

Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme

*M. Giroux¹ et P. Audesse¹

Résumé, *M. Giroux¹ et P. Audesse¹. **Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. *Agrosol. 15 (2) : 107-110.*** Une expérience a été réalisée afin de comparer les teneurs en carbone organique, en azote total et le rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme selon deux méthodes d'analyse. Onze produits organiques (boues de papeteries, engrais de ferme, compost et sciure de bois) ont été analysés avec un appareil CNS Carlo Erba. Le carbone a aussi été évalué à partir de la relation avec la matière organique en utilisant un facteur de 2,0 et de 1,724. La proportion du carbone dans la matière organique des produits organiques a été déterminée par le rapport M. O./C. Ce rapport est en moyenne de 2,01 avec des valeurs minimales et maximales de 1,93 et 2,05. Le facteur 2,0 est plus approprié que le facteur 1,724 pour évaluer le contenu en C des engrais et amendements organiques à partir de leur teneur en M. O. La teneur en carbone organique et le rapport C/N sont correctement déterminés avec le facteur 2,0 mais nettement surévalués avec le facteur 1,724. Les teneurs en N total des produits déterminées avec l'appareil CNS ont été comparées avec celles obtenues par la méthode Kjeldahl (NTK). Les teneurs en N total-Kjeldahl sont légèrement plus faibles que celles de N total-CNS, en moyenne de 0,18 %.

Mots clés : Carbone organique, azote total, matière organique, amendements organiques, rapport C/N, proportion de carbone des amendements organiques.

Abstract, *M. Giroux¹ and P. Audesse¹. **Comparison of two methods for the determination of organic carbon, total nitrogen and C/N ratio of different organic amendments and manures. *Agrosol. 15 (2) : 107-110.*** An experiment was carried out to compare organic carbon, total nitrogen and C/N ratio of some organic amendments and manures by two analytical methods. Eleven organic materials (paper mill sludges, manures, compost and saw dust) were analysed on a CNS Carlo Erba. Carbon content was also evaluated from organic matter using 2.0 and 1.724 as proportion factor of C. The proportion of carbon in the organic matter was determined by the O.M./C ratio. This ratio average 2.01 with a minimum of 1.93 and a maximum of 2.05. A factor of 2.0 seem to be more appropriate than 1.724 to evaluate C of organic materials calculated from their O.M. content. The organic carbon and C/N ratio of organic materials are correctly determined by the 2.0 factor but strongly over-estimated by the 1.724 factor. Total N, determined by CNS method, were compared with total N determined by Kjeldahl method. Total N contents measured by the Kjeldahl method were 0.18% lower on the average compared to values obtained by the CNS method.

Key words: Organic carbon, total nitrogen, organic matter, organic amendments, C/N ratio, carbon proportion of organic amendments.

Introduction

Les teneurs en carbone organique, en azote total et le rapport C/N des engrais et amendements organiques sont des facteurs très importants à considérer dans

leur gestion agronomique et environnementale. L'efficacité fertilisante, la minéralisation ou l'immobilisation de l'azote et le bilan humique des sols sont liés à ces facteurs (CRAAQ, 2003). Au Québec, on considère également le rapport C/N des

engrais et amendements organiques dans les restrictions d'épandage en post-récolte pour des raisons environnementales liées principalement à la libération de l'azote minéral. Il faut donc s'assurer d'avoir des résultats fiables de ces paramètres.

1. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8, Canada

*Auteur pour la correspondance : téléphone (418) 644-6838, télécopieur : (418) 644-6855, Courriel : marcel.giroux@irda.qc.ca

Actuellement, la technique la plus répandue pour évaluer la teneur en carbone des engrais et des amendements organiques consiste à déterminer leur teneur en matière organique (M. O.) par perte au feu et d'appliquer un facteur de proportion du carbone correspondant au rapport M. O./C. Les facteurs les plus souvent utilisés sont 1,724 et 2,0, selon les laboratoires et selon la nature des produits. Le facteur 1,724 provient des études réalisées sur la matière organique des sols. Selon Allison (1965), cette valeur constitue une approximation de la proportion du C dans la M. O. des sols et ce facteur est assez variable d'un sol à l'autre. Les travaux de Broadbent (1953) indiquent qu'un facteur de 1,9 serait plus approprié pour évaluer le carbone dans la couche arable. L'extrapolation du facteur 1,724 à d'autres produits organiques n'a pas fait l'objet de validation préalable. Pour les composts, le facteur recommandé est de 2,0. Il a été déterminé lors de l'élaboration de la norme nationale du Canada sur les composts. (BNQ, 1996). L'incertitude sur le facteur à utiliser persiste particulièrement pour les engrais de ferme et les matières résiduelles fertilisantes. Il importe donc de mesurer les teneurs en carbone et en matière organique des engrais et des amendements organiques afin de déterminer le facteur de proportion du carbone le plus près de la réalité. Ce facteur peut être établi par la détermination directe du carbone avec un appareil CNS et de la matière organique par perte au feu. Connaissant le carbone et la matière organique, on peut déterminer le facteur de proportion du C en calculant le rapport M. O./C.

En ce qui concerne l'azote total, la technique de détermination la plus répandue est actuellement la méthode Kjeldahl (Bremner, 1965). Dans le futur, de plus en plus d'analyses d'azote vont être effectuées directement sur des appareils du type CNS, fournissant rapidement et sans usage de réactifs chimiques, à la fois les teneurs en carbone organique et en azote total. Il faut s'assurer que les procédures de dosage fournissent des résultats identiques.

Matériel et méthodes

Afin d'établir le facteur de proportion du C le plus approprié aux engrais et amendements organiques, nous avons mesuré le rapport M. O./C de onze produits organiques (boues de papetières, fumiers, lisiers, composts et sciure de bois) à partir de la détermination directe du carbone faite par techniques de combustion sur un appareil CNS de marque Carbo Erba. Il comporte une chambre de combustion couplée à un chromatographe en phase gazeuse. Un échantillon des produits à analyser, préalablement séché et pesé, est mis à calciner; le carbone organique est alors transformé en monoxyde et en bioxyde de carbone. Ces gaz sont dosés par le chromatographe. On détermine la teneur en carbone organique de l'échantillon par la quantité de carbone dans les gaz émis. La détermination de la matière organique des engrais et amendements a été faite par combustion d'un échantillon préalablement séché et pesé dans un four à 500 ° C pendant 12 heures (CPVQ, 1993). Le pourcentage de cendres de l'échantillon est mesuré. La matière organique est calculée par différence : 100 - % cendres.

Nous avons comparé les teneurs en N total-Kjeldahl (NTK) avec les teneurs en N total-CNS dans les onze engrais et amendements organiques étudiés. Tous les résultats analytiques de cette étude

sont exprimés sur une base de matière sèche. Ceci est nécessaire pour uniformiser les calculs du rapport C/N. Pour convertir les analyses de N total d'une base humide en base sèche, la formule suivante a été utilisée :

$$N \text{ total (\% b.s.)} = N \text{ total (\% b.h)} \times 100 / \% M. S.$$

Résultats

Le tableau 1 présente le facteur de proportion du carbone obtenu du rapport M. O./C pour les onze engrais et amendements organiques à l'étude. Le rapport M. O./C moyen est de 2,01 (tableau 1). Le facteur de proportion du carbone varie relativement peu entre les divers produits, soit de 1,93 à 2,05. Si on veut évaluer la teneur en carbone des engrais ou des amendements organiques à partir de leur teneur en matière organique, le facteur de 2,0 est plus approprié que le facteur 1,724. Un facteur 2,0 signifie que la matière organique d'un produit est constituée de 50 % de carbone, ce qui est très près des valeurs réelles, alors que le facteur 1,724 correspond à une proportion de 58 %, loin de la réalité.

Nous avons évalué les teneurs en carbone et les rapports C/N des onze engrais et amendements organiques à partir de leur teneur en M. O. avec un facteur 2,0 et 1,724 respectivement et nous avons

Tableau 1. Relation entre la matière organique obtenue par perte au feu et la teneur en carbone mesurée dans divers engrais et amendements organiques.

Type d'engrais	M. O.	C (CNS)	Proportion du C M.O./C
	(perte au feu)		
	------(%)-----		
Boues de papetières	88,4	43,1	2,05
Boues de papetières	92,1	45,2	2,04
Boues de papetières	93,9	47,5	1,98
Boues de papetières	97,9	48,0	2,04
Fumier de poules	83,6	40,5	2,06
Fumier de poules	83,7	41,9	1,99
Fumier de bovins laitiers	77,6	40,2	1,93
Lisier de porcs	77,3	39,2	1,97
Lisier de bovins laitiers	78,8	39,6	1,97
Compost	93,9	46,3	2,03
Sciure de bois	99,2	48,3	2,05
Moyenne	87,9	43,6	2,01

comparé avec les valeurs de référence mesurées en laboratoire avec l'appareil CNS (tableau 2). Les teneurs en carbone évaluées à partir de la M. O. en considérant un facteur 2,0 se rapprochent davantage des valeurs de référence que les teneurs évaluées avec un facteur 1,724. En moyenne, les engrais et amendements avaient une teneur en carbone de 43,6 %, mesurée avec l'appareil CNS. L'évaluation du carbone à partir de la M. O. montre une teneur moyenne de

43,5 % avec un facteur 2,0 et de 51,0 % avec un facteur 1,724, soit 7,4 % plus de carbone que la valeur de référence. Cet écart dans la détermination de la teneur en carbone des engrais et amendements organiques, en utilisant un facteur de proportion erroné de 1,724, a des incidences considérables dans le calcul du rapport C/N des produits. Il en résulte également une surestimation importante des entrées de carbone dans les sols. L'évaluation du rapport C/N faite à partir

de la M. O., en utilisant un facteur 2,0, a fourni des résultats très comparables aux valeurs de référence mesurées en laboratoire. C'est loin d'être le cas lorsqu'on utilise un facteur 1,724. Les rapports C/N calculés avec le facteur 1,724 sont beaucoup plus élevés que ceux calculés avec les valeurs de référence (tableau 2).

Nous avons également comparé l'azote total déterminé à l'aide de l'appareil CNS avec celui obtenu par digestion Kjeldahl (tableau 3). Les teneurs en N total-Kjeldahl sont légèrement plus faibles que celles de N total-CNS. La différence moyenne entre les deux procédures de dosage est de 0,18 % N. Il est possible qu'une faible fraction de l'azote organique ne soit pas minéralisée par la procédure Kjeldahl. Ceci a comme conséquence de sous-estimer légèrement l'azote total et d'affecter sensiblement à la hausse le calcul du rapport C/N avec la méthode Kjeldahl. Les résultats demeurent toutefois comparables.

Tableau 2. Comparaison des teneurs en carbone et des rapports C/N de divers engrais et amendements organiques selon les procédures analytiques utilisées.

Type de produits	M. O.	C ₍₁₎	C ₍₂₎	C ₍₃₎	C/N ₍₁₎	C/N ₍₂₎	C/N ₍₃₎
	------(%)-----						
Boues de papetières	88,4	43,1	44,2	51,3	8,3	8,5	9,9
Boues de papetières	92,1	45,2	46,1	53,4	21,2	21,6	25,1
Boues de papetières	93,9	47,5	47,0	54,5	19,7	19,5	22,6
Boues de papetières	97,9	48,0	49,0	56,8	18,5	18,8	21,8
Fumier de poules	83,6	40,5	41,8	48,5	10,0	10,3	11,9
Fumier de poules	83,7	41,9	41,9	48,5	11,0	11,0	12,8
Fumier de bovins laitiers	77,6	40,2	38,8	45,0	15,1	14,6	16,9
Lisier de porcs	77,3	39,2	38,7	44,8	3,6	3,6	4,1
Lisier de bovins laitiers	78,8	39,6	39,4	45,7	9,0	8,9	10,4
Compost	93,9	46,3	47,0	54,5	46,3	47,0	54,5
Sciure de bois	99,2	48,3	49,6	57,5	483	496	575
Moyenne	87,9	43,6	43,5	51,0			

1 : teneur en carbone mesurée en laboratoire sur l'appareil CNS (valeur de référence).

2 : teneur en carbone évaluée à partir de la matière organique avec un facteur 2,00.

3 : teneur en carbone évaluée à partir de la matière organique avec un facteur 1,724.

Remarque : Les rapports C/N ont été établis en utilisant la teneur en azote total Kjeldahl (NTK).

Tableau 3. Comparaison des teneurs en azote total et des rapports C/N de divers engrais et amendements organiques selon les procédures analytiques utilisées.

Type d'engrais	N total-Kjeldahl	N total-CNS	C/N ₍₁₎	C/N ₍₂₎
	------(%)-----			
Boues de papetières	5,18	5,30	8,3	8,1
Boues de papetières	2,13	2,60	21,2	17,3
Boues de papetières	2,41	2,70	19,7	17,6
Boues de papetières	2,60	2,80	18,5	17,1
Fumier de poules	4,07	4,30	10,0	9,4
Fumier de poules	3,80	3,90	11,0	10,7
Fumier de bovins laitiers	2,66	2,72	15,1	14,8
Lisier de porcs	10,88	11,25	3,6	3,5
Lisier de bovins laitiers	4,41	4,60	9,0	8,6
Compost	1,00	0,99	46,3	46,8
Sciure de bois	0,10	0,10	483	483
Moyenne	3,57	3,75		

1. Le rapport C/N a été calculé en prenant le carbone dosé au CNS et l'azote NTK.

2. Le rapport C/N a été calculé en prenant le carbone et l'azote dosés au CNS.

Conclusion

L'évaluation des teneurs en carbone des engrais et des amendements organiques peut se faire avec une bonne précision à partir de la détermination de la matière organique par perte au feu à condition d'utiliser le bon facteur de proportion du carbone. Le rapport moyen (M. O./C) des divers produits analysés est de 2,01. Le facteur 1,724, souvent utilisé, surestime de façon importante la teneur en carbone et par le fait même le rapport C/N des engrais et amendements organiques. La précision analytique a été bonne pour tous les engrais et amendements organiques analysés en utilisant un facteur de 2,0. La méthode de détermination de l'azote total affecte aussi les résultats. Les teneurs en N total-Kjeldahl sont légèrement plus faibles que celles mesurées au CNS. Les rapports C/N obtenus par la méthode Kjeldahl sont alors légèrement plus élevés que ceux mesurés au CNS mais dans l'ensemble les résultats sont comparables.

Références bibliographiques

- Allison, L.E. 1965. Organic carbon. Dans :
Methods of soil analysis, 2^e partie. Am.
Soc. Agron. Madison, Wisconsin. Pages
1367-1378.
- BNQ. (1996). Norme nationale du Canada.
Amendements organiques-Composts.
Bureau de normalisation du Québec.
Norme CAN/BNQ 0413-200. 29 pages.
- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. Dans :
Methods of soil analysis, 2^e partie. Am Soc.
Agron. Madison, Wisconsin. Pages 1149-
1178.
- Broadbent, F.E. 1953. The soil organic frac-
tion. *Advan. Agron.* 5 :153-183.
- CPVQ. 1993. Méthodes d'analyse des sols, des
fumiers et des tissus végétaux. Conseil des
productions végétales du Québec. Agdex
533.
- CRAAQ. 2003. Guide de référence en
fertilisation. 1^{ère} éd. Centre de référence
en agriculture et agroalimentaire du
Québec. 296 pages.
- Tabatabai, M.A. et J.M. Bremner. 1991. Auto-
mated instruments for determination of
total carbon, nitrogen and sulphur in soils
by combustion techniques. Dans : *Soil
analysis modern instrumental tech-
niques*. M. Dekker ed. New York. Pages
261-286.