

LA NOTION DE COEFFICIENT DE MINÉRALISATION DU CARBONE DANS LES SOLS

par

Y. DOMMARGUES

Directeur de recherches

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Le dégagement du gaz carbonique des sols présente un intérêt indiscutable, car « il semble entièrement dû à des activités biologiques » (1, 8, 9, 10). Sa mesure ne présente pas de difficulté particulière, mais son interprétation reste délicate. Pour la rendre plus aisée, nous proposons ici l'utilisation d'un coefficient, dont nous essaierons de montrer l'intérêt en donnant quelques exemples empruntés au domaine de l'agronomie et de la classification pédologique.

A. MÉTHODE

Pour le dosage du gaz carbonique, nous avons adopté, en la modifiant aussi peu que possible, la technique préconisée par BLACHÈRE (1). Elle présente, en effet, l'avantage de se prêter remarquablement à l'analyse de série et de ne nécessiter aucun appareillage coûteux.

1) Description de la technique

Chaque échantillon de 100 g du sol à étudier est mis dans un bocal à conserve de 1 litre, à fermeture canette hermétique, et amené à une humidité sensiblement égale à une fois et demi l'humidité équivalente. On place ensuite dans le fond du bocal, un tube de Borel ouvert (ou à défaut un bécher de 100 ml), contenant 10 à 50 ml de soude N/5 suivant l'importance du dégagement de CO_2 présumé. On ferme le bocal que l'on maintient à l'incubation à 30°C pendant sept jours exactement, en même temps que le bocal témoin ne contenant pas de sol, mais renfermant aussi un tube de Borel avec une quantité de soude N/5 égale à celle qui est utilisée dans le bocal contenant la terre. Comme les dosages doivent être exécutés en triple exemplaire, si on a n échantillons de terre à analyser, il faudra $(3n + 3)$ bocaux, les trois bocaux supplémentaires servant de témoins pour toute la série.

Au bout de sept jours, le dosage est effectué suivant la technique classique :

On verse dans chaque tube de Borel 5 ml de chlorure de baryum à 20 % ; on ajoute cinq gouttes de thymolphtaléine en solution à 1 % dans l'alcool et on fait écouler lentement l'HCl N/10 de la burette jusqu'à disparition de la couleur bleue.

Si Q_1 représente le nombre de ml d'HCl N/10 utilisés pour les bocaux témoins et Q_2 la quantité d'HCl N/10 utilisée pour les bocaux renfermant la terre humidifiée, le poids P en mg du CO_2 dégagé pour 100 g de sol est :

$$P = (Q_1 - Q_2) \times 2,2$$

puisque à 2,2 g de CO_2 correspond 1 ml d'HCl N/10.

Vol. XV, N° 1, 1960.

~~PÉDOLOGIE~~
SER. 60.1

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° 37050

Cote B

2) Vérification de la valeur de la méthode de dosage du CO₂

Le contrôle de la méthode a été effectué sur une série de vingt-quatre bocaux dont douze témoins. Au fond de chacun des douze premiers bocaux, on a étalé 50 mg de CO₃Ca et dressé le long de la paroi un tube à essai de 18 × 80 mm contenant une dizaine de ml d'acide sulfurique approximativement normal ; on a introduit ensuite les tubes de Borel contenant 25 ml de NaOH N/10, et, après avoir fermé hermétiquement les bocaux, on a renversé les tubes d'acide sulfurique sur le carbonate de calcium.

Les douze bocaux témoins ne contenaient que les tubes de Borel remplis de soude.

Les dosages effectués au bout de vingt-quatre heures ont donné les résultats suivants :

TABLEAU I
VOLUME D'ACIDE CHLORHYDRIQUE N/10 UTILISÉ

Bocaux témoins (aucun dégagement de CO ₂)	Bocaux avec CO ₃ Ca (dégagement de CO ₂)
23,6	13,7
24,1	13,5
23,8	13,2
24,0	13,5
24,2	13,7
24,0	14,5
24,1	13,8
24,0	14,8
24,1	12,6
24,0	14,0
24,2	14,8
24,1	14,7
moyenne Q ₁ = 24,02 ± 0,05	moyenne Q ₂ = 13,86 ± 0,18

Il en résulte que la quantité de gaz carbonique dégagé est : $(24,02 - 13,86) \times 2,2 = 22,35$ mg. Or la quantité de CO₂ dégagé théoriquement est de 22 mg. L'erreur est donc de 1,6 %. Elle est faible : aussi doit-on considérer comme satisfaisante cette méthode de dosage.

3) Influence de la quantité de sol utilisée

L'expérience de contrôle, dont les résultats figurent au tableau II, montre qu'il y a proportionnalité entre le poids de sol et la quantité de gaz carbonique dégagé, à condition de ne pas dépasser le poids de 150 g de sol pour les récipients utilisés qui, rappelons-le, ont une contenance de 1 litre. En fait, nous avons adopté uniformément le poids de 100 g pour les analyses de série.

TABLEAU II
INFLUENCE DE LA QUANTITÉ DE SOL INTRODUITE DANS UN BOCAL SUR LA QUANTITÉ DE CO₂ DÉGAGÉE

Quantité de sol introduite dans chaque bocal	CO ₂ dégagé en sept jours exprimé en mg par bocal
50 g	41,4
100 g	88,9
150 g	128,0
250 g	159,3
Erreur-type de la moyenne ± 2,3	

4) Périodicité des dosages

Afin de déterminer avec précision la quantité maximum de CO₂ susceptible d'être accumulée dans chaque bocal sans nuire aux phénomènes respiratoires, nous avons effectué l'expérience suivante :

Dans une série de bocaux, on a introduit 100 g de sable lavé,ensemencé avec 2 g de sol (sol hydromorphe de Darou), et humidifié avec 10 ml d'une solution minérale contenant 30 g de sulfate d'ammoniaque et 15 g de phosphate monopotassique par litre. On y a ajouté des doses croissantes de glucose et on a mesuré au bout de sept jours le dégagement de gaz carbonique (tableau III).

TABLEAU III

DÉGAGEMENT DE GAZ CARBONIQUE PROVENANT DE LA FERMENTATION PENDANT UNE SEMAINE DE QUANTITÉS CROISSANTES DE GLUCOSE *

Quantité de glucose introduite dans chaque bocal	Quantité de CO ₂ dégagé en mg	
	Chiffre brut	Chiffre rectifié compte tenu du témoin
0 mg (témoin)	1,1	
50	33,0	31,9
100	74,1	73,0
150	113,7	112,6
200	146,7	145,6
250	186,3	185,2
300	209,4	208,3
400	249,0	247,9
500	297,0	295,9

Ecart-type de la moyenne = ± 3,4

Le dégagement de CO₂ en sept jours reste proportionnel à la quantité de glucose introduite, tant que la quantité de CO₂ dégagée dans la semaine ne dépasse pas 180 mg par bocal de 1 litre. En fait, cette valeur critique n'est jamais atteinte dans le cas des sols normaux.

D'autres expériences, dont il n'est pas nécessaire de donner le détail ici, ont montré en outre que, dans ces conditions, la quantité de CO₂, déterminée par un seul dosage au septième jour, était identique, et même parfois un peu supérieure, à la quantité cumulée déterminée à partir de sept dosages quotidiens. Nous avons donc adopté le principe du dosage au septième jour.

Toutefois lorsqu'il s'agit d'échantillons enrichis en substances organiques, la valeur critique est parfois atteinte rapidement ; il est alors nécessaire de prévoir des dosages plus rapprochés, par exemple tous les deux jours ou même tous les jours.

5) Adjonction de sable aux échantillons de sol

L'adjonction au sol de sable lavé accroît le dégagement de CO₂ dans le cas des sols argileux. Bien que cette opération puisse être, sans doute, intéressante pour certaines études, nous ne l'avons pas adoptée pour nos analyses de série.

6) Caractère conventionnel de la méthode

La méthode de dosage de CO₂, comme celle du dosage de l'azote minéralisable (5) étant une méthode conventionnelle, il importe d'opérer toujours dans les mêmes conditions. Ces conditions décrites au § 1 ci-dessus, ont été respectées pour tous les dosages effectués depuis deux ans dans notre laboratoire.

* Les chiffres figurant au tableau III correspondent au dégagement de CO₂ observé au bout de sept jours. Le glucose n'ayant pas alors complètement disparu, il est bien évident que le dégagement de CO₂ aurait continué encore quelque temps après, si l'expérience avait été poursuivie.

B. DÉFINITION DU COEFFICIENT DE MINÉRALISATION DU CARBONE

Nous appelons coefficient de minéralisation du carbone, le pourcentage :

$$\frac{C - CO_2 \times 100}{C \text{ total}} \text{ ou en abrégé : } \frac{C - CO_2}{C}$$

où $C - CO_2$ représente la quantité exprimée en mg de carbone de gaz carbonique dégagé en sept jours pour un échantillon de 100 g de sol dans les conditions expérimentales que nous venons de définir,

où « C total » représente le carbone total déterminé par la méthode WALKLEY (2) et exprimé également en mg pour 100 g de sol.

C. EXEMPLES D'UTILISATION DU COEFFICIENT DE MINÉRALISATION DU CARBONE

Partant de l'hypothèse que la mesure de la fraction de carbone du sol, se minéralisant sous forme de CO_2 , pourrait permettre de caractériser les phénomènes de minéralisation de la matière organique, nous avons cherché à utiliser cette notion pour l'étude de différents problèmes agronomiques.

Les deux premiers exemples d'application, que nous proposons, ont trait à l'évolution de sols hydromorphes de bananeraie lors de l'application d'amendements ou de fumures organiques. Les dispositifs expérimentaux correspondants avaient été mis en place à la Station Centrale de l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (IFAC) à Foulaya en Guinée et ont déjà fait l'objet d'un rapport détaillé paru en 1958 (3).

L'accélération de la minéralisation de la matière organique sous l'influence d'amendements calciques et magnésiens est bien connue. Le premier essai nous a effectivement permis de vérifier et mesurer l'importance de ce processus, en déterminant le coefficient de minéralisation pour les quatre traitements suivants : amendement calcique, amendement magnésien, amendement calcique et magnésien, témoin. L'analyse statistique qui figure au tableau IV met en évidence l'influence remarquable des trois types d'amendements sur le coefficient de minéralisation du carbone, qui passe de 1,21 dans le témoin à 2,24 et plus dans les parcelles amendées.

TABLEAU IV

INFLUENCE D'AMENDEMENTS CALCIQUES, MAGNÉSIENS ET CALCO-MAGNÉSIENS SUR LE COEFFICIENT DE MINÉRALISATION D'UN SOL HYDROMORPHE DE BANANERAIE GUINÉENNE (FOULAYA, mars 1957)

Traitement	Dégagement de CO_2 exprimé		Teneur en carbone pour mille	$\frac{C - CO_2}{C}$	pH
	en CO_2	en C			
Amendement calcique	240	65,5	27,4	2,39	6,90
Amendement magnésien	199	54,3	23,5	2,31	7,72
Amendement calco-magnésien	213	58,1	25,9	2,24	7,60
Témoin	116	31,6	26,1	1,21	4,50
P. P. D. S. 0,05	50	13,6	7,2	0,82	0,40

Si l'action des amendements est relativement facile à analyser, même sans le secours de coefficient de minéralisation, il n'en est pas de même pour l'étude de l'influence du compostage et du paillis qui fait l'objet du deuxième essai examiné ici.

TABLEAU V

INFLUENCE DE TROIS TYPES DE FUMURES ORGANIQUES SUR LE COEFFICIENT DE MINÉRALISATION
D'UN SOL HYDROMORPHE DE BANANERAIE GUINÉENNE (FOULAYA, mars 1957)

Traitement	Dégagement de CO ₂ exprimé		Teneur en carbone p. mille	C — CO ₂ C	Teneur en azote p. mille	C/N	pH
	en CO ₂	en C					
Paillage	155	42,3	24,6	1,72	1,68	14,6	6,16
Compostage	88	23,9	26,4	0,91	1,80	14,7	5,26
Paillage + compostage	127	34,6	28,2	1,23	1,91	14,8	5,76
Témoin	89	24,3	21,2	1,15	1,48	14,3	5,90
P. P. D. S. 0,05	30	8,2	2,5	0,82	0,10	—	0,38

Il est, en effet, impossible dans ce cas de se baser sur le rapport C/N ou sur les chiffres bruts de dégagement de CO₂ ou de teneur en C organique pour établir un classement correct des quatre traitements étudiés. Par contre, le coefficient de minéralisation met très nettement en évidence une baisse (de 1,15 à 0,91) du taux de minéralisation à la suite du compostage, et inversement un accroissement significatif (de 1,15 à 1,72) de ce taux avec le paillis ; le traitement mixte (paillage + compostage) fournit une matière organique dont les caractéristiques sont intermédiaires (1,23).

Le troisième exemple est emprunté à une étude d'assolement effectuée dans un sol hydromorphe du Sénégal (7). Il résulte de cet essai que la jachère et l'engrais vert entraînent un ralentissement des phénomènes de minéralisation, signalé par une chute du coefficient de 3,93 à 1,45 et 1,92 allant de pair avec une diminution spectaculaire du rendement en sorgho.

TABLEAU VI

INFLUENCE DE LA JACHÈRE ET DE L'ENGRAIS VERT SUR LE COEFFICIENT DE MINÉRALISATION
DU CARBONE DANS UN SOL HYDROMORPHE DU SÉNÉGAL (DAROU, octobre 1957)

Assolement	Dégagement de CO ₂ exprimé		Teneur en carbone p. mille	C — CO ₂ C	pH	Rendement en kg de sorgho par ha
	en CO ₂	en C				
Sorgho après jachère	31	8,4	4,38	1,92	6,4	492
Sorgho après engrais vert	20	5,4	3,72	1,45	6,0	907
Sorgho après arachide	53	14,4	3,66	3,93	6,5	2.080

Il faut remarquer, à ce propos, que le ralentissement des phénomènes de minéralisation, qui s'est avéré préjudiciable dans le cas cité ci-dessus, peut et doit au contraire être recherché dans des sols à minéralisation trop active. Il existerait, en fait, pour chaque type de sol et chaque type de culture un **taux de minéralisation optimum** permettant des rendements maximum sans nuire au maintien du potentiel de fertilité.

Les trois exemples ci-dessus prouvent que le coefficient de minéralisation est susceptible de rendre certains services en agronomie.

Nous avons pu envisager tout dernièrement l'application de cette notion à la caractérisation des types pédologiques (4). Le coefficient varie en effet dans des limites assez larges ; il oscille entre 10 et 0,3 dans les différents sols, que nous avons étudiés jusqu'à présent.

Des coefficients élevés (4 à 10) ont été rencontrés dans les sols minéraux bruts ou peu évolués de la presqu'île du Cap Vert et les sols bruns subarides (steppiques) de Mauritanie. Les chiffres les plus

bas (inférieurs à 0,5) ont été trouvés dans des sols à hydromorphie très prononcée — ce qui y explique bien l'accumulation de matière organique — et dans des sols salés. Entre ces deux extrêmes, se placent la plupart des sols Dior ou sols ferrugineux tropicaux non lessivés du Sénégal (0,8 à 2).

D. CONCLUSION

CARACTÉRISATION DES PHÉNOMÈNES DE MINÉRALISATION DANS LES SOLS

Pour étudier les phénomènes de minéralisation dans les sols, l'agrobiologiste doit tout d'abord déterminer la valeur de deux caractéristiques essentielles :

- 1) le coefficient de minéralisation du carbone,
- 2) le coefficient de minéralisation de l'azote.

Nous ne reviendrons pas sur le premier coefficient puisque nous venons de l'examiner longuement.

Quant au deuxième, nous rappellerons simplement qu'il correspond au pourcentage d'azote se minéralisant après une incubation de vingt-huit jours à 30° C (5. 6).

Bien que ces deux coefficients soient entachés d'un caractère artificiel et conventionnel et qu'ils ne donnent des phénomènes de minéralisation qu'une image globale, ils n'en sont pas moins très pratiques, car ils permettent de se faire rapidement une idée assez précise du métabolisme du carbone et de l'azote dans le sol.

Notons enfin que certaines interprétations peuvent être facilitées par l'emploi du rapport $\frac{\text{carbone minéralisable}}{\text{azote minéralisable}}$, car il est susceptible de donner des résultats plus nuancés que le classique rapport C/N.

Centre de pédologie de Hann Dakar.

RÉSUMÉ. — *Le coefficient de minéralisation du carbone dans le sol est défini comme étant le pourcentage de carbone minéralisable sous forme de CO₂ dans des conditions bien déterminées.*

Après avoir décrit les techniques de mesure de dégagement de CO₂, l'auteur donne quelques exemples d'application de la notion de coefficient de minéralisation dans le domaine de l'agronomie et de la classification pédologique.

SUMMARY. — *Mineralization factor of carbon in the soil is defined as the percentage of mineralizable carbon in the form of CO₂ under well determined conditions.*

After describing all the techniques to measure CO₂ release, the author gives a few examples of application of the notion of mineralization factor in the field of Agronomy and pedological Classification.

RESUMEN. — *Definiese el coeficiente de mineralización del carbono en el suelo como el porcentaje de carbono mineralizable en forma de CO₂ en condiciones bien determinadas.*

Después de describir las técnicas de medida del desprendimiento de CO₂, el autor da algunos ejemplos de la noción de coeficiente de mineralización en el campo agronómico y de clasificación pedológica.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BLACHÈRE (H.), VILLECOURT (P.), 1956. — Etude de l'absorption d'oxygène par les sols. Comptes rendus du VI^e Congrès international de la Science du Sol, vol. A, p. 230.
- 2) BRUNEL (A.), 1948. — Traité Pratique de Chimie Végétale. Georges frères, Tourcoing.
- 3) CHAMPION (J.), DUGAIN (F.), MAIGNIEN (R.), DOMMERGUES (Y.), 1958. — Les sols de bananeraie et leur amélioration en Guinée. *Fruits*, 13, 9-10, p. 415-62.
- 4) DOMMERGUES (Y.), 1959. — Un exemple d'utilisation des techniques biologiques dans la caractérisation des types pédologiques. *L'Agronomie Tropicale*, 1960 (janv.-févr.) p. 61-72.
- 5) DROUINEAU (G.), LEFEVRE (G.), 1949. — Première contribution à l'étude de l'azote minéralisable dans les sols. *Ann. agronomiques*, 19, p. 518-36.
- 6) HARMSSEN (G. W.), VAN SCHREVEN (D. A.), 1955. — Mineralisation of organic nitrogen in soil. *Advances in agronomy*, VII, p. 299.
- 7) INSTITUT DE RECHERCHES POUR LES HUILES ET OLÉAGINEUX. — Rapport annuel 1957, p. 37.
- 8) MOUREAUX (Cl.), 1957. — Tests biochimiques de l'activité biologique de quelques sols malgaches. *Mém. Inst. Sci. Madag.* série D, VIII, p. 225-41.
- 9) POCHON (J.), DE BARJAC (H.), 1958. — Traité de microbiologie des Sols. Masson, Paris.
- 10) WAKSMANN (S. A.), 1952. — Soil Microbiology. J. Wiley and Sons, New-York.

