

## VARIATIONS SAISONNIERES DES TENEURS EN CO<sub>2</sub> D'UNE GROTTTE BELGE : LE TROU JONEY A COMBLAIN-AU-PONT

par

Camille EK<sup>1</sup>

(13 figures)

**RESUME.**- Dix séances de mesures, à peu près mensuelles, de novembre 77 à juillet 78, ont mis en évidence au Trou Joney, à Comblain-au-Pont, les faits suivants : en hiver, la teneur moyenne en CO<sub>2</sub>, dans les galeries, est inférieure à 1 mg/l et, dans les points bas de la grotte, tombe à 0,60 mg/l environ; en juin et juillet, dans les galeries, la moyenne se situe autour de 2 mg/l. Le gradient est, en toute saison, nettement défini : la teneur en CO<sub>2</sub> décroît vers le bas des conduits; en été, le gradient est net aussi du fond de la grotte vers la sortie, où les teneurs sont moins fortes. Les gradients nous semblent attribuables à la diffusion du CO<sub>2</sub> d'origine biologique à partir des fissures qui mettent en contact les galeries avec le sol.

**ABSTRACT.**- Ten series of measurements were performed at the "Trou Joney" cave, at Comblain-au-Pont, approximately at one month intervals, from November, 1977 to July, 1978.

In Winter, the mean carbon dioxide content in the galleries is below 1 mg/l; in the lowest parts of the cave, it falls to below 0.60 mg/l. During June and July, the mean amount of CO<sub>2</sub> rises to about 2 mg/l.

The gradient is clearly defined in any season. In Winter, the mean CO<sub>2</sub> content decreases from the top to the bottom of the conduits; in Summer, on the contrary, it decreases from the base of the cave to its exit.

In the author's opinion, the gradients seem to be caused by diffusion of carbon dioxide of biological origin, from fissures which connect the cave galleries and the soil.

### 1. LA CAVITE

Le Trou Joney est une petite cavité sise dans les calcaires viséens à Comblain-au-Pont, dans la vallée de l'Ourthe, à quelque vingt kilomètres au sud de Liège. L'entrée de cette cavité est située à une vingtaine de mètres seulement de l'entrée de la grotte touristique de Comblain-au-Pont.

Le Trou Joney a une morphologie très simple dans ses grandes lignes : c'est un couloir d'une cinquantaine de mètres de long, ayant une seule ouverture praticable; à l'extrémité distale de la grotte se trouve une petite salle excavée par des prospecteurs dans un sédiment à caractère fluviatile, déjà étudié par S. LECLERCQ (1925); cette extrémité de la grotte était, en effet, fossile.

Le sable fluviatile de l'extrémité de la grotte est en contact avec le sol superficiel extérieur, comme le dénotent quelques terriers qui aboutissent dans la salle terminale. Le couloir qui relie cette salle à la sortie descend d'abord, puis remonte ensuite vers l'orifice de la grotte. Ces particularités morphologiques sont importantes,

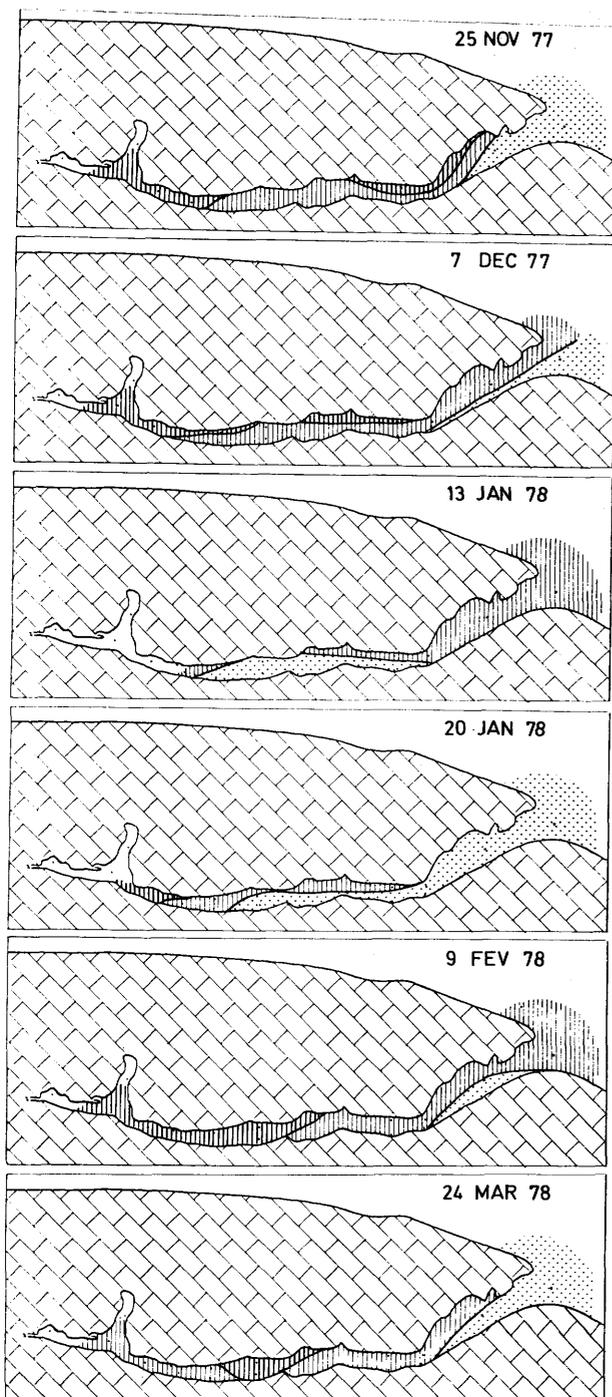
on va le voir, en regard du but poursuivi dans le présent travail.

### 2. BUT DU TRAVAIL

Le but du travail était d'étudier la variation des teneurs en CO<sub>2</sub> de l'air de la cavité. On sait en effet que le CO<sub>2</sub> utilisé par l'eau pour dissoudre le calcaire provient en général du CO<sub>2</sub> de l'air, et en particulier du CO<sub>2</sub> de l'air du sol (C. EK, 1969). Il est donc plausible que les variations du CO<sub>2</sub> de l'air se reflètent dans la dissolution du calcaire, et c'est là la raison de nos recherches sur l'anhydride carbonique de l'air.

Des mesures antérieures, dans la même grotte, avaient déjà montré que les teneurs les plus fortes s'observaient dans les fissures montantes et dans les trous et terriers du sable de la salle terminale (5 à 10

<sup>1</sup> Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire. Université de Liège, 7, place du Vingt-Août, B-4000 Liège.



Figures 1 à 6

Le Trou Joney. Variations de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'air des galeries en automne et en hiver.

Légende : teneur en  $\text{CO}_2$  : a: moins de 0,60 mg/l; b: 0,60 à moins de 1 mg/l; c: 1 à moins de 2 mg/l; d: 2 à moins de 3 mg/l; e: plus de 3 mg/l; f: non mesuré. (Voir figures 7 à 12, p. 73).

mg/l en juillet 66); que la concentration au plafond était partout de 15 à 25 % plus forte qu'au sol; que la teneur en  $\text{CO}_2$  augmentait graduellement de l'entrée vers la salle terminale (C. EK, F. DELECOUR & F. WEISSEN, 1968).

Nous avons noté aussi antérieurement que les valeurs observées dans cette grotte étaient nettement plus élevées que les valeurs rencontrées dans des grottes de taille comparable et de morphologie semblable (couloir simple, remontant légèrement vers les deux extrémités de cavités à un seul orifice) dans les Tatras polonaises à la fin de l'hiver (C. EK, S. GILEWSKA, L. KASZOWSKI, A. KOBYLECKI, K. OLEKSYNOWA & B. OLEKSYNOWNA, 1969).

Il restait à chercher quelle était l'évolution saisonnière dans la grotte. C'est ce que nous avons fait en 1977 et 1978.

### 3. TECHNIQUE UTILISEE

La technique d'analyse est l'électrolyse d'une solution ayant absorbé le  $\text{CO}_2$  d'un échantillon d'air. Mise au point par H. KOEPF (1952), modifiée par F. HILGER (1963) puis F. DELECOUR (1965), elle a été décrite par C. EK, F. DELECOUR & F. WEISSEN (1968).

Plus précise mais plus lente que la méthode DRÄGER, notre méthode permet l'analyse de 10 à 20 échantillons au cours d'une journée de terrain. Les analyses ont toujours été menées avec Mme Nicole HOURY-LOUSBERG, qui s'est chargée de la préparation et du titrage des solutions analytiques.

### 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les figures 1 à 12 représentent une coupe longitudinale de la grotte, sur laquelle ont été reportées les valeurs du  $\text{CO}_2$  mesuré, exprimées en mg/l air (pour rappel, la teneur normale, à l'air libre, est d'environ 0,55 mg/l).

Les figures montrent dès l'abord que le gradient est, en toute saison, nettement défini : bien que la densité du  $\text{CO}_2$  soit légèrement supérieure à la densité globale de l'air, les teneurs en  $\text{CO}_2$  sont toujours plus élevées près de la voûte de la galerie qu'à son plancher.

Mais les figures révèlent en outre une évolution saisonnière.

Les figures 1 à 6 représentent la situation de novembre à mars, donc la situation hivernale. On voit que la plupart des analyses dans les galeries donnent des mesures peu supérieures à 0,6 mg/l, et en tout cas inférieures, dans l'ensemble, à 1 mg/l. Au coeur de l'hiver, les points les plus bas de la grotte tombent sous 0,6 mg/l.

En mai, comme le montre la figure 7, la situation se modifie : dans près de la moitié de la grotte, la teneur devient supérieure à 1 mg/l air.

En été (mesures de juin et juillet), les figures 8 à 10 montrent que la moyenne, dans la galerie, devient supérieure à 1,5 et est en général de l'ordre de 2 mg/l.

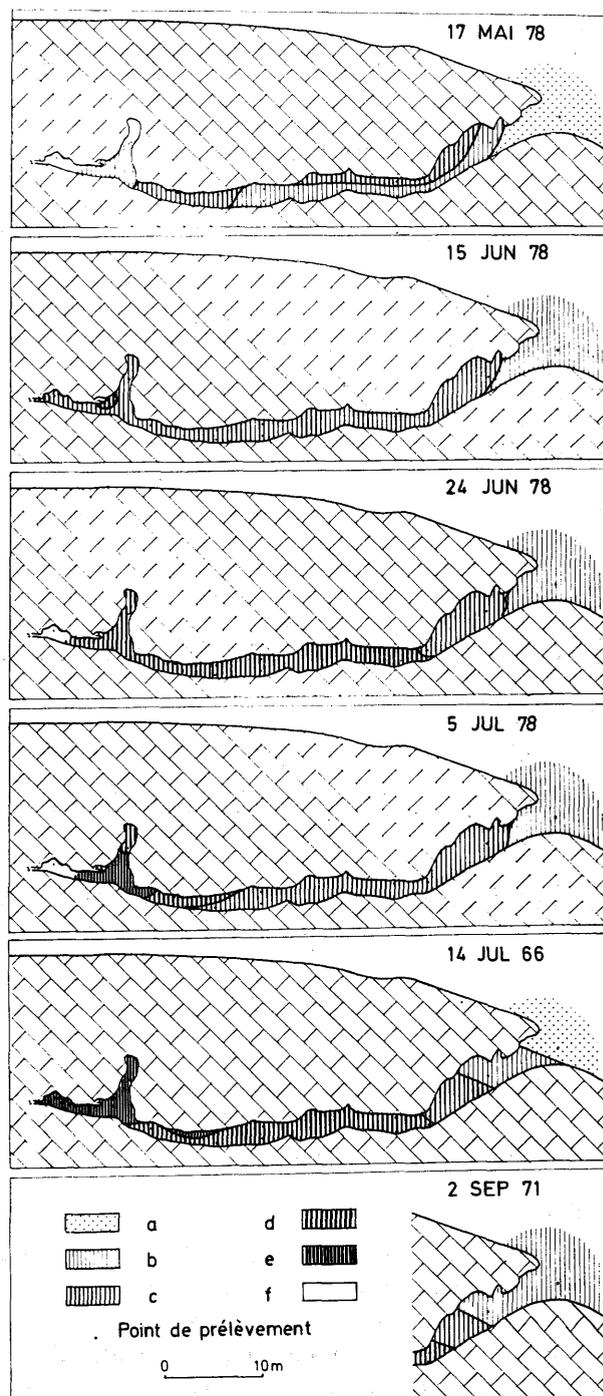
La variation saisonnière dans la galerie du Trou Joney est donc très nette, les valeurs estivales étant le double des valeurs hivernales. Les graphiques montrent combien, en toute saison, le CO<sub>2</sub> semble provenir de la salle terminale, en contact avec l'air du sol, et aussi des fissures du plafond du couloir qui fournissent un air plus riche en CO<sub>2</sub> (ce que ne montrent pas les figures ici représentées, mais qui a été mesuré).

Les variations saisonnières sont de toute évidence liées au cycle de la végétation.

Les figures 11 et 12 représentent également des situations estivales, mais observées d'autres années (respectivement 1966 et 1971, alors que nos autres données sont de 1977 et 1978). Ceci montre que la variation observée n'est pas accidentelle.

La figure 13 montre, pour les points 1 à 6, qui ont seuls été ici représentés, que la variation saisonnière de teneur en CO<sub>2</sub> est nette et coïncide avec l'activité de la végétation dans la région étudiée. En fait, cette variation s'observe pour tous les points étudiés. Ceci confirme incontestablement la relation entre la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air des cavités qui ne sont pas très profondes et l'activité de la végétation.

Or le CO<sub>2</sub> qui permet à l'eau de dissoudre les carbonates provient essentiellement, dans nos régions, du CO<sub>2</sub> de l'air ambiant. Les teneurs mesurées, beaucoup plus fortes que celles de l'atmosphère libre, même dans les galeries largement ouvertes à l'air libre extérieur, comme c'est le cas dans la grotte étudiée, confirment donc le rôle primordial du métabolisme de la biomasse dans la dissolution des calcaires dans les régions tempérées océaniques.



Figures 7 à 12

Le Trou Joney. Variations de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air des galeries au printemps et en été.

Légende : teneur en CO<sub>2</sub> : a: moins de 0,60 mg/l; b: 0,60 à moins de 1 mg/l; c: 1 à moins de 2 mg/l; d: 2 à moins de 3 mg/l; e: plus de 3 mg/l; f: non mesuré.

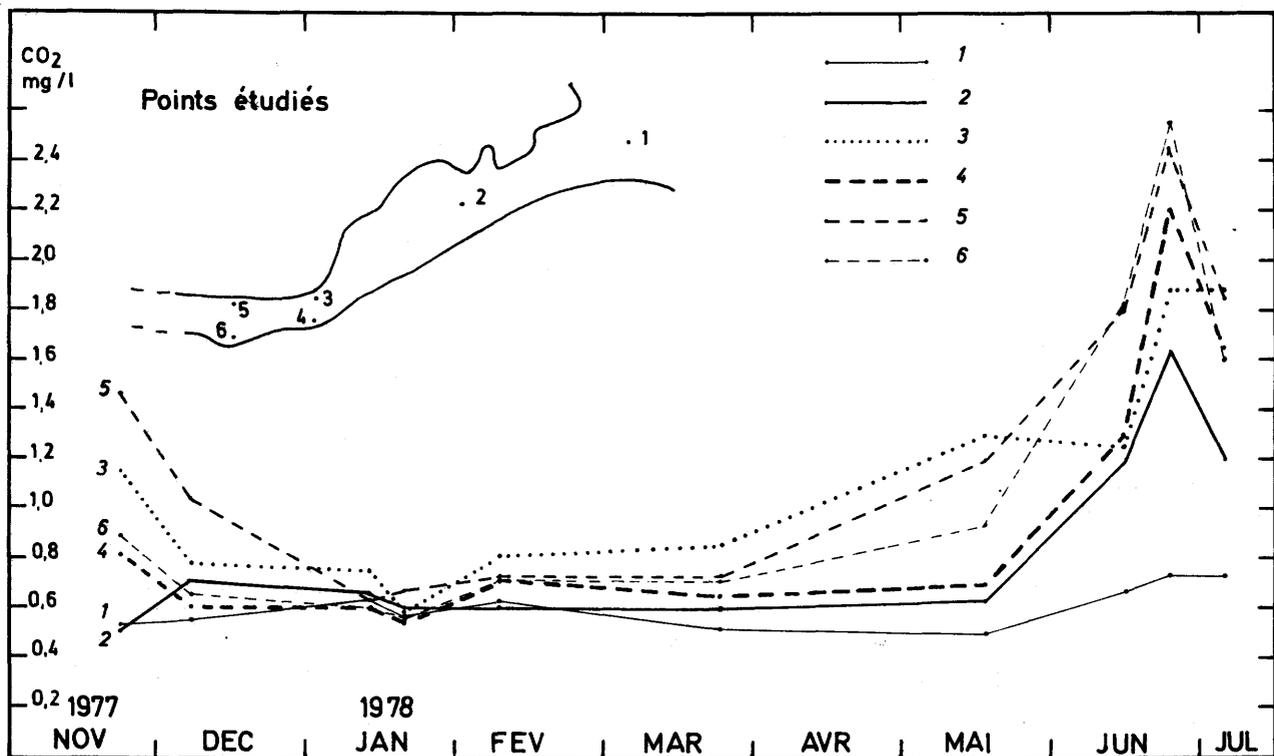


Figure 13.- Le Trou Joney. Variations de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'air aux six points de prélèvement les plus proches de l'entrée de la grotte. Le point 1 est à l'extérieur de la grotte.

## DISCUSSION

M.Y. CALLOT :

Avez-vous observé des variations de teneur en  $\text{CO}_2$  suivant les types de temps ?

M.C. EK :

Non. Les séances d'analyses n'ont pu être exécutées suffisamment souvent pour ce type d'observation. Il doit certainement y avoir des variations de la teneur de l'air en  $\text{CO}_2$  suivant le type de temps, mais ces variations nous paraissent, à la lumière d'une douzaine de séances de mesures, rester dans des limites qui n'empêchent pas de noter le rythme saisonnier.

Dans les eaux, par contre, les centaines d'analyses effectuées pour notre thèse de doctorat avaient montré l'importance des types de temps, y compris pour les teneurs en  $\text{CO}_2$  (voir C. EK, 1968, p. 76; 1973, p. 28 et 1976, p. 154).

Miss M. SWEETING :

Quelles sont les teneurs en  $\text{CO}_2$  dans les petites fissures, et y observez-vous des variations ?

M.C. EK :

Les teneurs en  $\text{CO}_2$  dans les fissures sont généralement beaucoup plus fortes que dans les sections plus larges (couloirs et salles). Nous avons déjà mesuré dans des fissures des teneurs dépassant 10 mg/l, soit près de 20 fois la teneur normale à l'air libre (C. EK, F. DELECOUR & F. WEISSEN, 1968). Nos mesures en série, l'année dernière, nous ont souvent montré des teneurs dépassant 4 mg/l. Nous lions évidemment ces observations au rythme saisonnier de l'activité de la végétation. Nous avons fait une observation très comparable au Québec, où il nous paraît clair que c'est surtout la chute des teneurs dans les fissures qui caractérise le long et rude hiver.

**OUVRAGES CITES DANS LA DISCUSSION**

- EK, C., 1968. La teneur en Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> et en CO<sub>2</sub> des eaux des grottes belges. Actes du IVe Congrès international de Spéléologie en Yougoslavie, III : 75-77.
- EK, C., 1973. Analyses d'eaux des calcaires paléozoïques de la Belgique. Service géologique de Belgique. Professional Paper 18 : 1-33.
- EK, C., 1976. Les phénomènes karstiques (pp. 137-157) in : Géomorphologie de la Belgique. Hommage au Professeur P. MACAR, ouvrage coordonné par A. PISSART, 225 pp.
- 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.

**BIBLIOGRAPHIE**

- DELECOUR, F., 1965. Détermination des activités biologiques par la méthode de KOEPF. Standardisation et essai de la technique de dosage de CO<sub>2</sub>. Note de Recherches n° 2. Centre d'Ecopédologie forestière, Gembloux.
- DELECOUR, F., EK, C. & WEISSEN, F., 1968. An electrolytic field device for the titration of CO<sub>2</sub> in air. Nat. Speleol. Soc. Bull., 30 : 131-136.
- EK, C., 1969. L'effet de la loi de Henry sur la dissolution du CO<sub>2</sub> dans les eaux naturelles. Problems of the karst denudation, Brno : 53-56.
- 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. Ann. Spéléol., 23 : 243-257.
- EK, C., GILEWSKA, S., KASZOWSKI, L., KOBYLECKI, A., OLEKSYNOWA, K. & OLEKSYNOWNA, B., 1969. Some analyses of the CO<sub>2</sub> content of the air in five Polish caves. Zeitschrift für Geomorphologie, 13 : 267-286.
- FRAIPONT, C. & LECLERCQ, S., 1925. Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique tenue à Liège du 2 au 4 août 1925. Ann. Soc. géol. Belgique, 48 : B 323-349.
- HILGER, F., 1963. Activité respiratoire de sols équatoriaux. Application de la méthode respirométrique in situ. Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux, 31 : 154-182.
- KOEPF, H., 1952. Laufende Messung der Bodenatmung im Freiland. Landw. Forsch., 4 : 186-194.
- LECLERCQ, S., 1925. Sur un poudingue de grotte. Ann. Soc. géol. Belgique, 48 : B 314-318.