

Minéralisation de l'azote et du phosphore dans les sols organiques

Frédérique Duguet, agr.
Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval

Les sols organiques occupent 10 % de la surface totale du Canada, soit 927 100 km². Environ 60 % de ces sols organiques sont des pergélisols, c'est-à-dire des sols gelés en permanence et non productifs. Dans les comtés de Châteauguay, d'Huntingdon et de Napierville, en Montérégie, les sols organiques profonds (plus de 1,6 m de profondeur) occupent plus de 20 000 ha et soutiennent d'importantes productions maraîchères. Celles-ci sont associées à une fertilisation intense qui peut entraîner des pertes en éléments fertilisants dans les nappes souterraines et les cours d'eau. Or, en milieu aéré et drainé, l'affaissement des sols organiques par des processus de décomposition de la matière organique (M.O.) conduit à une libération de quantités élevées d'azote (N) et de phosphore (P) sous forme disponible pour les plantes (Parent et Khiari, 2003), qui devrait être prise en considération dans les pratiques de fertilisation.

Une étude a été conduite pour évaluer la capacité de minéralisation de l'azote et du phosphore de 34 sols organiques du Sud-Ouest du Québec. Nous voulions relier la dynamique de minéralisation de l'azote et du phosphore de ces sols à des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques plus facilement mesurables et proposer une classification de ces sols selon leur potentiel de minéralisation de l'azote et du phosphore. Nous avons émis l'hypothèse que les sols organiques présentent un pouvoir élevé de minéralisation de l'azote et du phosphore, qui dépend des caractéristiques physiques et chimiques des sols organiques et qui permettrait une réduction des doses usuelles d'engrais azotés et phosphatés par substitution avec les éléments minéralisés.

Une étude d'incubation a été effectuée pendant 240 jours, à 25°C, 60 % d'humidité des sols et 80 % d'humidité de l'air, afin de mesurer les quantités d'azote et de phosphore libérées par les sols organiques. Les résultats indiquent que la majorité des sols a libéré de 100 à 300 mg N kg⁻¹ (en moyenne 261 kg N ha⁻¹) avec un taux de minéralisation constant moyen de 1,04 kg N ha⁻¹ j⁻¹. Le taux de minéralisation de l'azote sur 240 jours était supérieur à 2 kg N ha⁻¹ j⁻¹ pour cinq sols, compris entre 1 et 2 kg N ha⁻¹ j⁻¹ pour huit sols et entre 0 et 1 kg N ha⁻¹ j⁻¹ pour dix-huit sols. Un unique sol présentait un taux de minéralisation négatif de -0,20 kg N ha⁻¹ j⁻¹, traduisant une faible immobilisation de l'azote, c'est-à-dire la conversion de l'azote inorganique du sol en azote organique non disponible pour les plantes. Au bout de deux mois, période correspondant à la saison de culture de la laitue, 16 sols avaient libéré plus d'azote que la quantité recommandée par les grilles de fertilisation en vigueur (CRAAQ, 2003), soit plus de 55 kg N ha⁻¹ et 7 sols avaient libéré plus de 20 kg N ha⁻¹. La contribution de la minéralisation de l'azote à la fertilité des sols est donc très importante.

La dynamique du phosphore était très différente de celle de l'azote. Globalement, après une phase de minéralisation de 20 jours, due à la manipulation des échantillons lors de la mise en place de l'essai d'incubation, la libération du phosphore s'est stabilisée durant 130 jours à un taux faible de 0,08 kg P ha⁻¹ j⁻¹. Une phase de séquestration, c'est-à-dire une rétention du phosphore par le sol, est finalement survenue au cours des 90 derniers jours de l'incubation. Pour 16 des 34 sols étudiés, des teneurs en phosphore extractible au KCl inférieures à celles qui avaient été

mesurées au temps initial ont été observées en fin d'incubation, ce qui signifie qu'il y a eu une immobilisation nette du phosphore sur les 240 jours de l'expérience. Trois sols n'ont présenté aucune phase de minéralisation, et celle-ci s'est achevée après 20 jours d'incubation pour huit autres sols, pour faire place à une période de séquestration du phosphore. Les maxima de minéralisation ont été variables, s'échelonnant de 0 à 90 mg P kg⁻¹, avec une moyenne de 11 mg P kg⁻¹. En considérant une masse volumique apparente de 0,4 g mL⁻¹ et une profondeur de l'horizon de surface de 31 cm, les quantités minéralisées dans la présente étude représentaient en moyenne 14,3 kg P ha⁻¹. Au bout de deux mois, ce qui correspond à la saison de culture de la laitue, 25 sols avaient libéré par minéralisation moins de 25 % de la quantité recommandée en phosphore (CRAAQ, 2003) pour la laitue compte tenu de leur richesse respectivement en phosphore disponible.

Les taux de minéralisation de l'azote et du phosphore durant la phase de stabilisation ont été reliés aux propriétés des sols (Tableaux 1 et 2). Les teneurs en carbone (C) et en azote dans le sol et dans la fraction légère de la matière organique étaient les propriétés les plus fortement corrélées avec la minéralisation de l'azote. Le rapport C/N, couramment utilisé pour évaluer le pouvoir minéralisateur des sols et des fumiers, ne permettait pas d'expliquer la minéralisation de l'azote. La minéralisation du phosphore augmentait avec la teneur en matière organique (M.O.), et avec la teneur en carbone dans le sol et dans la fraction légère (C_(F.L.)). La fraction légère est la fraction active et non-humifiée de la matière organique. La minéralisation du phosphore diminuait avec la teneur en phosphore inorganique (Pi) dans le sol et elle n'était pas reliée à la teneur en phosphore organique (Po). Une augmentation du pH était fortement corrélée à la diminution de la minéralisation de l'azote et du phosphore. Par contre le degré d'humification du sol et son taux de fibres n'intervenait pas significativement.

Tableau 1 : Corrélations entre le taux de minéralisation de l'azote et les caractéristiques des sols

	C	N	C/N	M.O.	C _(F.L.)	N _(F.L.)	pH
T _N	0,45**	0,46**	0,06	0,45**	0,51**	0,51**	-0,50**

**Corrélation significative à 1%

* Corrélation significative à 5%

Tableau 2 : Corrélations entre le taux de minéralisation du phosphore et les caractéristiques des sols

	Pt	Pi	Po	C	P _{F.L.}	C _{F.L.}	pH
T _P stabilisation	-0,46**	-0,46**	-0,23	0,51**	-0,52**	0,50**	-0,51**

** Corrélation significative à 1%

* Corrélation significative à 5%

Un classement du pouvoir de minéralisation de l'azote et du phosphore des sols a pu être effectué en fonction de leurs propriétés chimiques. En particulier, des seuils de 373 g C kg⁻¹ et de 425 g C kg⁻¹ ont pu être établis pour la minéralisation de l'azote et du phosphore respectivement. Ainsi, nous avons pu établir avec un taux de succès de 85 % qu'une minéralisation supérieure à 0,80 mg N kg⁻¹ j⁻¹ était associée à une teneur en carbone supérieure à 373 g kg⁻¹. La teneur en carbone permettait également de classer avec un taux de succès de 94 % les sols ayant un pouvoir de minéralisation du phosphore supérieur à 0,040 g P kg⁻¹ j⁻¹.

Des essais de fertilisation ont été menés afin de tester la contribution des sols à la nutrition des plants. Six sols parmi les 34 ont été ensemencés avec du ray-grass italien (*Lolium Multiflorum Lam.*). Ces sols ont été choisis de façon à bien représenter l'ensemble des sols étudiés sur le plan

de leur pouvoir de minéralisation. Bien que les sols fournissent de fortes quantités d'azote par minéralisation, la minéralisation de l'azote a eu un effet positif mais faible sur la croissance et les prélèvements azotés des plants. Une fertilisation de 50 kg N ha⁻¹ a eu un effet très significatif sur le prélèvement et la teneur en azote des plants, ainsi que sur la production de biomasse (Tableau 3). Elle a augmenté de 3 à 8 fois les prélèvements en azote. Le prélèvement moyen des plants fertilisés a été de 286 mg de N, pour une teneur azotée de 30 mg kg⁻¹, contre un prélèvement de 74 mg de N et une teneur de 22 mg kg⁻¹ dans les plants témoins. Cet effet important de la fertilisation témoigne de l'incapacité des sols à fournir suffisamment d'azote aux plants de ray-grass, et ce bien que les besoins en azote du ray-grass puissent être entièrement comblés par la minéralisation de l'azote de certains des sols (CRAAQ, 2003). Les conditions de température et d'humidité opérées durant les essais en serre étaient plus faibles que celles de l'essai d'incubation, or il a été souvent montré que ces deux facteurs jouaient un rôle considérable dans la minéralisation de la matière organique. Le pouvoir de minéralisation des sols n'aurait donc pas pu pleinement s'exprimer en serre, du fait de conditions non optimales. En outre, les essais en serre sont effectués dans des pots de faible taille qui pourraient limiter la croissance des racines et un prélèvement maximal des éléments disponibles. Il est possible que le potentiel de minéralisation de l'azote se reflète mieux sur les prélèvements azotés en champ. A l'opposé, alors que la minéralisation du phosphore était mineure, la fertilisation phosphatée n'a pas permis d'augmenter significativement les rendements du ray-grass (Tableau 3). Les prélèvements en phosphore étaient plus élevés sur les sols de faible pouvoir minéralisateur. Ces sols étaient ceux qui présentaient les plus fortes teneurs en phosphore disponible. Ainsi, le prélèvement en phosphore était relié à la saturation en phosphore du sol ($r = 0,51^{**}$) et à la teneur en phosphore disponible du sol ($r = 0,60^{**}$) et il existait une corrélation négative entre la teneur maximale en phosphore minéralisé et les prélèvements ($r = -0,81^{**}$) et la teneur en phosphore des plants ($r = -0,52^{**}$). Dans le cas du phosphore, la richesse du sol était donc un facteur prépondérant pour la croissance des plants.

Tableau 3 : Effet de la fertilisation sur la croissance et le prélèvement des plants de ray-grass dans les essais de fertilisation azotée et phosphatée.

Traitement	Essai azote			Essai phosphore		
	M.F.	M.S.	Prélèvement N	M.F.	M.S.	Prélèvement P
	g /pot	g/ pot	mg N pot	g/ pot	g/ pot	mg P
fertilisé	79,53	9,4	286,32	69,35	6,85	42,51
témoin	30,21	3,3	74,12	65,35	6,47	36,90
Rapport fertilisé / témoin	2,90	3,1	4,35	1,07	1,07	1,18

En conclusion, l'azote et le phosphore des sols organiques présentaient des dynamiques de minéralisation très différentes. Celle du phosphore était à toute fin pratique peu importante tandis que celle de l'azote contribuait à libérer des quantités considérables d'azote disponible. Le carbone est une propriété des sols mesurée dans les analyses de routine des sols qui permet de classer les sols en deux groupes de minéralisation de l'azote et du phosphore avec un taux de succès élevé. Il pourrait donc servir d'indicateur de libération de ces éléments dans les sols organiques. Les essais en serre n'ont pas permis de montrer un effet majeur de la minéralisation de l'azote et du phosphore sur les prélèvements et la croissance des plants de ray-grass. Les conditions de croissance limitées en pot ont pu nuire à une exploration maximale du sol par les racines et au prélèvement de l'azote disponible du sol. La richesse en phosphore du sol a conduit

à une absence de réponse à la fertilisation phosphatée des plants de ray-grass, et n'a donc pas permis d'observer un effet de la minéralisation du phosphore sur la croissance des plants.

Références :

Conseil de Recherche en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 2003. Guide de référence en fertilisation, 1ère édition, Québec.

Parent, L-E., Khiari, L. 2003. Nitrogen and phosphorus balance indicators in organic soils. Pages 105-136 dans L-E. Parent, P. Ilnicki ed. Organic soil and peat material for sustainable agriculture, Chapter 6. CRC Press LLC. USA Florida.

Frédérique Duguet, agr.
Département des sols et de génie agroalimentaire
Université Laval
frederique_duguet@hotmail.com
(418) 658-1368