

## **NOTICE TECHNIQUE**

# **Mesure *in situ* du dégagement de gaz carbonique des sols à l'aide de l'ampoule de Koepf.**

par

**G. BACHELIER \***

### **1 - Diversité des techniques de mesure *in situ* du dégagement de gaz carbonique des sols**

Dans le cadre de l'étude de l'activité biologique globale des sols, la mesure *in situ* du dégagement de gaz carbonique et l'étude de ses variations, tant journalières que saisonnières, s'est considérablement développée au cours de ces dernières années.

Un appareil enregistreur à absorption d'infra-rouge, qui permet de suivre d'une manière continue la teneur en CO<sub>2</sub> d'une atmosphère, est certainement très utile, et KOEPF lui-même a été amené à l'utiliser (KOEPF, 1953), mais cet appareil n'est guère mobile et doit être relié aux cloches de capture des gaz, ce qui rend son installation coûteuse et son usage limité. Toutefois, inclus dans un grand ensemble électronique d'enregistrement automatique des diverses caractéristiques climatiques du sol, il a permis à la Station de Climatologie des Végétaux de Dahlem, près de Berlin, d'obtenir des résultats tout à fait remarquables et précis sur la dynamique annuelle de la respiration du sol et de son atmosphère superficielle sous culture (TAMM et KRZYSCH 1965 ; TAMM, KRZYSCH et FUNKE 1965 ; KRZYSCH 1965).

Avec un appareillage plus simple et moins onéreux, la plupart des chercheurs se contentent habituellement de mesures discontinues.

Trois méthodes principales ont été jusqu'ici utilisées (MINA, 1962) :

1 - La fixation directe par la potasse du CO<sub>2</sub> dégagé par le sol à l'intérieur d'une cloche de capture des gaz.

2 - La méthode de la circulation d'air, qui consiste à faire passer lentement un courant d'air à travers une cloche de capture, dont la pression interne ne doit pas être modifiée. Le CO<sub>2</sub> dégagé par le sol et entraîné par cette circulation d'air est capturé à la sortie dans un barboteur à potasse ou à baryte. La différence avec le témoin (CO<sub>2</sub> d'un même volume d'air non enrichi) donne le CO<sub>2</sub> dégagé par le sol pendant le temps de la mesure.

---

\* Maître de Recherches O.R.S.T.O.M. Services Scientifiques Centraux, 93. Bondy.

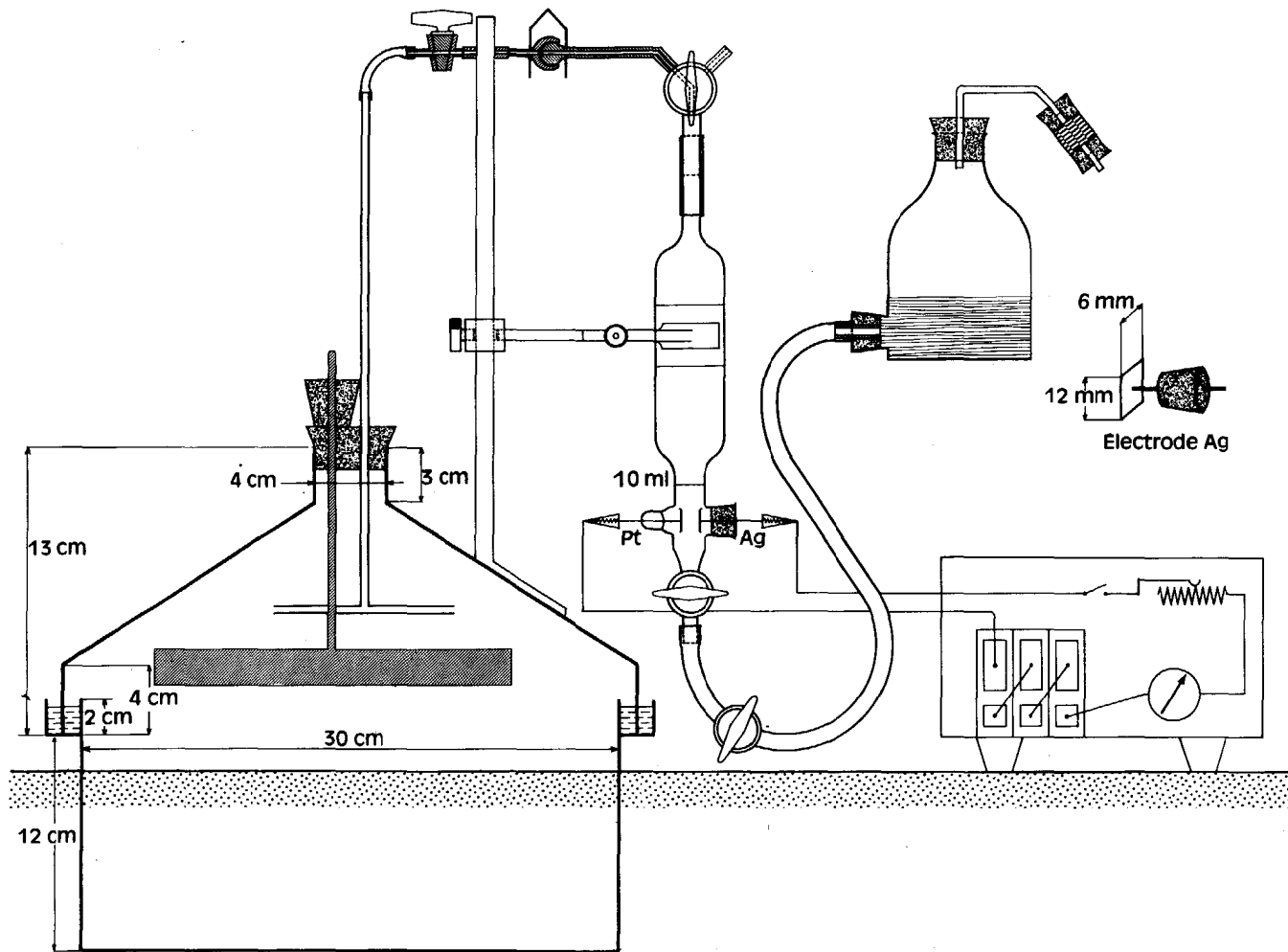


Schéma de l'installation destinée à la mesure in situ du dégagement de CO<sub>2</sub> du sol par l'ampoule de Koepp

3 - La méthode de l'enrichissement en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère de la cloche de capture, avec prélèvement d'une fraction de cette atmosphère et dosage de sa teneur en gaz carbonique.

Le prélèvement s'effectue soit à l'aide d'un flacon, où l'on a au préalable fait le vide (ou que l'on remplit par le jeu d'un flacon à niveau), soit à l'aide d'un sac en caoutchouc inclus dans un récipient à dépression.

Le dosage du CO<sub>2</sub> est rarement effectué par micro-analyse manométrique (YAMANE, 1961) mais plus habituellement par barbotage dans une solution de potasse ou de baryte.

Une technique pratique consiste à effectuer le prélèvement de gaz dans une ampoule, où l'on peut effectuer secondairement l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium. La soude alors libérée neutralise, tout en le dosant, le CO<sub>2</sub> du prélèvement. Il s'agit là de l'ampoule à électrolyse de KOEPF (1952) réutilisée récemment par HILGER (1963), par DELECOUR (1965) et aujourd'hui par nous-même.

## 2 - Appareillage

Comme on peut le voir sur le schéma, l'appareillage se compose :

- d'un cylindre métallique qu'on enfonce dans le sol,
- d'une cloche de capture des gaz,
- d'une ampoule à électrolyse munie d'un flacon à niveau,
- d'un circuit électrique d'alimentation.

Le cylindre est construit en tôle d'1 mm d'épaisseur.

La cloche est construite en plastique lucoflex. L'agitateur de la cloche est constitué par une baguette de verre maintenant une bande de lucoflex. Cette baguette est tournée à l'aide d'un simple bouchon de caoutchouc reposant, bien graissé, sur le bouchon de caoutchouc de la cloche.

L'ampoule décrite par KOEPF, et reprise par HILGER, possède à la cathode une électrode en platine où se dégage le sodium (qui, réagissant sur l'eau, donne de la soude avec un petit dégagement d'hydrogène), et à l'anode une électrode en platine recouverte d'un film d'argent où vient se bloquer le chlore sous forme de chlorure d'argent. Cette dernière électrode est décrite en platine et recouverte d'un film d'argent, vraisemblablement pour la raison que l'argent ne peut pas se souder directement au verre. Nous avons personnellement préféré adopter une électrode entièrement en argent traversant un bouchon caoutchouc, et donc enlevable, ce qui rend le rinçage de l'ampoule et le nettoyage de l'électrode bien plus aisés (cf. mode d'emploi). De plus, on évite que le film d'argent, venant à disparaître, le chlore ne se dégage alors sur le platine mis à nu, neutralisant la soude formée, détruisant la phénolphtaléine et faussant la mesure. L'électrode usée peut aussi être ainsi facilement remplacée.

Pour le circuit électrique, nous avons utilisé 3 piles de 4,5 V montées en série, un ampèremètre gradué de 0 à 3 mAmp et un potentiomètre bobiné de 5 000 ohms maximum et de puissance 5 W.

## 3 - Mode d'emploi

On place la cloche mobile sur le cylindre qui, lui, demeure en permanence dans le sol, et on assure l'étanchéité de l'ensemble par de l'eau versée dans la gouttière du cylindre. On ferme ensuite le robinet de la cloche.

Après le temps de mesure choisi (cf. Observations), on branche l'ampoule à la cloche par l'intermédiaire d'un raccord sphérique convenablement graissé. On remplit le flacon à niveau d'une solution de NaCl 0,1 n amenée à pH 9,1 par environ 3 ml de NaOH 0,1 n à 0,5 % de phénolphta-

léine (DELECOUR 1965). Il est à noter que la phénolphtaléine en milieu sodique s'altère après quelques jours.

On ouvre les robinets de l'ampoule et, en élevant le flacon à niveau, on remplit cette ampoule de la solution salée jusqu'à son robinet supérieur. On ferme alors ce dernier en mettant l'ampoule en communication avec le conduit de la cloche. Après brassage de l'air de la cloche, par l'intermédiaire de l'agitateur, on ouvre le robinet de la cloche et on abaisse le flacon à niveau, faisant ainsi descendre la solution salée jusqu'au repère 10 ml de l'ampoule. On ferme alors tous les robinets, en commençant par le robinet inférieur de l'ampoule, puis celui de la cloche, et enfin le robinet supérieur de l'ampoule. On sépare ensuite l'ampoule de la cloche et de son flacon à niveau.

L'ampoule ainsi isolée est retournée et agitée énergiquement plusieurs minutes (attention au maintien des robinets). Une fois l'ampoule remise en position normale, on en branche convenablement les électrodes au circuit électrique (électrode en platine au pôle - et électrode en argent au pôle +). On fait alors passer un courant d'intensité connue et maintenue constante jusqu'à recoloration de la solution. On retourne de nouveau l'ampoule pour l'agiter énergiquement et on recommence électrolyses et agitations jusqu'à recoloration stable de la solution. Un chronomètre cumulatif est très utile pour la lecture et l'addition des divers temps d'électrolyses.

Après trois ou quatre mesures, il est bon d'enlever l'électrode d'argent, noircie par le chlorure d'argent qui s'y est formé, et de laisser tremper cette électrode 10 minutes dans de l'ammoniaque pure, puis de bien la laver et rincer à l'eau distillée avant de la remettre en place, l'électrode ayant dû alors retrouver son éclat.

## 4 - Calculs

D'après la loi de l'équivalent électrochimique de FARADAY, la quantité de CO<sub>2</sub> (en mg) existant dans l'échantillon d'air prélevé est :

$$\text{mg CO}_2 = 0,456 \times 10^{-3} \times i \times t \quad (1)$$

$i$  étant l'intensité du courant d'électrolyse (en mAmp),  
 $t$  étant le temps de passage du courant (en secondes).

La cellule de titrage renfermant un échantillon de gaz de volume  $E$  ml, la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air analysé est :

$$\text{mg CO}_2 \text{ au litre} = \frac{0,456}{E} \times i \times t \quad (2)$$

Le CO<sub>2</sub> en mg s'échappant d'un mètre de carré de sol pendant une heure est :

$$\text{mg CO}_2 \text{ p. m}^2 \text{ et h} = (C - c) \times \frac{V}{1000} \times \frac{60}{T} \times \frac{10000}{S} \quad (3)$$

avec C teneur en CO<sub>2</sub> de l'air de la cloche (en mg/l) (cf.2),  
 c teneur en CO<sub>2</sub> de l'air atmosphérique (en mg/l) (cf.2),  
 V volume d'air emprisonné dans la cloche (en ml),  
 S surface de sol délimitée par le cylindre (en cm<sup>2</sup>),  
 T temps compris entre la mise en place de la cloche et le prélèvement de l'échantillon de gaz (en minutes).

Le remplacement des termes de l'expression (3) par leurs valeurs respectives permet une grande simplification de la formule.

## 5 - Observations

DELECOUR (1965) a montré que les mesures du dégagement de gaz carbonique par titrage électrolytique étaient reproductibles et du même ordre de grandeur que les mesures faites avec des absorbeurs à chaux sodée.

Le dégagement de gaz carbonique des sols étant à la fois fonction de leur teneur en matières organiques minéralisables et de leur température, il est impossible de fixer a priori, pour tous les sols et pour toutes les saisons, un temps de mesure identique.

D'après nos mesures, et pour autant que la teneur de l'air analysé ne dépasse pas 2,5 à 3 mg de CO<sub>2</sub> par litre, le dégagement de gaz carbonique par le sol s'effectue à vitesse constante, mais alors que l'été la teneur de 2,5 mg de CO<sub>2</sub> par litre peut être facilement atteinte et même dépassée en 20 minutes, elle peut demander en saison froide 3 heures ou plus pour être éventuellement atteinte. Un temps d'électrolyse de 3 minutes sous 3 mAmp apparaît comme un temps à ne pas dépasser.

HILGER (1963) indique une précision de plus ou moins 5 secondes pour un courant d'électrolyse de 2,3 mAmp. Etant donné à la fois le temps assez long de fixation du CO<sub>2</sub> et la difficulté de bien apprécier les faibles variations de teinte de la phénolphtaléine virant au rose, nous préférons admettre une précision de plus ou moins 10 secondes sous 3 mAmp, soit approximativement, avec notre appareillage, 0,1 mg de CO<sub>2</sub> par litre et une marge d'erreur de 4 à 10 %, selon l'importance du dégagement et la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air analysé.

## 6 - Bibliographie

- DELECOUR (F.) - 1965 - Détermination des activités biologiques par la méthode Koepf. Standardisation et essai de la technique de dosage de CO<sub>2</sub>. *Note technique du Centre d'écopédoologie forestière, Gembloux (Belgique)*, p.4
- HILGER (F.) - 1963 - Activité respiratoire de sols équatoriaux. Application de la méthode respirométrique *in situ*. *Bull. Inst. Agr. Stat. Rech. Gembloux*, XXXI, 2, 154-182.
- KOEPF (H.) - 1952 - Laufende Messung der Bodenatmung im Freiland. *Landw. Forschung*, 4, 3, 186-194.
- KOEPF (H.) - 1953 - Die Verwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers (URAS) für die kontinuierliche Registrierung der Bodenatmung im Freiland. *Landwirtsch. Forsch.*, 5, 1, 54-62.
- KRZYSCH (G.) - 1965 - Zur Dynamik der Bodenatmung während der Vegetationszeit. *Z. Acker-u. Pflanzenbau*, 122, 2, 108-140.
- MINA (V.N.) - 1962 - Comparison of methods for determining the intensity of soil respiration. *Soviet Soil Sci.*, 10, 1188-1196.
- TAMM (E.), KRZYSCH (G.) - 1965 - Zur Dynamik der Bodenatmung und des CO<sub>2</sub> - Gehaltes der bodennahen Luftschicht während der Vegetationsruhe. *Z. Acker-u. Pflanzenbau*, 122, 3, 209-224.
- TAMM (E.), KRZYSCH (G.), FUNKE (H.) - 1965 - Aufbau und Messtechnik der Pflanzenwetterstation in Berlin-Dahlem. *Z. Acker-u. Pflanzenbau*, 122, 4, 334-358.