

außerhalb dieser Klassifikation steht durch die eigenen Aufgaben und Methoden, die den dinglich erfüllten Raum als komplexes Ganzes zum Forschungsgegenstand haben. Ob es Naturraum, Kulturraum oder Wirtschaftsraum ist oder genannt wird, ändert nichts an der Tatsache, daß der objektiv existierende materielle Raum nur durch eine komplexe Betrachtungsweise, nur mit der der Geographie eigenen speziellen komplexen Methode zu erforschen ist. Und wenn die Gesetze der komplexen und objektiv existierenden Räume durch die komplexe Betrachtungsweise verstanden und durch ein komplexes Teamwork der geographischen Wissenschaften erfaßt werden, wird es auch möglich sein, seine Gesetze in der Praxis anzuwenden und den Wirtschaftsraum mit einer allumfassenden Aktion auch komplex, bewußt, planmäßig zu gestalten und umzugestalten.

CORROSION CHIMIQUE COMPAREE DU GRÈS CALCAIRE SINEMURIEN ET DU CALCAIRE BAJOCIEN DE LORRAINE BELGE

avec 3 Figures

R. SOUCHEZ

Die chemische Verwitterung von Kalksteinen
verschiedenen Alters unter gleichem Klima

Zusammenfassung

Diese Veröffentlichung vergleicht Chemische Verwitterung von zwei Kalksteinen unter demselben Klima: der Sinemurien-Kalksandstein und der Bajocien-Kalk Südbelgiens.

Die ausgearbeiteten Quellwasser enthalten, mit gut annähernder Schätzung, keine Mg^{++} , Na^{++} , K^+ (98 % Ca^{++}).

Von da an ist der Inhalt in $Ca(HCO_3)_2$ der kleinste der zwei folgenden Angaben: ein Mengungsverhältnis von Ca^{++} und ein von HCO_3^- .

Die Wasser des Sinemurien-Kalksandsteins haben 20° TAC (französische Härtegrade) und die des Bajocien-Kalks nur 15,8°.

Aber der Sinemurien-Kalksandstein enthält 65 % CO_2Ca und der Bajocien-Kalk 90 %.

Die Erklärung findet sich nicht in weit offenen Klüften, sondern in Porosität: von 14 % bis 17 % für den Sinemurien-Kalksandstein und von 4 % bis 8 % für den Bajocien-Kalk.

Wir müssen also, um Kalkmorphologie zu erfassen, die physischen Eigenschaften der Kalksteine berücksichtigen.

Introduction

La Lorraine belge se situe dans la partie nord-orientale du Bassin parisien. Les formations qui y affleurent appartiennent au Trias et au Jurassique (fig. 1). Elles ont été mises en place lors des transgressions secondaires sur la péninsule post-hercynienne qui leur servit de base. Au début du Tertiaire ces couches, émergées, ont été tronquées par une surface d'érosion, la surface éogène. L'érosion postérieure a défoncé cette surface en un style topographique remarquable. En effet, la légère inclinaison des couches vers le Sud (3° en moyenne) et leur inégale résistance à l'érosion ont permis le développement d'une morphologie de cuestas. Trois cuestas se rencontrent ainsi successivement du nord au sud:

1. la cuesta sinémurienne dont la couche résistante est un grès à ciment calcaire,
2. la cuesta virtonienne dont la couche résistante est un macigno,
3. la cuesta bajocienne dont la couche résistante est un calcaire.

À l'ouest du méridien de Vance, le plateau de grès calcaire sinémurien se compose de haut en bas:

1. d'une couche de grès à ciment calcaire: l'assise du grès d'Orval,
2. d'une fine couche de marne (quelques décimètres d'épaisseur) dite marne de Bellefontaine,
3. d'une couche de grès à ciment calcaire: l'assise du grès de Florenville,
4. d'une épaisse couche de marne formant le sous-basement du plateau: la marne de Warcq (fig. 2).

Le grès calcaire d'Orval n'est que peu épais au front même de la cuesta où il est tronqué par la surface

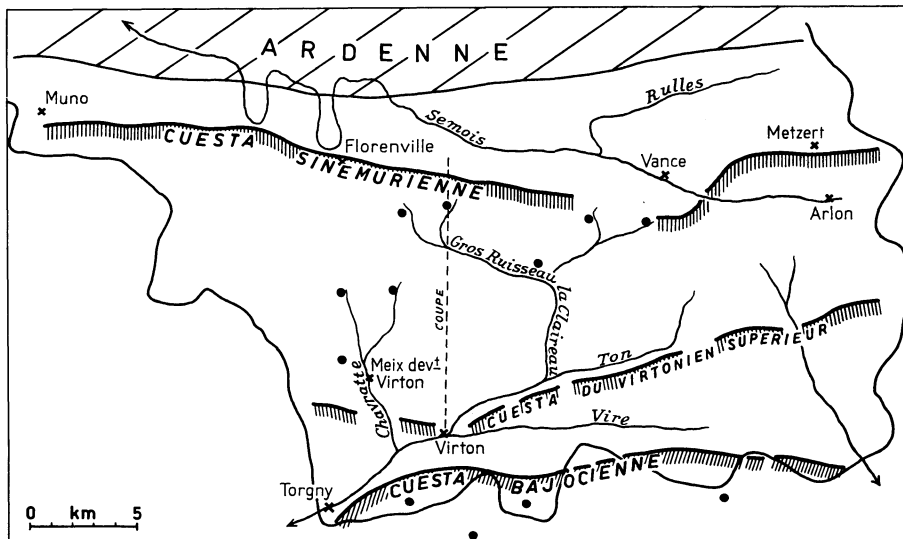


Fig. 1.

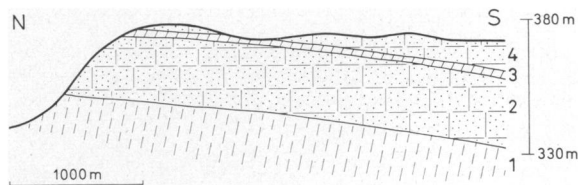


Fig. 2.

d'érosion égène. Plus au sud, il est mieux représenté parce que les marnes de Bellefontaine très proches de la surface au nord ont un pendage plus accusé vers le sud de sorte qu'elles s'éloignent de plus en plus de la surface du plateau dans cette direction.

Les vallées réséquantes ont entaillé le plateau gréseux jusqu'aux marnes de Warcq. Les versants présentent un replat au niveau des marnes de Bellefontaine responsables de nombreuses sources. En contrebas existent de grandes masses de travertin formant parfois d'imposants rochers de teinte grise (ayant jusqu'à vingt mètres de hauteur au lieu-dit la Crognière à Lahage) qui contrastent avec le couleur clair du grès exploité en carrière. Au contraire, les vallées réséquantes du plateau bajocien constitué de 70 mètres de calcaire reposant sur des marnes toarciennes ne présentent jamais ce phénomène. Cette constatation nous incita à comparer la corrosion chimique des deux terrains.

Avant de nous lancer dans une telle étude, nous allons donner quelques considérations générales qui nous permettront de définir une méthode de travail ayant un sens chimique précis.

Considérations Générales

La connaissance de l'importance relative des différents acides intervenant dans la décomposition du calcaire est indispensable à toute étude de corrosion chimique comparée. Comment connaître cette importance? En dosant dans les eaux de source non seulement les bicarbonates mais également les sulfates, les chlorures, les sels organiques c'est-à-dire tous les anions les plus importants. On exprime alors les résultats dans une unité commune.

Si l'on veut comparer la dissolution de roches différentes sous un même climat, il faut s'assurer que la part respective de chaque acide soit à peu près la même (il faudrait définir une certaine marge de l'ordre de quelques % par exemple) dans chaque cas considéré sans quoi aucune interprétation simple n'est valable.

Dans des cas particuliers, le travail qui consiste à dresser le tableau complet des ions se trouvant dans une eau peut parfois se simplifier. En effet, supposons, ce qui est le cas général dans les sources issues de terrains calcaires, que le cation calcium représente par exemple 98 % de l'ensemble des cations. A ce moment, on peut considérer avec bonne approximation qu'il est seul en présence de l'ensemble des anions. Dans ce cas, la différence entre un dosage du calcium et un dosage du bicarbonate exprimés dans une même unité indiquera l'importance relative de l'acide carbonique par rapport aux autres acides. Si la différence est très faible, cela prouve que l'action de l'acide

carbonique est prépondérante. Prenons un exemple. Supposons que la teneur en calcium d'un litre d'eau de source soit 20° TAC (un degré TAC = 18 milligrammes de carbonate de calcium équivalent par litre) et que la teneur en bicarbonate soit 10° TAC. La différence, 2° TAC, indique le calcium «fixé» aux autres anions. Cela veut dire que 9/10 du calcium résulte d'une attaque de l'acide carbonique sur le calcaire. La teneur de l'eau en bicarbonate de calcium est 18° TAC. Par conséquent, pour connaître dans ce cas la teneur de l'eau en bicarbonate de calcium, il faut faire deux dosages: un des ions bicarbonates (dureté temporaire, Dt) et un des ions calcium (dureté calcique, Dc). La plus petite des deux valeurs donne la teneur de l'eau en bicarbonate de calcium (Dbc).

En Lorraine belge, le calcium représente dans tous les cas plus de 98 % des cations. Ce résultat a été obtenu en analysant 20 échantillons d'eaux sinémuriennes et bajociennes par des dosages complets en laboratoire. D'autre part, la teneur en calcium par litre d'eau est à peine supérieure à la teneur en bicarbonate exprimée dans la même unité. Cela résulte des nombreuses mesures que nous avons effectuées nous-mêmes sur le terrain. Par conséquent, cela démontre que l'action de l'acide carbonique est de très loin le facteur le plus important, ce qui va permettre une comparaison scientifiquement justifiée de la dissolution chimique du grès calcaire sinémurien et du calcaire bajocien.

Nous utiliserons donc les courbes d'équilibre données par F. TROMBE (fig. 3) en ayant soin d'effectuer deux dosages pour déterminer la teneur des eaux en bicarbonate de calcium.

Méthodes de mesures

a) *Mesures des températures (Te)*: Nous avons effectué ces mesures à l'aide d'un thermomètre à résistance électriques donnant instantanément le résultat avec une précision de 0,1° C.

b) *Mesures du pH*: On peut mesurer le pH à l'aide d'une méthode colorimétrique qui en donne une mesure

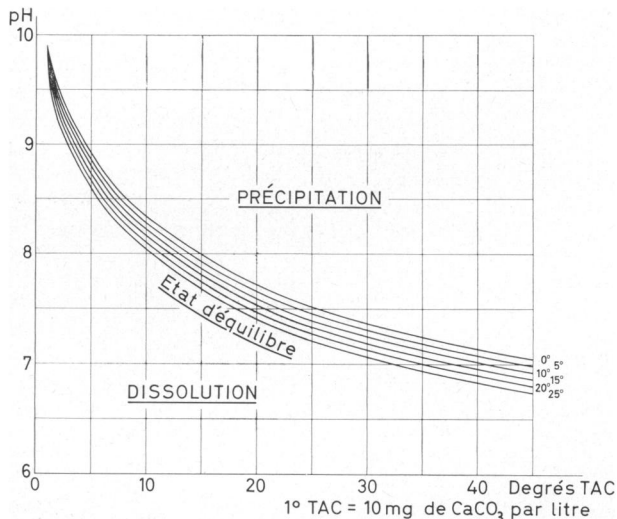
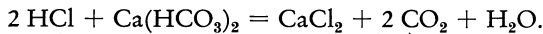


Fig. 3. Courbes des variations de pH en fonction du titre en CaCO_3 des solutions pour diverses températures.

à une unité pH près. Un examen de la figure 3 montre qu'il faut mesurer le pH à 0,1 unité pH près pour pouvoir espérer arriver à des résultats intéressants. Pour obtenir une telle précision, nous avons utilisé un pH-mètre électronique type Siemens à électrodes de verre.

c) *Mesures de la dureté temporaire (Dt)*: Pour ce faire, nous prenons exactement à l'aide d'une pipette jaugée 250 cc d'eau à analyser. Dans une burette de Mohr qui est une burette graduée en dixièmes de cc et qui est munie d'un dispositif permettant un écoulement goutte à goutte, on verse de l'acide chlorhydrique titré c'est-à-dire contenant un certain nombre de grammes au litre. Nous employons une solution 0,1 molaire ce qui équivaut à 3,65 gr. d'HCl par litre.

La réaction est la suivante:



L'indicateur du titrage est le méthylorange qui est jaune lorsque le pH est basique et qui est rouge lorsqu'il devient acide. Au moment exact du virage de couleur on lit le nombre de cc d'HCl utilisé, ce qui permet de déterminer la dureté temporaire de l'eau.

d) *Mesures de la dureté calcique (Dc)*: La mesure de la dureté calcique s'effectue par les mêmes procédés mais en utilisant comme réactif une solution de Complexone III (sel disodique de l'acide éthylène-diamino-tétracétique) et comme indicateur la murexide (purpurate d'ammonium) qui vire du rouge au bleu violet.

Résultat des mesures

Nous avons effectué 230 mesures de chacune des valeurs suivantes: Te, pH, Dt, Dc.

Nous avons ensuite procédé aux regroupements et calculs suivants:

1. division des sources en 3 catégories:

- les sources sinémuriennes de mi-versant dont des travertins qui tapissent en contrebas le versant.
- les sources des rivières reséquentes sinémuriennes.
- les sources de rivières reséquentes bajociennes.

2. suppression de la plus grande des 2 valeurs Dt ou Dc (qui ne s'écartent pas plus de 5° TAC l'une de l'autre dans notre région). La valeur restante est Dbc.

3. calcul des médianes plutôt que des moyennes arithmétiques car pour un nombre de mesures suffisamment grand les premières offrent l'avantage d'être moins facilement influencées par les valeurs extrêmes.

4. calcul des amplitudes à partir des valeurs minima et maxima.

Voici les résultats:

— réseau hydrographique de la rivière de Laclaireau (Sinémurien)

groupe des sources de mi-versant:

médianes: Te = 6°9; pH = 7,7; Dbc = 20°0
valeurs extrêmes pour Dbc: 16°0; 20°4
amplitude: 4°4.

groupe des sources de rivières:

médianes: Te = 7°0; pH = 7,4; Dbc = 14°6
valeurs extrêmes pour Dbc: 13°6; 17°4
amplitude: 3°8.

— réseau hydrographique de la Chavratte (Sinémurien)
groupe des sources de mi-versant:

médianes: Te = 7°0; pH = 7,7; Dbc = 20°0
valeurs extrêmes pour Dbc: 18°3; 20°3
amplitude: 2°0.

groupe des sources de rivières:

médianes: Te = 7°0; pH = 7,5; Dbc = 16°6
valeurs extrêmes pour Dbc: 13°6; 17°6
amplitude: 4°0.

— rivières reséquentes du Bajocien:

médianes: Te = 7°25; pH = 7,65; Dbc = 15°8
valeurs extrêmes pour Dbc: 12°4; 20°1
amplitude: 7°7.

Interprétation

1. Comparons les mesures des eaux sources de rivières sinémuriennes avec celles des sources (sinémuriennes) de mi-versant.

Les premières ont une teneur Dbc beaucoup plus faible: M = 14,6° (ruisseau de Laclaireau) ou 16°6 (Chavratte) avec respectivement A = 3°8 et 4°0 alors que les deuxièmes ont M = 20°0 avec respectivement A = 4°4 et 2°0. Ce fait se conçoit aisément. Les sources de rivières examinées prennent naissance au contact de marnes très proches de la surface du plateau. R. MONTEYNE cite même des affleurements aux environs de Bellefontaine et de Buzenol. Ces marnes acquièrent rapidement un pendage plus marqué vers le sud, ce qui les éloigne de la surface du plateau. Vu l'enfoncement des rivières, ces marnes réapparaissent à mi-versant, permettant ainsi l'existence des sources de mi-versant. Il en résulte que l'épaisseur du grès calcaire sus-jacent aux marnes est réduite aux alentours des sources de rivières examinées. Par contre, une grande épaisseur de grès calcaire surmonte les sources de mi-versant. De ce fait, la décalcification a été beaucoup plus complète aux environs des sources de rivières, ce qui explique une valeur actuelle moindre de Dbc. Cette explication trouve une confirmation dans le fait suivant: les deux sources de versant près de la ferme de Huombois, situées à proximité des sources de la rivière de Laclaireau là où les marnes ne sont pas encore fort éloignées de la surface générale du plateau ont des valeurs de Dbc moins fortes que les autres sources de versant: aux environs de 16°5 au lieu de 20°. Elles se placent toutes sous la courbe d'équilibre du graphique (fig. 3). Or, en contrebas de ces sources, un travertin compact tapisse le versant. Il est fossile car la végétation herbeuse qui le couvre n'est plus enrobée d'un fourreau calcaire comme cela se présente plus au sud. On comprend dès lors pourquoi les sources de rivières sinémuriennes examinées ont une valeur Dbc moins élevée que les sources de versant.

Dans le cas des sources bajociennes la situation est différente. Une grande masse de calcaire surmonte toujours les sources situées au contact des marnes toarciennes. Cette masse a une épaisseur semblable à celle du grès calcaire sinémurien surmontant les sources de mi-versant de la région de Lahage ou de Montauban au sud de Buzenol. Par conséquent, il faut comparer les sources bajociennes avec les sources sinémuriennes de mi-versant pour voir l'influence éventuelle des

propriétés des roches et non avec les sources de rivières sinémuriennes où l'épaisseur du grès calcaire sus-jacent est très faible.

2. Comparons donc les sources sinémuriennes de mi-versant avec les sources bajociennes.

La teneur Dbc des eaux de sources sinémuriennes de mi-versant est plus forte que celle des eaux de sources bajociennes:

20°0 contre 15°8. Les amplitudes sont plus faibles: 4°4 et 2°0 contre 7°7.

Cette situation devient extrêmement curieuse (les températures et le pH étant quasi identiques) si l'on sait que le Bajocien contient plus de carbonate de calcium que le Sinémurien. Voici en effet les pourcentages comparés: calcaire bajocien (mesures sur dix échantillons: 5 à la carrière de Torgny, 3 à celle de Grandcourt, 2 à celle de Musson):

insoluble dans HCl	2 à 8 %
Fe ₂ O ₃	2 à 4 %
CaCO ₃	86 à 94 % médiane: 90 %
MgCO ₃	moins de 1 %
non dosés	moins de 1 %

grès calcaire sinémurien (mesures sur 10 échantillons: 5 à la carrière du Buzenol, 2 à celle de Lahage, 2 à Orval, 1 à Tintigny):

insoluble dans HCl	18 à 42 %
Fe ₂ O ₃	1 à 2 %
CaCO ₃	55 à 79 % médiane: 65 %
MgCO ₃	moins de 1 %
non dosés	moins de 1 %

Si l'on utilise le graphique (fig. 3), on voit que les mesures de Dbc des eaux de sources sinémuriennes de mi-versant sont au-dessus de l'état d'équilibre et cela fréquemment car l'amplitude est faible. Par conséquent cela permet d'expliquer les grandes masses de travertin. La précipitation du calcaire sur ces travertins est activée par les végétaux (mousses et algues surtout) et par la présence du calcaire tufier lui-même, le calcaire déjà existant faisant office de germe de cristallisation. Par contre, les mesures de Dbc des eaux de sources bajociennes se placent généralement en dessous de l'état d'équilibre. Toutefois, vu la forte amplitude, l'état de sursaturation peut être temporairement atteint ce qui permet le dépôt d'un peu de calcaire au fond du lit. Ce ne sont jamais les masses énormes produites dans le cas du sinémurien. Il est à noter que les moments où il y a sursaturation correspondent à des périodes de sécheresse. Ce fait a son importance comme nous le verrons plus loin.

Avant d'interpréter les différences observées, expliquons pourquoi les eaux peuvent être sursaturées à la source. La teneur en anhydride carbonique de l'eau est beaucoup plus élevée à l'intérieur des terrains à cause de la pression et d'une teneur plus forte en anhydride carbonique de l'air contenu dans la roche ou dans le sol. Ce gaz s'échappe à la source car la teneur en anhydride carbonique de l'air atmosphérique est beaucoup plus faible. Ce fait a pour effet d'élever le pH et l'eau qui était à l'état d'équilibre à l'intérieur du terrain devient sursaturée (cf graphique fig. 3).

Reste maintenant à expliquer pourquoi les eaux de sources sinémuriennes de mi-versant contiennent plus de bicarbonate de calcium que les eaux de sources

bajociennes alors que le bajocien contient plus de carbonate de calcium (90 % contre 65 %). Pour ce faire, mesurons les porosités du grès calcaire sinémurien et du calcaire bajocien. La porosité est le rapport entre le volume des vides et le volume total de la roche. Si l'on désigne par d le volume des vides et par D le volume total, la porosité P s'exprime

ainsi: $P = \frac{d}{D} \times 100$. Dès lors, si s représente le poids spécifique absolu et s' le poids spécifique apparent,

on peut démontrer que $P = \frac{s-s'}{s} \times 100$. La mesure de

la porosité revient donc à la mesure de 2 poids spécifiques très facile à effectuer. Les résultats des mesures faites sur 5 échantillons de grès calcaire sinémurien et de calcaire bajocien donnent:

les 5 échantillons sinémuriens	14 à 17 %
les 5 échantillons bajociens	4 à 8 %

D'autre part, des visites de carrières, notamment celle de Buzenol pour le sinémurien et celle de Grandcourt pour le bajocien, montrent que:

a) le grès calcaire sinémurien est formé de bancs séparés par des fissures qui sont toutes remplies de sable plus ou moins limoneux. Au-dessus se trouve un horizon de plaquettes de grès dues à l'action du gel.

b) le calcaire bajocien est formé de masses compactes séparées par de larges diaclases béantes.

La différence de porosité et la différence observée en carrière vont nous fournir la clé de l'explication (notons que dans les deux cas nous sommes sous forêt et dans un même climat). Le calcaire bajocien étant peu poreux et comprenant des diaclases béantes, l'eau de pluie percolera facilement et la temps de contact eau roche ne sera pas suffisant pour que beaucoup de carbonate de calcium puisse passer en solution sous forme de bicarbonate de calcium. De ce fait, en période de pluie surtout, les eaux de sources bajociennes seront relativement peu chargées en bicarbonate de calcium. Par contre, en période de sécheresse, lorsque l'alimentation en eau des sources provient exclusivement de la nappe aquifère, le temps de contact eau-roche a été plus long et les teneurs Dbc des eaux sont plus fortes. C'est ce qui explique la forte amplitude observée dans les mesures.

Par contre, le grès calcaire sinémurien est plus poreux. Donc la surface de contact avec l'eau est plus importante; d'autre part, les fissures peu étendues sont colmatées par du sable. La percolation ne se fera que goutte à goutte. Le temps de contact eau-roche est très élevé ce qui explique une forte teneur Dbc des eaux de sources malgré le fait que la roche soit moins calcaire. Vu ce temps de contact particulièrement long, l'influence d'une période sèche ou pluvieuse se fait peu sentir ce qui explique la faible amplitude observée dans les mesures.

Une belle confirmation de notre démonstration serait d'étudier les variations du débit des sources en fonction des périodes pluvieuses. Ces variations devraient être beaucoup plus soudaines dans le cas du bajocien que dans le cas du sinémurien. Malheureusement, nous n'avons pu faire cela, ne possédant pas les instruments nécessaires pour mettre en évidence les variations rapides du débit. Cependant, des obser-

vations purement qualitatives faites en temps de pluie et en temps sec semblent indiquer des variations très soudaines de débit dans le cas du bajocien mais ce n'est là qu'une impression résultant de l'observation et nécessitant une confirmation quantitative.

Notons que des mesures faites dans le grès calcaire de Luxembourg indiquent, dans les environs d'Echternach, des teneurs semblables à celles du grès calcaire de Lorraine belge. Il existe également dans cette région d'imposants travertins mais ici les grès sont très fortement diaclasés et les diaclases sont béantes. De ce fait le facteur porosité doit jouer l'élément essentiel.

Conclusion

La comparaison de la corrosion chimique du grès calcaire sinémurien et du calcaire bajocien de Lorraine belge nous a permis de montrer l'influence de la porosité sur la corrosion chimique. D'autre part, nous avons pu mettre en évidence les nombreuses précautions à prendre pour que les mesures faites aient une signification. Le grand débat sur la corrosion des calcaires sous différents climats ne pourra à notre sens être résolu que par un dossier volumineux de monographies qui étudieraient les propriétés physiques des roches calcaires examinées et feraient, dans l'interprétation de dosages complets, la part de ces propriétés et la part du climat.

Bibliographie

1. BATA, G., et FLORKIN, M.: Aspects de la biochimie de l'eau. Travaux du centre d'études des eaux à Liège CEDE 1945 p. 59 à 82.
2. BIHET, O.: La solubilité de la calcite et l'agressivité des eaux. Travaux CEDE 1945 p. 109 à 132.
3. BIROT, P.: Problèmes de morphologie karstique. Ann. géogr. 1954 p. 161 à 192.
- 3a. BOEGLI, H.: Das Verhalten von Karbonater in der Natur. Die Höhle. Vienne 1954 p. 36 à 54.
4. BRETZ HARLEN, J.: Vadose and phreatic features of limestone caverns. Journal of geol. 1942.
5. CAILLEUX, A.: Le ruissellement en pays tempéré non montagneux. Ann. géogr. 1948 p. 11 à 39.
6. CALEMBERT, L.: Corrosion des roches solubles à l'intervention des eaux vadoses et phréatiques en Belgique. Bull. CEDE trimestriel 1952 p. 211 à 223.
7. CARRELS, R., et DREYER, R.: Mechanism of limestone replacement at low temperatures and pressures. Bull. geol. soc. Amer. 1953 p. 706 à 710.
8. CAVAILLÉ, A.: L'érosion actuelle en Quercy. Rev. géomorph. dyn. 1953 p. 57 à 74.
9. COIN, L.: Détermination de l'agressivité des eaux naturelles. Ann. hyg. publ. ind. et soc. 1942 p. 145 à 170.
10. COLAS, R.: Les eaux douces. Travaux CEDE 1953 p. 161 à 165.
11. Colloque karstique de Francfort de déc. 1953. Erdkunde 1954 p. 112 à 139.
12. CORBEL, J.: Les karsts du nord-ouest de l'Europe. Publication hors série de la revue de géogr. de Lyon. 541 p. 1957.
13. CORBEL, J.: Erosion en terrain calcaire. Ann. de géogr. 1959 p. 97 à 120.
14. CORBEL, J.: Travaux russes sur le karst. Ann. de géogr. 1952 p. 377 à 378.
15. CORBEL, J.: Observations sur le karst couvert en Belgique. Bull. soc. belge de géol. 1947 p. 95 à 105.
16. CORBEL, J.: Les études sur le karst depuis dix ans. Rev. géogr. Lyon. 1951 p. 67 à 70.
17. DEMOLON, A.: Dynamique du sol. Dunod. Paris 520 p. 1952.
18. GUILLEAUME, CH.: Hydrologie des formations secondaires du Luxembourg belge. Ann. soc. géol. de Belgique. 1936 M3 à M65.
19. GUILLERD: Courbes d'isoagressivité des eaux. Ann. hyg. publ. ind. et soc. 1941 tome 19 n°5.
20. KAISIN, F., et DE PIERPONT, E.: Hydrogéologie des calcaires de Belgique. 1939 Louvain 119 p.
21. LECLERC, E.: Eaux potables et eaux résiduaires (analyses, corrections, épurations). Liège. Vaillant-Carmanne. 1945 384 p.
22. LEHMANN, H.: Karstentwicklung in den Tropen. Die Umschau in Wissenschaft und Technik. 1953 M 18.
23. MONTEYNE, R.: Travail de doctorat en géologie à l'université de Bruxelles consacré au Lias inférieur du Luxembourg belge-inédit.
24. MURRAY et LOVE: Action of organic acids upon limestone. Bull. Amer. Ass. Petroleum Geologists 1929 p. 1467 à 1476.
25. POURBAIX, M.: Sur la thermodynamique des solutions aqueuses diluées. Delft. 1945 200 p.
26. RHOADES, E., et SINACORI, M.: Pattern of ground water flow and solution. Journ. of geol. 1941 p. 785 à 794.
27. SCHOELLER: Influence du climat sur les eaux souterraines vadoses. Bull. soc. géol. de France. 1941 p. 267 à 290.
28. SMITH, J., et ALBRITTEN, C.: Solution effects on limestone as a function of slope. Bull. geol. soc. of Amer. 1941 p. 64 à 78.
29. TROMBE, F.: Quelques aspects des phénomènes chimiques souterrains. Ann. de spéléologie 1951 p. 3 à 21.
30. TROMBE, F.: Les eaux souterraines -PUF 1951 126 p.
31. URBAIN, P.: L'action géochimique de l'eau sur les roches. Rev. géogr. phys. et géol. dyn. 1934 p. 223 à 236 et 333 à 355.
32. WILLIAMS, J.: Chemical weathering at low temperatures. Geogr. Rev. 1949. p. 129 à 135.

DAS BODENPROFIL ALS LANDSCHAFTSGESCHICHTLICHES ARCHIV

Über eine pedologische Hilfe
bei der Bestimmung von Flurwüstungen

Mit 1 Abbildung

GERHARD HARD

Im folgenden versuche ich an Hand eines kartenmäßig festgehaltenen Beispiels, ein Hilfsmittel der Wüstungsforschung darzustellen, welches geeignet erscheint, die Aussagen der Archivalien und der fossilen Mikroreliefs unter bestimmten Umständen glücklich und präzise zu ergänzen. Es leistete bei landschafts- und vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen im saarländisch-pfälzischen Muschelkalkgebiet sowie im Braunjuragebiet Lothringens ausgezeichnete Dienste.

Die Methode beruht auf der Tatsache, daß der Pflughbau in den genannten Gebieten — wenn man von einigen wenigen, im lokalen Relief begründeten Ausnahmen absieht — auf Hängen über 2° Neigung charakteristische Veränderungen des Bodenprofils und einiger bequem und rasch feststellbarer Eigenschaften der vormaligen Waldböden nach sich zog. Solche Veränderungen sind auch mehrfach anderswo festgestellt und z. T. näher beschrieben worden (vgl. z. B. H. ZOLLER 1954 S. 231; J. SCHMITHÜSEN 1958 S. 165 f., S. 168;