

PROBLEMS OF THE KARST DENUDATION  
BRNO 1969

L'EFFET DE LA LOI DE HENRY SUR LA DISSOLUTION DU CO<sub>2</sub>  
DANS LES EAUX NATURELLES

C. M. EK, Liège

Summary

The solution coefficient of CO<sub>2</sub> in water increases when temperature decreases /increases three times when temperature decreases from 35 to 0°C/; it was deduced from this, by some searchers, that cold waters are richer in CO<sub>2</sub> than warm waters.

To be accurate, CO<sub>2</sub> content of water is, according to Henry's law, the product of the solution coefficient by the partial pressure of CO<sub>2</sub> in air. This partial pressure varies much more than solution coefficient, and often in the opposite direction.

The CO<sub>2</sub> content of water is thus mainly a function of the partial pressure of this gas in air /this pressure increasing with vegetal activity/; compared with P<sub>CO<sub>2</sub></sub> variations, the influence of the solution coefficient depending upon temperature is very faint and almost negligible.

La karstification est-elle plus active sous les climats froids ou sous les climats chauds?

On sait que le coefficient de dissolution du gaz carbonique dans l'eau augmente lorsque la température diminue.

C'est surtout grâce aux travaux de J. CORBEL /1957, par exemple/ que l'attention a été attirée sur ce fait et qu'on a pu en déduire avec lui que "la karstification est, dans la morphologie, le plus important de tous les processus chimiques, mais c'est le seul de ces processus chimiques qui soit plus important à froid qu'à chaud" /op. cit., p. 501/.

Cette découverte est liée à l'application de la loi de HENRY /voir H. ROQUES, 1962, 1964/. On sait que, lorsque l'eau est en contact avec de l'air, un équilibre tend à s'établir entre la pression partielle du gaz carbonique dans l'air et la teneur de l'eau en anhydride carbonique dissous:

$$C_{CO_2} = \frac{1}{D} \cdot P_{CO_2} \quad \text{/loi de Henry/}$$

où  $1/D$  est un coefficient de dissolution qui augmente lorsque la température baisse. Entre 0 et 20°C, par exemple, la valeur de  $1/D$  se réduit à peu près de moitié.

On en a déduit que la teneur de l'eau en  $CO_2$  diminue également de façon notable quand la température s'élève, et que la karstification doit donc être, du fait de la forte variation de  $1/D$  avec la température, plus importante à froid qu'à chaud.

Ce raisonnement suppose implicitement que l'on considère des variations de la teneur du  $CO_2$  dans l'eau à pression partielle égale dans la phase gazeuse. Or cette pression est extrêmement variable. Elle varie fortement, à un même moment, d'un point à l'autre d'une grotte. Elle varie surtout, dans l'air du sol et du sous-sol, en fonction de la végétation /cf. exemple, H. ROQUES, 1968/.

Des mesures directes dans l'air nous ont montré en Belgique des teneurs variant entre  $3 \cdot 10^{-4}$  et  $6 \cdot 10^{-3}$  atm /C. EK, F. DELECOUR, F. WEISSEN, 1968/.

En Belgique encore, des calculs faits à partir d'analyses d'eau montrent des pressions de  $CO_2$  dans l'air allant de  $3 \cdot 10^{-4}$  à  $5 \cdot 10^{-2}$  atm.

Ces teneurs varient, en Belgique, suivant les endroits, mais aussi, en un même point, en fonction des circonstances climatiques.

Par des analyses en des régions très diverses /du Bassin de Paris à l'Afrique équatoriale en passant par les Pyrénées, les Alpes, la Tunisie et le Sahara/, H. SCHOELLER /1941, 1950/, a montré la diminution de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de la latitude. Il attribuait ce fait aux différences de pression partielle du  $CO_2$  dans l'air, en fonction de la végétation.

Des mesures récentes dans l'air même des grottes /C. EK, F. DELECOUR, F. WEISSEN, 1968; C. EK, S. GILEWSKA, L. KASZOWSKI, A. KOLYLECKI, K. OLEKSYNOWA, B. OLEKSYNOWNA, 1969/ ont vérifié expérimentalement cette idée.

I. GAMS /1966/ attribue les variations saisonnières de la dureté des eaux en Slovénie à divers facteurs parmi lesquels il range l'activité de la végétation.

Si l'on considère la loi de Henry, on voit donc que la teneur de l'eau en  $CO_2$  varie en fonction de deux facteurs. Le premier,  $1/D$ , varie du simple au triple entre 35 et 0°C, le second varie au moins du simple au centuple en fonction d'autres facteurs.

L'influence directe de la température sur le coefficient de dissolution du gaz carbonique dans l'eau n'a donc qu'un effet très faible, et presque négligeable, en ce qui concerne la teneur en gaz carbonique dissous.

Le rôle de la température est en fait important mais indirect, du fait que la tempéra-

ture accroît /jusqu'à un optimum/ l'activité végétale, et qu'elle accroît l'évaporation et la transpiration, et, par là, le déficit d'écoulement.

Mais le facteur le plus important de la karstification reste, comme le rappelait B. Géze /1961/, "l'arrivée sous terre d'une abondante quantité d'eau, que celle-ci soit chaude ou froide".

Quant à la loi de Henry, elle met en évidence l'importance de la composition de l'atmosphère qui est au contact de l'eau: c'est la  $P_{CO_2}$ , très variable, de cette atmosphère, qui régit au premier chef la teneur de l'eau en gaz carbonique.

- CORBEL J., 1957: Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. Institut des Etudes Rhodaniennes de l'Université de Lyon, Mémoires et Documents, n° 12, 541 p.
- EK C., DELECOUR F., WEISSEN F., 1968: Teneur en CO<sub>2</sub> de l'air de quelques grottes belges. Technique employée et premiers résultats. Annales de Spéléologie: 23, 243-257.
- EK C., GIŁEWSKA S., KASZOWSKI L., KOLYLECKI A., OLEKSYNOWA K., OLEKWYNOWNA B., 1969: Some analyses of the CO<sub>2</sub> content of the air in five Polish caves. Zeitschrift für Geomorphologie, à l'impression.
- GAMS I., 1966: Factorji in dinamika korozije na karbonatnik kameninah slovenskega in alpskega krasa /factors and dynamics of corrosion of the carbonatic rocks in the dinaric and alpine karst of Slovenia/. Geografski Vestnik /Ljubljana/: 38, 11-68.
- GEZE B., 1961: L'évolution karstique /creusement, remplissage clastique, concrétionnement/ dans ses rapports avec les alternances climatiques quaternaires, pp. 111-126, in: Atti del Symposium internazionale di Speleologia sui Rimpimenti naturali di Grotte. Tomo I, 189 p., Como.
- ROQUES H., 1962: Considérations théoriques sur la chimie des carbonates /Premier mémoire/. Annales de Spéléologie: 17, 11-41.
- ROQUES H., 1964: Contribution à l'étude statique et cinétique des systèmes gaz carbonique-eau-carbonate. Annales de Spéléologie: 19, 255-484.
- ROQUES H., 1968: Chimie des carbonates et hydrogéologie karstique pp. 114-141, in: Centre de Recherches et de Documentations cartographiques et géographiques, Mémoires et Documents, Nouvelle Série, vol. 4: Phénomènes karstiques, Ed. C. N. R. S. Paris, 392 p.
- SCHOELLER H., 1941: L'influence du climat sur la composition chimique des eaux vadoses. Bulletin de la Société géologique de France: 11, 267-289.
- SCHOELLER H., 1950: Les variations de la teneur en gaz carbonique des eaux souterraines en fonction de l'altitude. Comptes-rendus des Séances de l'Académie des Sciences: 230, 560-561.