



**5. INTERNATIONALER
KONGRESS FÜR
SPELÄOLOGIE
STUTTGART 1969**

2 ABHANDLUNGEN

Abondance du gaz carbonique dans des fissures de grottes

CAMILLE MICHEL EK (Laboratoire de Géologie et Géographie
Physique de l'Université de Liège,
7, Place du XX Août, Liège/Belgique)

SommarioAbbondanza del gas carbonico nelle fessure delle grotte.

Le analisi d'aria delle grotte belghe rivelano la presenza di forti tenori in gas carbonico (fino a venti volte maggiore del tenore dell'atmosfera libera) nelle fessure.

Le analisi fatte nei "Tatra" polonesi alla fine dell'inverno mostrano molto meno CO₂.

Ciò conferma l'importanza dell'attività vegetale e microbiologica nella possibile aggressività delle acque vis-à-vis del calcare, e mostra che le fessure costituiscono delle sorgenti di CO₂ nelle grotte (delle regioni temperate umide almeno).

RésuméAbondance du gaz carbonique dans des fissures de grottes.

Des analyses de l'air de grottes belges révèlent de fortes teneurs en gaz carbonique (jusque 20 fois la teneur de l'atmosphère libre) dans les fissures.

Des analyses faites dans les Tatra polonaises à la fin de l'hiver montrent beaucoup moins de CO₂.

Ceci confirme l'importance de l'activité végétale et microbiologique dans la possible agressivité des eaux vis-à-vis du calcaire, et montre que les fissures constituent dans les grottes (des régions tempérées humides au moins) des sources de CO₂.

On sait que, dans les grottes - du moins celles des régions tempérées océaniques - la plupart des grandes salles présentent d'importants éboulis qui sont en grande partie à l'origine de leur morphologie actuelle. Les grands conduits de rivières souterraines montrent au contraire des formes d'érosions par l'eau; là, la présence fréquente de cailloux roulés allogènes (en Belgique, les cailloux de grès et de quartzite sont abondants) et les formes observées sur les parois et dans le fond du lit témoignent de l'importance - non exclusive certes - de la corrosion. Par contre, dans les étroites fissures qui se développent souvent à la faveur de diaclases - ou parfois de joints de stratification - la dissolution est certainement l'agent principal du creusement.

Quelques mesures de la teneur en gaz carbonique de l'air et de l'eau de ces fissures nous ont convaincu que la dissolution peut y être, à l'époque actuelle, particulièrement active.

1.- Mesures dans l'air.

Nous avons procédé en compagnie de F. Delecour et F. Weissen, à une série de titrages du CO₂ par un procédé électrolytique. L'appareillage, très portatif, a été décrit par C. EK, F. Delecour et F. Weissen (1968). Des mesures faites en Belgique dans des salles de grottes ont donné des chiffres de l'ordre de 0,8 à 2 mg CO₂/l air soit 1,5 à 4 fois plus qu'à l'air libre. Dans des galeries spacieuses, les teneurs étaient du même ordre, parfois un peu plus importantes. Mais, dans des fissures, nous avons mesuré, au printemps et au début de l'été 4,2 6,6 4,6 7,8 8,9 et 10,6 mg CO₂/l air; le dernier chiffre correspond à près de 20 fois la teneur en CO₂ de l'air libre. Il n'y a qu'à l'émergence de certains siphons, au ras de l'eau, que nous avons obtenu des chiffres presque aussi élevés. Les fissures sont donc un milieu riche en CO₂. A partir de l'extrémité des fissures vers la masse d'air des salles et galeries s'observe, suivant un gradient rapide, une diminution de la teneur de l'air en gaz carbonique.

2.- Analyse d'eau.

Dans le cadre de quelque 700 analyses d'eaux karstiques diverses, nous avons fait, en Belgique également, 32 analyses d'eaux de stalactites. A partir du pH et de la dureté de l'eau, nous avons calculé la teneur de CO₂ par la méthode proposée par H. ROQUES (1963, 1964); la teneur de l'eau en gaz carbonique correspondait à des

pressions partielles de CO_2 de $3 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-2}$ atm, soit 5 à 16 mg/l air : 10 à 30 fois la teneur en CO_2 de l'air libre; toutes ces eaux étaient, au moment du prélèvement, saturées ou, plus souvent, sursaturées. Ces chiffres sont bien en accord avec nos analyses d'air : 8 à 20 fois la teneur de l'air libre.

La teneur un peu plus grande observée dans les eaux est expliquée par la sursaturation de celles-ci : dans les fissures où l'eau a circulé, qui sont encore plus confinées que celles où nous avons pu introduire nos cellules de titration de l'air, la teneur est encore plus forte.

3.- Conclusion.

La teneur de l'air en CO_2 est plus forte dans les galeries que dans les grandes salles, plus forte encore au ras des cours d'eau sortant des siphons, très forte enfin dans les fissures les plus étroites accessibles à nos appareils (quelques centimètres de large); les analyses d'eau indiquent des teneurs encore un peu plus fortes dans les très étroits conduits où circule l'eau d'alimentation des concrétions. Ceci confirme que le CO_2 qui agit dans les grottes est bien d'origine biologique et qu'il provient surtout du sol à travers les fissures, et témoigne que la teneur en CO_2 est forte dans les fissures, même accessibles à l'homme, et qu'on peut s'attendre, lorsqu'il peut arriver dans ces fissures une eau non saturée, à une dissolution active (cf. p. ex. H. Roques, 1956). En général, les eaux des concrétions sont sursaturées, mais les eaux de ruisseaux ou de ruisselets souterrains qui s'engouffrent dans le sol sans se saturer trop vite disposent, dans les fissures, d'un important réservoir de gaz carbonique.

4.- Comparaison avec une région montagneuse à la fonte des neiges.

Des mesures effectuées en Pologne avec Madame K. Olesksynowa, Mesdemoiselles S. Gilewska et B. Olesksynowa, et Messieurs L. Kaszowski, A. Kotarba et A. Kobylecki, nous ont montré dans les Tatra des teneurs beaucoup plus faibles. Les analyses ont été faites en avril, dans des grottes situées à l'altitude où la neige commençait à fondre à ce moment. Les fissures ont fourni au maximum 3,4 mg CO_2 /l air : trois fois moins que les fissures des grottes de Belgique (cf. C. Ek, S. Gilewska, L. Kaszowski, A. Kobylecki, K. Olesksynowa and B. Olesksynowa, 1969). La raison principale en est, pensons-nous, dans la fourniture presque nulle de CO_2 par la végétation, en avril à 1000 - 1300 m d'altitude dans les Tatra.

Ouvrages cités

- 1.- C. EK, F. DELECOUR et F. WEISSFN - 1968 - Teneur en CO_2 de l'air de quelques grottes belges. Technique employée et premiers résultats. Annales de Spéléologie, 23 : 243-257.
- 2.- C. EK, S. GILEWSKA, L. KASZOWSKI, A. KOBYLECKI, K. OLEKSYNOWA and B. OLEKSYNOWA - 1969 - Some analyses of the CO_2 content of the air in five polish caves. Zeitschrift für Geomorphologie, sous presse.
- 3.- H. ROQUES - 1956 - Sur l'existence d'un gradient karstique des pressions partielles de l'acide carbonique. C.R. Acad. sc. Paris, 242 : 3100-3102.
- 4.- H. ROQUES - 1963 - Sur la répartition du CO_2 dans les karsts (2ème mémoire). Annales de Spéléologie, 18 : 142-184.
- 5.- H. ROQUES - 1964 - Contribution à l'étude statique et cinétique des systèmes gaz carbonique - eau - carbonate. Annales de Spéléologie, 19 : 255-484.

Discussion :

J. CORBEL (Caluire) - Il y a une véritable stratification du CO_2 de l'air. Le CO_2 est au plafond l'hiver. La variation saisonnière est très faible. Les variations les plus importantes sont en liaison directe avec les crues (qui correspondent à des teneurs minimales de l'eau en calcaire et de l'air en gaz carbonique) et les maigres (teneurs maximales).

A. BÜGLI (Hitzkirch) - Die von EK angegebenen niedrigen Werte in der Tatra, die der Autor als etwas rätselhaft betrachtet, sind eine Folge der Schneeschmelze. Das kalte Schmelzwasser kommt kalkarm in die Klüfte und nimmt zur Kalkkorrosion CO_2 auf. Dadurch kann der CO_2 - Gehalt der Spaltenluft auch unter den Wert in der Atmosphäre sinken, im Beispiel von Ek von 0,56 mg CO_2 /L auf 0,4 mg. Ich kann ergänzen, dass wir in einer Spaltenhöhle sogar nur 0,2 mg CO_2 /L gemessen haben.

C. AUB (Arhus) 1) At what depth below the surface were the measurements made ?

2) Is it not possible that the excess CO_2 has been brought into the cave by water, which is supercharged with CO_2 , that is released as soon as the water reaches the semiatmospheric conditions of the cave?

3) Have you any idea of how rapid the supply of excess CO_2 is ?

C. EK - 1- The depth of measurements below surface varied between 5 and 70 m, but most of the results here concerned were found between 5 and 20.

2- Both water and air can provide CO₂ to caves fissures. In some cases, in dry caves and dry period we can be quite sure that CO₂ was directly furnished by soil air, but the mechanism that you describe corroborates the second paragraph of my paper.

3- Until now, the set I use cannot provide measurements of CO₂ flow rate in caves, but I hope to improve the technique.

B. GEZE (Paris) - L'île de Fuerteventura (Canaries), où vous avez fait quelques mesures à titre de comparaison avec les régions étudiées, se trouve sous un climat aride. Dans ce cas, il semble difficile d'établir si c'est la quantité des précipitations ou la végétation qui constitue le facteur de la faible teneur en CO₂.

C. EK - Je n'ai pas mentionné dans le texte écrit de ma communication les résultats dont je viens de faire mention aux Canaries, car il s'agit là de résultats tout récents. La teneur de l'air en CO₂, dans les fissures, ne dépasse pas 1 mg/l, et on ne peut en effet tirer d'autre conclusion que celle-ci: l'aridité correspond ici à de faibles teneurs en CO₂.

B. GEZE - Je ne mets évidemment pas en doute les conclusions générales de M. EK, et je le félicite très vivement de son apport scientifique fondamental.