,8
	S.R.T.	24,16	21,30	28,4	604,2
	S.B.	24,28	21,17	32,0	683,9
	S.B.T.	24,36	21,54	29,6	635,9
Au 5 Décem- bre 1967	S.R.	40,97	34,81	32,4	1129,4
	S.R.T.	40,07	35,56	23,9	849,3
	S.B.	40,35	35,18	29,4	1072,1
	S.B.T.	40,29	35,84	27,4	980,8
Au 8 Mai 1968	S.R.	62,37	54,13	28,9	<u>1565</u>
	S.R.T.	60,47	55,97	20,1	<u>1124</u>
	S.B.	61,75	54,69	27,6	<u>1514</u>
	S.B.T.	61,69	55,95	25,1	<u>1403</u>

\* S.B. et S.R. : Sol brun et sol rouge + cailloux.

S.B.T. et S.R.T. : Sol brun et sol rouge, témoins sans cailloux.

Compte-tenu des évaporations au cours de l'expérience, les quantités d'eau recueillies correspondent aux hauteurs d'eau suivantes :

- S.R. (Sol rouge + cailloux) : 12,50 m.
- S.R.T. (Sol rouge témoin) : 12,85 m.
- S.B. (Sol brun + cailloux) : 12,80 m.
- S.B.T. (Sol brun témoin) : 12,85 m.

Les exportations en mg/l de calcium diminuent du début à la fin de l'expérimentation et cela dans chaque cas :

- S.R. : 36,7 à 32,4 soit une diminution de 7,8 mg/l.
  - S.R.T. : 28,4 à 20,1 soit une diminution de 8,3 mg/l.
  - S.B. : 32,0 à 27,6 soit une diminution de 4,4 mg/l.
  - S.B.T. : 29,6 à 25,1 soit une diminution de 4,5 mg/l.
- Ces diminutions sont plus faibles pour le sol brun.

Les exportations des témoins par rapport aux sols garnis de cailloux sont les suivantes :

Témoin/S. + cailloux %	15/5/67	5/12/67	8/5/68
S.R.T./S.R. % .....	79,0	75,0	72,0
S.B.T./S.B. % .....	93,0	91,5	92,5

Dans le cas du sol rouge, les écarts entre sol + cailloux et témoin vont en grandissant, alors qu'ils oscillent autour de 92 % pour le sol brun.

## 2.2. Influence des alternances de périodes sèches et humides.

### a) Mise en évidence de variations liées à ces alternances.

Sur la figure 1 sont représentées les teneurs en calcium (Ca mg/l) des différents percolats entre janvier et mai 1967.

Le comportement du sol rouge, que ce soit le témoin S.R.T. ou le sol + cailloux S.R., est sensiblement identique. Les exportations de S.R. sont cependant plus fortes et les

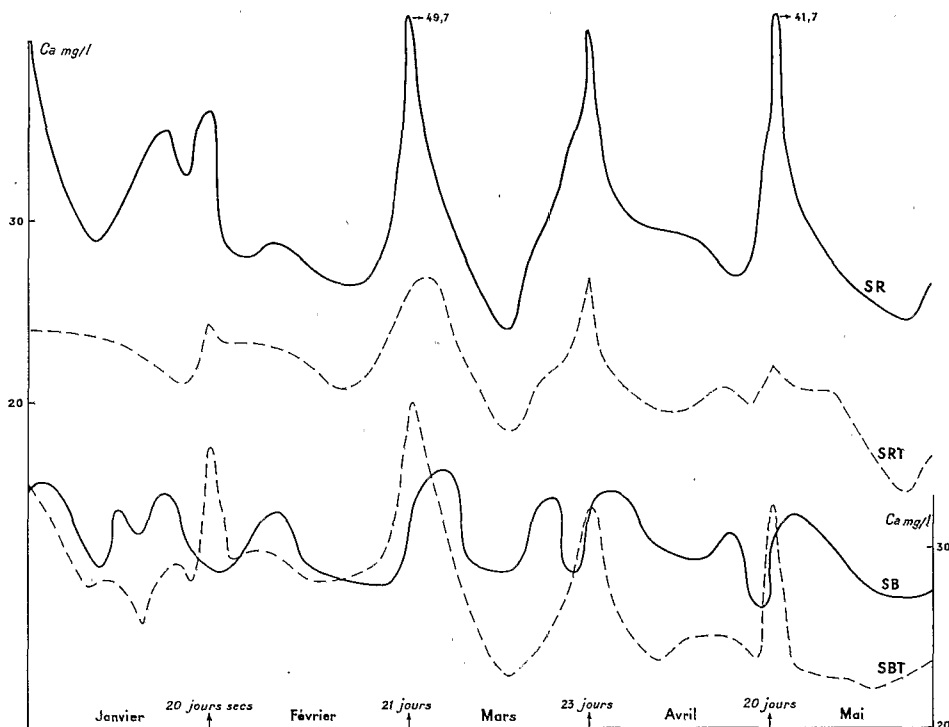


FIGURE I. — Ca mg/l des percolats entre janvier et mai 1967

premiers percolats de S.R., après une période sèche, sont de beaucoup plus riches en calcium que ceux de S.R.T. Il faut noter que par la suite, avec des apports d'eau plus importants, ces différences étaient beaucoup moins marquées.

Le sol brun témoin S.B.T. semble se comporter comme le sol rouge S.R., alors que le sol + cailloux S.B. a un comportement assez anarchique, sans relation avec les périodes sèches.

#### b) Importance de la période sèche.

Les périodes sèches ont varié de 3 à 68 jours au cours de l'expérience. La figure II représente les variations du calcium exporté dans le premier percolat et suivant la dessiccation en fonction du nombre de jours de la période sèche (pour le sol rouge, pris comme exemple).

Sans que les points se groupent rigoureusement sur une courbe, étant donné les conditions variables de l'expérience, il apparaît cependant qu'après 7 à 8 jours la période de dessiccation influe sur les teneurs en calcium des premiers percolats.

Les courbes ne seraient pas des droites, mais des courbes tendant asymptotiquement vers une valeur limite qui ne paraît pas être atteinte après 2 mois de période sèche.

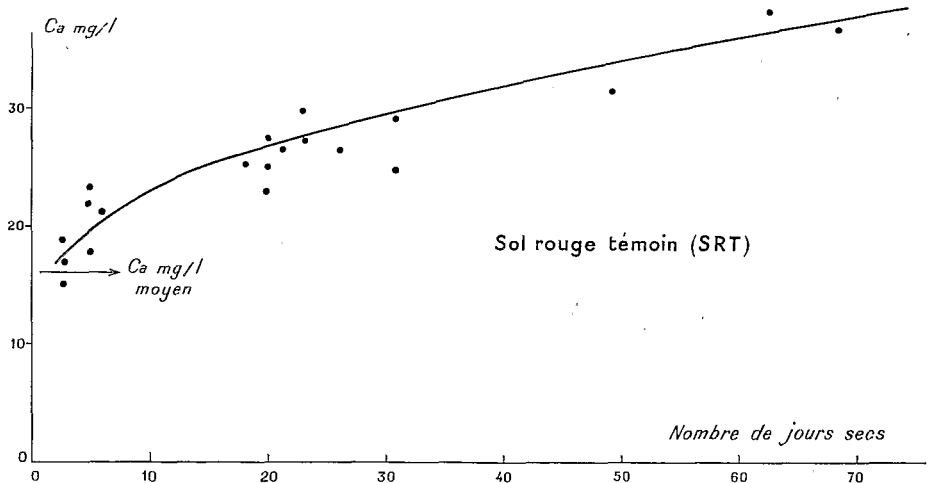
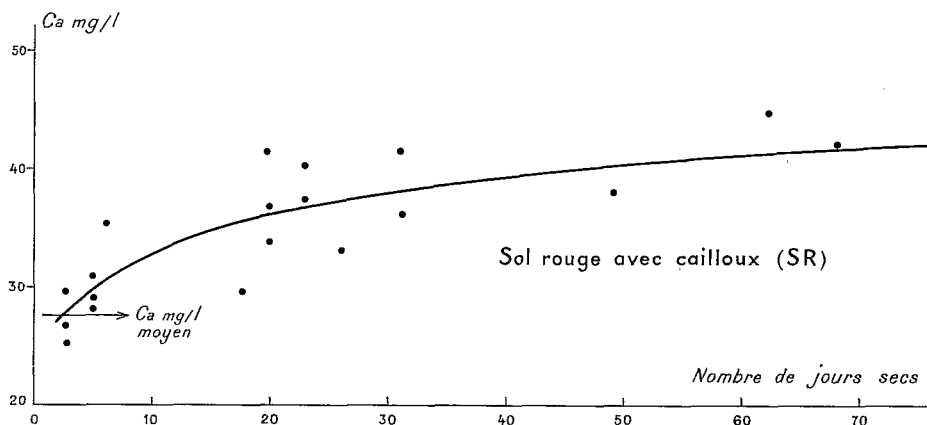


FIGURE II. — Influence de la longueur de la période sèche sur l'exportation en calcium (mg/l) dans le premier percolat suivant la dessiccation

### 3° INTERPRETATION.

#### 3.1. Influence des saisons sèches en pédogénèse karstique.

Comme il apparaît dans cette expérimentation, plus la saison sèche sera chaude et relativement longue (plusieurs mois), plus les cations basiques, essentiellement le calcium, dans ce cas, seront disponibles pour être lixiviés par les eaux de pluies qui suivent la saison sèche.

Par l'intermédiaire du sol et de son complexe absorbant apparaît un des rôles de cette grande saison sèche méditerranéenne, suivie de brutales et abondantes précipitations.

Si le sol rouge est coupé de ses sources carbonatées, il perdra lentement ses réserves calciques et, comme nous le verrons par ailleurs, aura tendance à se désaturer et à être plus sensible aux hydrolyses et aux entraînements par lessivage.

Si le sol rouge est bien pourvu en réserves calciques, cailloux calcaires ou roches calcaires encaissantes, il trouvera sur place les éléments pour reconstituer ses réserves.

Le sol rouge, non calcaire, est un agent très important de l'altération des roches carbonatées :

- en mettant en réserve l'eau nécessaire aux dissolutions ;
- en provoquant l'arrachement du cortex d'altération des roches carbonatées ;
- en stockant une partie des cations dissous, les redistribuant progressivement aux eaux de percolation.

Ce dernier point nécessite une attention particulière.

#### 3.2. Rôle du sol ou plus précisément de son plasma dans le mécanisme des altérations pelliculaires.

Les éléments fins du sol et probablement les minéraux phylliteux de type montmorillonitique, très abondants dans les sols du Liban, semblent jouer un rôle important au cours de la 3° phase de l'altération pelliculaire.

S'il est probable qu'une partie de la pellicule calcaire est directement dissoute par les eaux d'infiltration, en particulier au cours des premières pluies, il semble qu'un autre mécanisme plus complexe se superpose à celui-ci.

Les minéraux de type montmorillonitique de certains sols sur karst calcaire disposeraient d'une réserve calcique supérieure à celle habituellement mesurée sous forme de calcium échangeable.

Des analyses faites sur le complexe absorbant, avant et après l'expérimentation, montrent que la baisse en calcium échangeable des témoins ne correspond qu'à la moitié des exportations réelles en cet élément.

Il faudrait voir là l'existence d'une « marge » entre les taux de calcium échangeable obtenus à l'analyse et les taux marquant un début de désaturation du complexe absorbant, plus qu'une réserve calcique autre que celle du complexe. En fait, cette marge pourrait très bien correspondre au déficit de charge supplémentaire que R.K. SCHOFIELD a mis en évidence dans la gamme des pH élevés (SCHOFIELD, 1949-1950 ; RUSSEL, 1961 ; RUELLAN et DELETANG, 1967).

Les pH mesurés au laboratoire varient bien de quelques dixièmes d'unité d'une saison à l'autre, mais en place, sur le terrain, ils peuvent varier beaucoup plus en fonction du gaz carbonique du sol et des teneurs en eau (RUSSEL E.W., 1961).

En fin de saison des pluies et surtout en automne, au cours des pluies d'humectation, les réserves du sol sont réalimentées à partir de solutions très concentrées, du fait surtout de l'abondance de pellicules d'altération.

Ce rôle de volant joué par les minéraux phylliteux gonflants, expliquerait que les sols développés dans des poches karstiques ne sont pas désaturés et par voie de conséquence ne sont pas susceptibles de lessivage.

#### 3.3. L'altération des roches carbonatées.

Cette expérience a mis en évidence une exportation plus grande en calcium dans le tube où le sol était garni de cailloux calcaires, soit 441 mg de plus dans le cas du sol rouge. En fait, le mécanisme de l'altération pelliculaire n'a pas pleinement fonctionné, il a même totalement cédé la place à une dissolution directe, dès que les apports d'eaux ont été importants. L'observation des cailloux en fin d'expérience a montré que le cortex d'altération n'avait pas eu le temps de se faire. En effet, les exportations en calcium provenant des cailloux calcaires ne représentent que 3 % environ d'un éventuel cortex qui aurait 0,5 mm d'épaisseur.

TABLEAU 3. — *CaCo 3 % dans les sols après l'expérimentation*

Echantillon	Localisation des prises	CaCo 3%
S.B.T. 32	Sol brun Sous le chapeau organo- témoin minéral	1,1
S.B.T. 34	Base du tube	1,6
S.B. 12	Sol brun Sous le chapeau + cailloux	1,5
S.B. 14	Base du tube	1,6
S.R.T. 42	Sol rouge Sous le chapeau témoin	Traces
S.R.T. 44	Base du tube	Traces
S.R. 2.2.	Sol rouge Sous le chapeau +	Traces
S.R. 2.4.	cailloux Base du tube	0,4%

Or, dans la nature certains cortex d'altération de quelques dixièmes de millimètres avaient perdu de 5 à 8 % de calcium. Il aurait donc fallu pousser l'expérience encore un ou deux ans, en évitant les apports d'eau massifs.

Notons enfin pour préciser un peu plus cette notion de temps quand il s'agit d'altération de carbonates :

— que la dissolution complète des quelque 400 grammes de cailloux calcaires inclus dans les tubes nécessiterait environ 900 ans dans les conditions de l'expérience et près de 10.000 ans dans la nature avec des dissolutions du même ordre ;

— qu'un entraînement de carbonates (0,5 %) s'est produit dans le sol brun témoin, sans s'accumuler en profondeur, alors qu'un peu de carbonates s'est accumulé à la base du sol rouge garni de cailloux calcaires (tableau 3).

### III. — BILAN DES DISSOLUTIONS CALCAIRES AU NIVEAU DES BASSINS VERSANTS.

Les produits de l'altération des roches carbonatées, le calcium essentiellement, ont été suivis au niveau de profils naturels ou de profils reconstitués au laboratoire.

Il a paru intéressant de rechercher un bilan des entraînements des ions calcium au niveau de certains bassins versants.

Deux bassins versants ont été choisis sur le versant Ouest du Mont Liban :

— celui du Nahr el Kelb, lié pour une grande part à un karst fermé, dolomitique et parcouru par deux rivières, une de surface et une souterraine permanente ;

— celui du Nahr Beyrouth constitué de formations calcaires essentiellement, mais partiellement karstique. Le Nahr Beyrouth et ses affluents sont des torrents alimentés par les eaux de ruissellement.

#### 1° BASSIN DU NAHR EL KELB.

Si le bassin hydrographique du Nahr el Kelb peut assez facilement être délimité (260 km<sup>2</sup> à Mokhada), il n'en est pas de même pour celui de la rivière souterraine dont le bassin d'alimentation est fonction de l'orientation et de la nature des couches géologiques profondes.

Le système géologique se subdivise schématiquement en 3 ensembles :

— Les hauts sommets de calcaires durs et dolomies du Cénomaniens, profondément karstifiés, constituent un réceptacle idéal pour l'infiltration des eaux de fonte des neiges et l'alimentation des nappes profondes ;

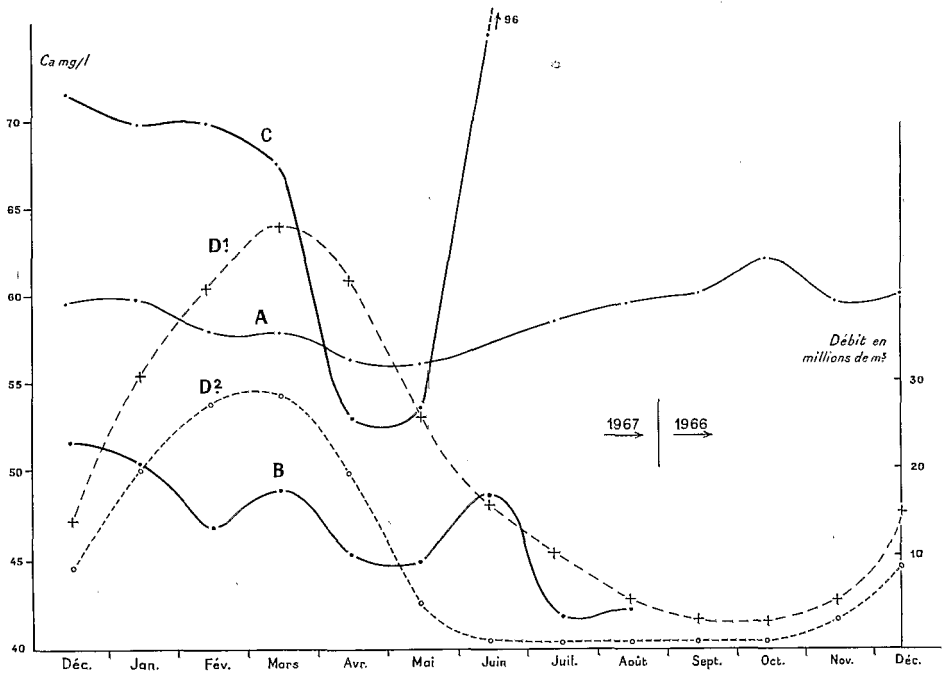


FIGURE III. — Variation des teneurs en Ca au cours de l'année 1966-1967 pour les eaux de la grotte de Jëïta (A) du Nahr el Kebb (B) et du Nahr Beyrouth (C)

— Les passées argilo-gréseuses de l'Albien jusqu'au début du Crétacé, entre Baskinta et Faraya, favorisent les résurgences et les ruissellements qui alimentent le Nahr el Kelb ;

— Les roches dures carbonatées du Jurassique forment la plus grande partie des bassins moyen et inférieur. Elles sont très karstifiées et favorisent les infiltrations profondes et les écoulements souterrains, comme celui étudié dans la grotte de Jëïta ;

— Les teneurs en calcium, magnésium et la conductivité ont été suivies semaine par semaine dans les deux rivières.

Sur la figure III sont représentées les variations en cours d'année des teneurs en calcium des eaux de la grotte de Jëïta (A) et des eaux de la rivière extérieure B, ainsi que le débit moyen du Nahr el Kelb D<sub>1</sub>, après la jonction des deux rivières, à Mokhada.

Chaque point est une moyenne de 4 à 5 dosages sur des prélèvements hebdomadaires.

Les variations globales des teneurs en calcium sont minimales dans les eaux souterraines (A) et oscillent entre 56 et 62 mg/l, mettant en évidence une concentration plus élevée en période d'étiage et une baisse relativement faible en hiver. Pour la rivière extérieure (B) coulant de décembre à juillet-août, la concentration saline est soumise aux fluctuations de la pluviosité.

— Forte concentration des eaux de ruissellement dès le début de l'écoulement, baisse avec les crues de janvier-février ; légère remontée liée probablement à la petite période sèche du début mars, baisse jusqu'en mai avec la fonte des neiges, puis remontée en juin. Les eaux de juillet et août sont probablement des eaux de sources relativement peu chargées en sels.

Par ailleurs, les eaux de la grotte de Jëïta ont un pH assez élevé (7,5 à 8,0) et une teneur en bicarbonates relativement forte et très stable, comparativement aux eaux de surface de la rivière extérieure. Ceci s'explique par le long parcours des eaux souterraines à travers les sols et les fissures du karst, atteignant des teneurs voisines de la saturation.



## 2° BASSIN DU NAHR BEYROUTH.

Le bassin du Nahr Beyrouth est sensiblement de même importance que celui du Nahr el Kelb (231 km<sup>2</sup> à Beyrouth), mais son système géologique est un peu différent.

Si les formations karstiques sont assez importantes dans l'ensemble du bassin, il n'existe pas de grand réceptacle tabulaire aux multiples dolines, comme c'était le cas des croupes du Mont Sannine, surplombant le Nahr el Kelb. Ici le karst est moins fissuré et le haut du bassin, comme les interfluves, est dominé par les passées argilo-gréseuses et argilo-marneuses du Crétacé à l'Albien.

La figure III met en évidence les variations des teneurs en calcium (C) des eaux du Nahr Beyrouth. Le débit moyen (D<sub>2</sub>) du Nahr Beyrouth est également représenté sur ce graphique.

Les premières pluies d'octobre ont imprégné les sols, mais la rivière n'a pas réellement coulé. Les très fortes pluies du début décembre saturent les sols et déclenchent les premiers écoulements. D'abord très chargées en bicarbonates, provenant pour **une part des pellicules d'altération**, les eaux se diluent par la suite avec l'abondance des pluies.

Mais dès la fin décembre s'établit un régime d'hiver marqué par des teneurs assez élevées en calcium, plus faibles après les séries de grandes pluies. La neige influe en ralentissant les infiltrations et en décalant maximum et minimum.

La fonte des neiges est suivie d'une baisse des teneurs en calcium, comme pour le Nahr el Kelb.

Un régime de printemps s'établit alors à un niveau assez bas jusqu'en juin. Enfin les fortes chaleurs d'été provoquent des concentrations élevées et finalement le tarissement de la rivière.

## 3° INTERPRETATIONS.

Il ressort de ces bilans partiels quelques enseignements relatifs à la dynamique des ions calcium dans différents paysages karstiques du Liban.

3.1. **Sur les « karsts fermés »** du bassin du Nahr el Kelb, deux types d'écoulement des eaux ont été étudiés, un souterrain et un de surface.

— **La rivière souterraine** a un régime permanent avec crues d'hiver et basses eaux d'été. L'alimentation du cours d'eau souterrain se fait par infiltration des eaux de pluies dans un karst fortement fissuré et peu colmaté par les sols.

De ce fait les entraînements solides et les dissolutions dans les sols sont limités. Par contre, les eaux parcourent un réseau profond de fissures et de cavernes relativement riches en gaz carbonique, d'où un accroissement de leur agressivité et des dissolutions profondes (15 à 25 % de plus qu'en surface).

Ces dissolutions se maintiennent à un niveau voisin de la saturation, si l'on se rapporte aux courbes de F. Trombe donnant le CaCO<sub>3</sub> dissous en fonction du pH (CORBEL, 1957).

Les variations du Co<sub>2</sub> de l'air des cavernes ne variant pas considérablement, il s'ensuit une certaine constance dans les teneurs en bicarbonates des eaux. Pour les eaux de la grotte de Jeïta, 56 à 62 mg/l de calcium est une très faible variation annuelle.

— **La rivière de surface** coule de décembre à août avec de petites variations suivant les années. Elle est alimentée par des sources diverses et des ruissellements qui pénètrent partiellement dans le karst. Comme pour la rivière souterraine les entraînements solides sont peu importants, les sols traversés peu épais, les roches à dissoudre souvent dolomitiques, d'où des teneurs en bicarbonates relativement faibles (52 à 42 mg/l de Ca).

3.2. **Sur les « karsts ouverts »** du bassin du Nahr Beyrouth, dominés par des formations calcaires marneuses, seul l'écoulement superficiel a pu être étudié, il ne semble pas y avoir un réseau karstique aussi développé que dans le bassin du Nahr el Kelb. La rivière et ses affluents sont temporaires et alimentés essentiellement par des eaux de ruissellement superficiel : ruisselets de toutes sortes sur le complexe argilo-marneux, petits torrents peu ramifiés sur le karst. Il s'ensuit des crues torrentielles fortement chargées en limons argilo-calcaires (4 g/l le 6 décembre 1967). Le karst est fissuré, mais souvent colmaté (sols bruns et sols rouges à poche brune), la végétation est relativement dense, les dissolutions au niveau du sol sont intenses.

Une partie des bicarbonates s'infiltré en profondeur, une petite partie est piégée sous forme de nodules dans le fond de certaines poches, enfin une autre partie est évacuée par ruissellement. La charge calcique des eaux du Nahr Beyrouth est donc très sensible aux différences d'intensité des précipitations, de l'évapotranspiration et des réserves calciques du sol, d'où d'importantes variations des teneurs en calcium des eaux du Nahr Beyrouth allant de 52 à 96 mg/l.

## CONCLUSIONS.

Au Liban, sous une pluviosité relativement élevée, la dissolution des roches carbonatées apparaît comme un phénomène complexe et cyclique.

— Phénomène complexe dans la mesure où il procède de mécanisme d'altérations spécifiques dont l'altération pelliculaire est la forme la plus fréquente. Cette altération met en jeu un matériau calcaire ou dolomitique souvent très variable, un agent d'altération, l'eau, dont la quantité, l'acidité, etc... changent constamment, enfin un autre agent d'altération, le sol dont la nature des constituants influe profondément sur ces altérations.

— Phénomène cyclique lié aux alternances de saisons sèches et de saisons humides. Au début de la saison des pluies les sols s'humectent progressivement, atteignent leur saturation au moment des fortes pluies du début de l'hiver. Les pellicules d'altération et les réserves calciques des sols sont alors fortement entraînées et ces exportations se maintiennent élevées jusqu'en février. La fonte des neiges en avril s'effectue progressivement et coïncide avec une baisse de la pluviosité, mais paradoxalement les teneurs en calcium des eaux diminuent. Ceci peut s'expliquer par de très faibles transports solides et de très faibles réserves calciques dans les sols.

En mai, les sols se ressuient, les argiles gonflantes se « rechargent » partiellement en ions calcium et la sécheresse s'accroissant, elles se rétractent, arrachant des pellicules aux roches carbonatées.

Le cycle se referme sur les premières pluies d'automne.

Cette étude met l'accent sur le rôle important joué par le sol, au cours de l'altération des roches par dissolution, sans toutefois négliger d'autres facteurs tels que les agents météoriques et biologiques.

Il apparaît enfin qu'une teneur moyenne en  $\text{CaCO}_3$  ou  $\text{Ca}$  mg/l ne peut pas caractériser les eaux d'une région, pas plus que leur agressivité vis-à-vis des roches calcaires sous un climat donné. Cette agressivité varie d'un bassin à un autre en fonction des saisons, de la nature des eaux qui alimentent les rivières, etc... Ce sont des considérations de ce genre qui ont trop souvent conduit à stéréotyper des processus ou à figer une pédogénèse dite méditerranéenne.

Reçu pour publication, décembre 1969.

## Bibliographie

- CORBEL J. (1957). — Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. Publication hors série. Revue de Géographie de Lyon.
- LAMOUROUX M. (1965). — Observations sur l'altération des roches calcaires sous climat méditerranéen humide (Liban). Cahiers ORSTOM, série Pédol. vol. III, n° 1, pp. 21-41.
- LAMOUROUX M., THIEBAUD M., SAHYOUNI M. (1968). — Roches carbonatées et eaux du Liban, Magon - I.L.R.A., Liban, série scient. n° 22, p. 29.
- LAMOUROUX M. (1967). — Contribution à l'étude de la pédogénèse en sols rouges méditerranéens. Science du Sol, pp. 55-86.
- RUPELLAN A. et DELETANG J. (1967). — Les phénomènes d'échange de cations et d'anions dans les sols. Initiations - Documentations techniques. ORSTOM - p. 123.
- RUSSEL E.W. (9<sup>e</sup> éd. 1961). — Soil conditions and plant growth - Longmans, green and Co - Londres, New-York, Toronto.
- SCHOFIELD R.K. (1949-50). — Effect of pH on electric charges carried by clay particles. The journal of soil Sc., vol. 1, 1, pp. 1-8.

## THE INFLUENCE OF SEASONAL CLIMATIC CHANGES ON THE DISSOLUTIONS OF ROCK CARBONATES

### SUMMARY

*Running waters on or in karstic soils are very rich in bicarbonates. The water extracts from the soil samples bring to light a cyclical variation of the calcium leaching from the soils.*

*An experiment in tubes brings some information about the nature and importance of the seasonal process of the calcareous dissolutions and underlines the prominent part played by the soil.*

*The calcium exports in the rivers waters give a general idea of the phenomenon.*

Extrait de « Science du Sol » n° 1-1970  
Supplément au Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Sol

# Influence des alternances saisonnières sur la dissolution des roches carbonatées ( en régions méditerranéennes )

M. LAMOUREUX  
O.R.S.T.O.M. — PARIS

19 JUIN 1970

O. R. S. T. O. M.  
Collection de Référence

n° 14118 ex