

FEDERATION YUGOSLAVE DE SPELEOLOGIE
SPELEOLOGICAL SOCIETY OF YUGOSLAVIA

ACTES

DU IV^e CONGRES INTERNATIONAL DE SPELEOLOGIE
EN YUGOSLAVIE

PROCEEDINGS

OF THE 4th INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY
IN YUGOSLAVIA

Postojna — Ljubljana — Dubrovnik

12—26 IX 1965

TOME — VOLUMEN

III



LJUBLJANA 1968

LA TENEUR EN $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ET EN CO_2 DES EAUX DES GROTTES BELGES

Note préliminaire

Camille Ek

Université de Liège

Abstract

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and CO_2 content in Belgian cave waters

Preliminary note

A. 1. Waters are particularly active when just reaching limestone. 2. Waters can be saturated only in narrow fissures and without notable air circulation. 3. CO_2 from the soil being of prime importance in water aggressivity, chemical action of the big rivers on limestone is almost negligible.

B. 1. Heavy rain lowers hardness but, by increasing discharge, increases the total amount of dissolved limestone carried away. 2. Moderately rainy weather, while increasing flow-rate, but in a progressive way, does not diminish hardness much. 3. Dry periods tend to raise hardness but more and more slowly. 4. Temperature changes are of very minor importance in Belgium. 5. Snow meltwaters are aggressive; old ice meltwaters are not. Frost tends to raise hardness of not yet frozen water, by dispelling the dissolved salts from the ice.

C. 1. Weather is of prime importance in water action on limestone. 2. Ca^{++} and CO_3^{--} concentration in water increases when flowrate decreases and when the water-limestone interface (by volume unit) increases. 3. Theoretical solution equilibria are not often observed. 4. The seasons do not produce significant variations in water hardness underground. 5. Snow-meltwater and ice-meltwater, having different influences ought to be distinguished from each other.

All of the 700 measurements here considered have been carried out in Belgium, and most of the conclusions are thus not assumed to be universal.

C'est dans les régions où affleurent les calcaires dévoniens et carbonifères de la Belgique qu'ont été effectuées, de 1963 à 1965, les quelque 700 analyses dont il sera question ici. Ces analyses ont essentiellement porté sur le pH, la teneur en ions HCO_3^- , Ca^{++} et Mg^{++} . Divers autres ions ont été dosés, mais leur importance est secondaire et, dans cette note préliminaire, il n'en sera pas question. La part du Mg^{++} dans la dureté totale ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) varie en général entre 15 et 40 %.

Les eaux étudiées ont une dureté comprise entre 30 mg CaCO_3 par litre (dans certains ponors) et 300 mg CaCO_3 par litre (à certaines résurgences); la dureté peut toutefois approcher de 400 mg/l dans l'eau stillant des stalactites. (Les tableaux complets d'analyses seront publiés ultérieurement dans les Annales de la Société Géologique de Belgique.)

A. Evolution générale des eaux

1. Les eaux de ruissellement et celles des petits cours d'eau, arrivant avec très peu de bicarbonates en solution, durcissent rapidement dès

qu'elles pénètrent dans les régions calcaires; le premier kilomètre, voire les premières centaines de mètres voient une augmentation notable de la teneur en bicarbonate.

2. Dans les réseaux souterrains où l'eau pénètre, une différence très nette s'observe entre les conduits étroits, fissures et petits chenaux d'une part, et les larges conduits des «rivières souterraines» d'autre part. Dans les premiers, les eaux se saturent en bicarbonates, et en contiennent même assez souvent plus que les équilibres théoriques ne le prévoient. Dans les seconds, l'eau reste le plus souvent sous-saturée, et l'action de dissolution devient négligeable dès que l'eau arrive dans des galeries aérées dont l'atmosphère est en communication (même sans courant d'air sensible) avec l'extérieur.

3. Dans les rivières épigées, la dureté évolue beaucoup moins encore, sauf sur la toute première partie du parcours de l'eau sur le calcaire; lorsque le débit dépasse 10 m³/sec environ, la prise en charge de calcaire devient non nulle, mais réellement négligeable.

La dissolution du calcaire ne s'exerce donc de façon importante que durant les parcours souterrains sans communication facile de l'air avec l'extérieur. Ceci exprime évidemment la part prépondérante prise dans l'agressivité de l'eau par le CO₂ (et peut-être d'autres acides) du sol, qui passe dans le sous-sol en partie grâce à sa densité, presque double de celle de l'air.

Au total, la prise en charge de calcaire dissous est en général comprise entre 100 et 200 mg/l durant les parcours souterrains que l'eau peut effectuer dans les formations calcaires paléozoïques de Belgique.

B. Influences météorologiques

Des variations très importantes sont introduites dans la vitesse de dissolution, par les variations des conditions météorologiques.

1. Les pluies orageuses: malgré la baisse de dureté très forte que provoque la dilution des eaux par l'eau de pluie (la dureté diminue de moitié, voire des cinq sixièmes), la quantité de calcaire dissous par chaque cours d'eau augmente notablement (de l'ordre de 10 fois) car le débit est, à la suite d'un orage, très fortement augmenté (couramment multiplié par 20 ou par 100). Si l'action des orages est très éphémère, il faut constater que la prise en charge de calcaire un jour d'orage peut être la même que pour la somme des 6 ou 10 jours précédents.

2. Les périodes pluvieuses: lors des périodes de pluie même ininterrompue mais non torrentielle, la dureté ne diminue pas autant que pendant un orage — loin s'en faut. Le niveau des réserves aquifères montant partout, c'est surtout le trop-plein des eaux souterraines qui s'évacue, mélangé aux eaux de pluie, et la dureté baisse assez peu.

3. En période de sécheresse: la dureté augmente continuellement mais asymptotiquement jusqu'à une limite supérieure que nous n'avons jamais pu saisir, mais qui dans les parcours souterrains correspond à une nette sursaturation si l'on s'en réfère aux courbes d'équilibre théoriques.

On remarquera, pour les trois paragraphes qui précèdent, l'importance de la vitesse de l'eau: celle-ci est dans les conditions rencontrées en

Belgique un facteur limitant de la teneur en sels dissous: plus l'eau ralentit, plus long est son contact avec le calcaire, et plus forte sa dureté.

4. Influence de la température: malgré de nombreuses tentatives de déceler l'influence des variations journalières et des variations saisonnières de la température sur la quantité de calcaire dissous, nous n'avons jamais observé de variation certaine due aux changements de température. Une exception: le passage de la température sous 0° C provoque des changements où la variation de température intervient indirectement comme on va le voir.

5. Le gel et la neige: des variations — et parfois un rythme journalier — sont introduites dans les caractères des eaux par la fonte de la glace et de la neige: la neige, riche en CO₂, est agressive; la glace l'est beaucoup moins, et d'autant moins qu'elle est moins récente et que le CO₂ a donc eu plus de temps pour s'en échapper. Le gel lui-même provoque une augmentation de la dureté de l'eau qui reste non gelée parce que celle-ci reçoit les bicarbonates qui sont expulsés de la partie qui gèle et aussi parce que les conditions météorologiques du gel sont celles d'une période de sécheresse (voir § 3 ci-dessus).

C. Conclusions

1. Dans toute étude de l'action de l'eau sur le calcaire, il est indispensable de définir non seulement le climat, mais les circonstances météorologiques dans lesquelles les mesures ont été faites; tant que des moyennes annuelles des caractères des eaux vis-à-vis du calcaire n'ont pas été bien établies, il est difficile et normalement impossible d'interpréter des mesures isolées, hors de leur contexte météorologique.

2. Parmi les facteurs majeurs de l'action de l'eau, on épinglera la vitesse de l'eau, qui dépend dans une région donnée du régime des précipitations, et le rapport volume/périmètre mouillé, qui dépend lui aussi des précipitations mais varie d'une façon quantitativement déterminée par la structure du réseau.

3. Les équilibres théoriques sont rarement observés, dans les karsts barrés de la Belgique; cela est attribuable le plus souvent au fait que l'eau n'a pas le temps d'atteindre son équilibre, mais parfois aussi à ce que l'équilibre naturel est différent de celui qu'on réalise en laboratoire avec de l'eau distillée, du gaz carbonique pur et du bicarbonate de calcium comme seul sel en solution.

4. Dans les conditions observées (amplitude annuelle entre les moyennes mensuelles: 15° C), l'action de la température est négligeable devant les autres facteurs; c'est pourquoi l'action de l'eau varie plus suivant les types de temps que suivant les saisons (celles-ci étant surtout marquées par la différence de température; leur principale influence — indirecte — est la variation de l'évaporation).

5. Les influences opposées de la fonte de la neige et de celle de la glace réclament un supplément de recherche dans les régions de climat froid.

Discussion: T. Stchouzkoy, R. Muxart, V. Caumartin, A. Bögli.