

Détermination rapide de l'azote ammoniacal et du phosphore dans les lisiers de porcs par réflectométrie

*M. Giroux¹, P. Audesse¹, D. Côté¹, J. Faubert¹ et M. Grenier¹

Résumé, *M. Giroux¹, P. Audesse¹, D. Côté¹, J. Faubert¹ et M. Grenier¹. **Détermination rapide de l'azote ammoniacal et du phosphore dans les lisiers de porcs par réflectométrie.** *Agrosol*. 15 (1) : 37-42. Les études sur la caractérisation des lisiers de porcs indiquent une grande variabilité de leur teneur en azote (N) et en phosphore (P), selon les fractions échantillonnées lors de la vidange des fosses. Il devient nécessaire de procéder à des déterminations analytiques rapides *in situ* pour connaître plus précisément ces teneurs. Un réflectomètre a été calibré pour déterminer au champ les teneurs en azote ammoniacal (N-NH₄), en phosphore réactif (P-PO₄) et en phosphore total (P total) des lisiers. Une bandelette imprégnée d'un réactif est plongée dans le lisier préalablement dilué; une couleur se développe selon sa teneur en N-NH₄ ou en P-PO₄ (orthophosphates). Les teneurs en P réactif de 36 lisiers de porcs, déterminées par réflectométrie, ont été comparées avec celles obtenues par colorimétrie en laboratoire. Entre ces deux méthodes de dosage, un coefficient de corrélation (r) très significatif de 0,97** a été obtenu et l'incertitude relative du P réactif est de 14 % sur la moyenne des X avec un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % est de 0,64 ± 0,17 kg P-PO₄/t. Pour la régression entre les teneurs en P total des lisiers et celles du P réactif obtenues par réflectométrie, (r = 0,94**), l'incertitude relative du P total est de 22 % sur la moyenne des X et l'intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % est de 1,26 ± 0,55 kg P/t. À titre de comparaison, l'incertitude relative du P total estimée à partir de la matière sèche des lisiers (r = 0,96**) est de 19 % sur la moyenne des X et l'intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % est de 1,26 ± 0,48 kg P/t. Une étude de répétabilité des mesures du P réactif faites par réflectométrie dans onze lisiers de porcs analysés à neuf reprises, a fourni un coefficient de variation moyen de 3,91 %, comparativement à 3,27 % pour les mêmes mesures faites par colorimétrie en laboratoire. De plus, une étude de répétabilité des mesures du NH₄ et du PO₄ faites par réflectométrie dans trois solutions

étalons, analysées à six reprises, a fourni un coefficient de variation moyen de 4,5 % pour N-NH₄ et de 5,6 % pour P-PO₄. Les résultats de l'azote ammoniacal de 22 lisiers mesurés par réflectométrie corrélaient très bien avec ceux analysés par colorimétrie en laboratoire (r = 0,89**). L'incertitude relative du N-NH₄ dosé par réflectométrie est de 17 % sur la moyenne des X pour un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % de 1,96 ± 0,66 kg N-NH₄/t.

Mots clés : Réflectométrie, azote ammoniacal, phosphore, lisier de porcs.

Abstract, *M. Giroux¹, P. Audesse¹, D. Côté¹, J. Faubert¹ and M. Grenier¹. **Rapid ammonium nitrogen and phosphorus determination in pig slurries by reflectometry.** *Agrosol*. 15 (1): 37-42. Important variability in nitrogen (N) and phosphorus (P) contents has been observed in succeeding strata of pig slurries pumped out of concrete tanks. To obtain on site, the most precise N and P contents of the slurry about to be spread, one therefore needs to use a rapid portable analytical equipment. A reflectometer was calibrated for ammonium nitrogen (NH₄-N), reactive phosphorus (PO₄-P) and total phosphorus (total-P) estimation. A paper strip saturated with a reactive product, dipped in diluted slurry, shows a colour related to NH₄-N and reactive P (orthophosphate) contents. Reactive P values from 36 pig slurries were determined by reflectometry and compared to laboratory reactive P contents measured by colorimetry. Highly significant correlation coefficient (r = 0,97**) was obtained between reflectometer readings and laboratory analytical results. Relative uncertainty of reactive P estimated by reflectometric method amounts to 14% for the X mean value, showing at 95% confidence level a prediction interval of 0,64 ± 0,17 kg PO₄-P/t. For the regression between total-P and reactive P measured by reflectometry, (r = 0,94**), the relative uncertainty of total-P is 22% for the X mean value, showing at 95% confidence level a prediction

1. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700 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

interval of $1,26 \pm 0,55$ kg P/t. As a comparison, relative uncertainty of total-P estimated by dry mater prediction model ($r = 0,96^{**}$) amounts to 19% for the X mean value, showing at 95% confidence level a prediction interval of $1,26 \pm 0,48$ kg P/t. A repeatability test for reactive P content on 11 pig slurries determined nine times by reflectometry gives a mean coefficient of variation of 3,91% while it is of 3,27% for colorimetric measurements from the laboratory. Furthermore, repeatability test for $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ content in three control solutions, repeated six times, using reflectometric method shows a mean coefficient of variation of 4,5% for $\text{NH}_4\text{-N}$ and 5,6% for $\text{PO}_4\text{-P}$. Very good correlation exists between $\text{NH}_4\text{-N}$ contents of 22 slurries issued from field determination by reflectometry and those from usual laboratory method by colorimetry ($r = 0,89^{**}$). Relative uncertainty of $\text{NH}_4\text{-N}$ estimated by reflectometry method amounts to 17% for the X mean value, showing at 95% confidence level, a prediction interval of $1,96 \pm 0,66$ kg $\text{NH}_4\text{-N/t}$.

Key words: Reflectometry, ammonium nitrogen, phosphorus, pig slurry.

Introduction

La fertilisation des cultures exige une précision au niveau des doses d'engrais épandues aux champs afin de rendre compte à la fois des besoins des plantes et des contraintes environnementales. Certains engrais de ferme, tels les lisiers de porcs, montrent une grande variabilité analytique pour l'azote et le phosphore. Le type de lisier, sa dilution par les eaux des abreuvoirs, de lavage ou de précipitation, la durée et les conditions d'entreposage, les régimes alimentaires, l'utilisation de phytase, la stratification naturelle dans la fosse, l'intensité du brassage du lisier et la fréquence des chantiers d'épandage sont autant de facteurs qui affectent la composition chimique des lisiers. Les données sur la caractérisation des lisiers de porcs en Chaudière-Appalaches démontrent des difficultés à utiliser des valeurs moyen-

nes de référence obtenues à la fosse pour l'élaboration des plans de fertilisation (Côté et Seydoux 2003). On ne connaît pas assez précisément la teneur réelle en éléments nutritifs du lisier à épandre. En utilisant des valeurs moyennes pour un même type d'élevage, les écarts entre les apports prévus en éléments fertilisants et ceux réellement appliqués peuvent être très élevés et atteindre près de 200 % pour l'azote et près de 300 % pour le phosphore, ce qui a pour conséquence de sous-fertiliser certains champs et d'en sur-fertiliser d'autres. Des variations importantes des teneurs en azote total et en phosphore dans des fosses préalablement brassées ont été mesurées par Côté et Seydoux (2003). Les rapports des concentrations entre les trois tiers successifs des fosses varient en moyenne de 0,65 à 1,35 pour l'azote et de 0,5 à 1,5 pour le phosphore. En ce qui concerne l'azote ammoniacal et le potassium, leur teneur est affectée par le degré de dilution par les eaux provenant du bâtiment et celles des précipitations. Dans ce contexte, ces auteurs sont d'avis que la gestion agro-environnementale des lisiers nécessite leur caractérisation *in situ* avec des méthodes de détermination rapide avant leur épandage ou leur transport hors des fermes.

La méthode dite de l'hydromètre a été la première à être mise au point pour estimer les éléments nutritifs des lisiers (Tunney, H. et Molloy 1975; Dubé 1982; Couture 1987). Comme il existe une relation significative entre la densité des lisiers et leur teneur en matière sèche, en azote total et en phosphore, la détermination de ces paramètres peut être faite à partir d'une lecture à l'hydromètre. Cette approche a été davantage en usage au cours des années 1980. Elle a été abandonnée au profit de valeurs moyennes de référence souvent très différentes des teneurs réelles des lisiers appliqués. Une récente étude réalisée en Chaudière-Appalaches a réévalué les relations entre les teneurs en matière sèche des lisiers et en éléments nutritifs (Seydoux et al. 2004). Cette étude démontre que les relations entre l'azote total, le phosphore et la matière sèche des lisiers comportent une incertitude

relative importante, de l'ordre de 40 % pour l'azote total et de 50 % pour le phosphore total. Même si cette relation est établie par catégorie d'élevage, l'incertitude des estimations demeure élevée, particulièrement pour le phosphore.

Pour déterminer l'azote ammoniacal (N-NH_4) des fumiers et des lisiers, des appareils de détermination rapide, comme les lecteurs Agros et Quantofix, ont été développés en Europe. Une évaluation d'un de ces appareils de dosage a été faite au Québec (Urgel Deslisle et ass. 1995). Ces appareils reposent sur un principe chimique de dégagement d'azote gazeux provenant de la réaction de l'ammonium en présence d'ions hypochlorites. La pression exercée par le gaz dans la chambre de réaction est convertie en kg $\text{N-NH}_4\text{/t}$. Les lectures sont suffisamment précises pour fournir une estimation très valable du N-NH_4 des lisiers. Au cours des années 1990, un nouveau principe de dosage rapide a fait son apparition : la réflectométrie. Elle est basée sur un principe analogue à celui de la colorimétrie utilisée dans les laboratoires, sauf que la couleur se développe sur une bandelette imprégnée d'un réactif au lieu d'une solution. L'absorbance est mesurée suite à la réflexion du rayon incident par la bandelette. Une évaluation concluante de cette approche appliquée aux nitrates des sols a été réalisée par Giroux et al. (1994). La technologie est maintenant disponible pour le dosage de l'azote ammoniacal et du phosphore réactif (orthophosphates) par réflectométrie.

Le but de cette étude est d'évaluer la performance analytique d'un réflectomètre en terme de précision et de répétabilité des mesures pour la détermination analytique de l'azote ammoniacal et du phosphore réactif dans les lisiers de porcs. Elle vise aussi à procéder à une étude de corrélation et de régression entre les teneurs en P réactif obtenues par réflectométrie et la teneur en P total des lisiers selon la méthode d'analyse officielle en usage au Québec. Les teneurs en P total des lisiers de porcs estimées par réflectométrie ont été comparées à celles estimées à partir d'une relation avec la matière sèche. En ce qui

concerne l'azote ammoniacal, la méthode de dosage par réflectométrie a été comparée à celle par colorimétrie utilisée au laboratoire sur des lisiers provenant de diverses espèces animales.

Matériel et méthode

Phosphore

Le principe de la méthode de dosage des orthophosphates par réflectométrie est le suivant. En présence d'acide sulfurique dilué et d'un milieu réducteur, les ions orthophosphates (HPO_4^- et H_2PO_4^-) forment avec les ions molybdates de l'acide phospho-molybdique de couleur bleue. Des bandelettes déjà imprégnées d'un réactif sont plongées dans les lisiers et réagissent selon leur concentration en orthophosphates. Une étape préalable de dilution et d'acidification des échantillons est nécessaire. La plage d'utilisation de cette méthode se situe entre 5 et 120 mg PO_4/l . Les lisiers doivent donc être dilués d'un facteur 10 à 25 pour se situer à l'intérieur de cet intervalle de concentration. Le réflectomètre mesure l'absorbance du rayon incident par les bandelettes et convertit le signal en concentration d'orthophosphates dans les échantillons. Un facteur de conversion est nécessaire pour rapporter les résultats en kg P- PO_4 /tonne et tenir compte du facteur de dilution. Le réflectomètre utilisé est le RQ-Flex de la compagnie EM Science (2000). Son coût de détail est d'environ \$900,00 et le coût par détermination d'environ \$2,00. Le temps de préparation et de détermination analytique d'un échantillon est d'environ 5 minutes.

Dans cette étude, nous avons utilisé 36 échantillons de lisiers de porcs de différentes catégories d'élevage et de différentes fractions pompées dans les fosses. Ils proviennent tous de la région de Chaudière-Appalaches. Le pourcentage de matière sèche des lisiers varie de 0,5 % à 15 %. Les échantillons furent homogénéisés à l'aide d'un appareil de type Polytron. On a procédé à la dilution des lisiers avec de l'eau déminéralisée, puis au dosage du P réactif, d'une part par réflectométrie et

d'autre part par colorimétrie, selon la méthode utilisée au laboratoire (méthode au molybdate-acide ascorbique) et au dosage sur Technicon auto-analyseur. Tous les lisiers de porcs furent également digérés avec $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Se}$ sur un bloc de minéralisation à une température de 375°C (C.P.V.Q, 1993). Cette dernière étape a permis de minéraliser le phosphore organique et de déterminer sa teneur en P total par émission au plasma Perkin Elmer DV- 4300. Tous les résultats de cette étude sont exprimés sur une base humide et exprimés en kg P/t. Il est à noter que le réflectomètre fournit une mesure des formes réactives de P minéral, sous formes d'orthophosphates, mais ne dose pas les formes de P organique. Une équation de régression a été établie pour convertir les valeurs du P mesuré au réflectomètre en valeur de P total. Une régression entre le P total des lisiers et sa teneur en matière sèche a également été établie afin de comparer les résultats analytiques, le coefficient de corrélation et l'intervalle de prédiction avec ceux obtenus par réflectométrie et par colorimétrie.

Toutes les régressions ont été établies sans transformation mathématique des valeurs. Pour chaque régression, l'incertitude relative (IR) d'estimation de Y a été calculée sur la moyenne des X selon la procédure décrite dans le guide EURACHEM/CITAC (2000). Un intervalle de prédiction (IP) de la valeur de Y correspondant à la moyenne des X a été calculé au niveau de confiance de 95 %. Afin de mesurer la variabilité et la répétabilité des mesures du P- PO_4 faites par réflectométrie, trois solutions étalons de 20, 60 et 100 mg PO_4/l ont été préparées à partir d'une solution commerciale étalonée. Chacune des trois solutions a fait l'objet de six lectures par réflectométrie. Le coefficient de variation des mesures de chacune des concentrations a été établi selon le protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie (CEAEQ, 2000). De même, une étude de répétabilité des mesures du P réactif a été réalisée sur onze lisiers de porcs, dosés à neuf reprises par réflectométrie et par colorimétrie en laboratoire sur Technicon auto-analyseur. Les coefficients de variation des analyses du P

réactif ont été établis pour chacun des lisiers et chacune des méthodes.

Azote ammoniacal

Le dosage de l'azote ammoniacal par réflectométrie est basé sur un principe analogue à celui de la colorimétrie utilisée en laboratoire. Des bandelettes sont déjà imprégnées d'un réactif sensible à l'azote ammoniacal. En contact avec le lisier, une couleur se développe selon sa teneur en NH_4 . Le réflectomètre prend les mesures d'absorbance et convertit les valeurs en mg NH_4/l . Un facteur de conversion est nécessaire pour rapporter les résultats en kg N- NH_4 /t et tenir compte du facteur de dilution. L'intervalle de lecture du réflectomètre est de 20 à 180 mg NH_4/l . Une dilution d'un facteur 40 a été utilisée pour le dosage des lisiers dans cette étude. Ce facteur de dilution peut être ajusté au besoin selon la teneur en N- NH_4 des lisiers. La lecture du réflectomètre n'inclut pas les formes d'azote organique et ne fournit donc pas la teneur en azote total des lisiers.

Afin de mesurer la variabilité et la répétabilité des mesures du NH_4 faites par réflectométrie, trois solutions étalons de 20, 60 et 100 mg NH_4/l ont été préparées à partir d'une solution commerciale étalonée. Chacune des trois solutions a fait l'objet de six lectures par réflectométrie. Le coefficient de variation des mesures de chacune des concentrations a été établi selon le protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie (CEAEQ, 2000). L'étude de comparaison des méthodes de dosage a été réalisée sur 22 lisiers provenant de différentes espèces animales. L'extraction du N- NH_4 a été faite à l'eau déminéralisée suivie d'un dosage par réflectométrie et par colorimétrie sur Technicon auto-analyseur en laboratoire. Une droite de régression entre les teneurs en N- NH_4 dosées par réflectométrie et par colorimétrie a été établie. L'incertitude relative d'estimation (IR) du N- NH_4 est calculée sur la moyenne des X et l'intervalle de prédiction (IP) du N- NH_4 , correspondant à la moyenne des X, est établi au niveau de confiance de 95 %, tel que décrit précédemment pour le phosphore.

Résultats et discussions

Phosphore

Les analyses de corrélation ($r = 0,97^{**}$) de la régression entre les valeurs du P réactif des lisiers de porcs obtenues par réflectométrie et celles obtenues par colorimétrie au laboratoire ont démontré que les deux méthodes de dosage sont très bien corrélées (figure 1). Cette régression permet de convertir les résultats du P réactif (P-PO₄/t) mesuré au réflectomètre en valeurs de P-PO₄/t tel que mesuré par colorimétrie au laboratoire. L'incertitude relative de l'estimation du P réactif des lisiers dosés par réflectométrie est de 14 % sur la moyenne des X avec un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % de $0,64 \pm 0,17$ kg P-PO₄/t.

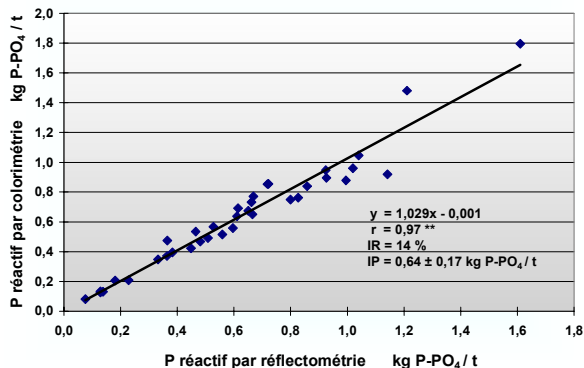


Figure 1. Relation entre le P réactif des lisiers de porcs mesuré par colorimétrie et par réflectométrie.

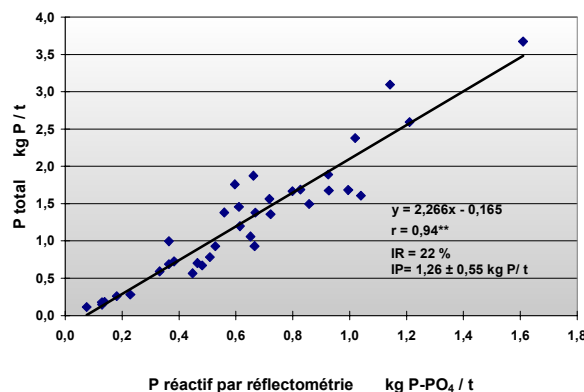


Figure 2. Relation entre le P total des lisiers de porcs et le P réactif mesuré par réflectométrie.

Comme c'est souvent la teneur en P total qui est requise pour établir les doses d'épandage, une droite de régression a été établie entre le P total des lisiers de porcs et le P réactif mesuré par réflectométrie ($r = 0,94^{**}$). En utilisant cette équation, il est possible d'estimer la teneur en P total des lisiers de porcs par la lecture au réflectomètre (figure 2). L'incertitude relative de l'estimation du P total par cette régression est de 22 % sur la moyenne des X et son intervalle de précision au niveau de confiance de 95 % est de $1,26 \pm 0,55$ kg P/t. La relation entre le P total et le P réactif mesuré par colorimétrie en laboratoire ($r = 0,92^{**}$) est également très significative avec une incertitude relative de 27 % sur la moyenne des X et un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % de $1,26 \pm 0,67$ kg P/t (figure 3). Pour le P total, la précision est moins bonne que pour le P réactif mais elle demeure acceptable. À titre de comparaison, l'estimation du P total faite à partir d'une régression avec la matière sèche des lisiers ($r = 0,96^{**}$) fournit une incertitude relative de 19 % sur la moyenne des X et un intervalle de précision au niveau de confiance de 95 % de $1,26 \pm 0,48$ kg P/t (figure 4). Dans cette étude, l'estimation du P total des lisiers faite par réflectométrie se compare à une estimation faite à partir de la matière sèche des lisiers. Même si la prédiction du P total par réflectométrie comporte une certaine marge d'erreur, celle-ci est bien inférieure à la variabilité du P total mesuré entre les différentes fractions des fosses à lisier (Côté et Seydoux, 2003). Les régressions présentées entre le P total et le P réactif ne sont valables que pour les lisiers de porcs et ne peuvent être extrapolées à d'autres espèces animales. La proportion du P organique et du P réactif est variable selon les espèces animales. Les régressions doivent donc être établies spécifiquement pour chaque espèce animale.

Les essais de répétabilité des mesures du PO₄ faites par réflectométrie dans trois solutions étalons avec six répétitions ont présenté un coefficient de variation (CV) de 4,27 à 7,89 %, avec un CV moyen de 5,6 % (tableau 1). Ces résultats expri-

ment l'écart-type des mesures du PO₄ par rapport à la moyenne des teneurs dans chacune des solutions. L'étude sur la répétabilité des valeurs du P réactif mesuré par réflectométrie dans onze lisiers avec neuf répétitions a fourni un coefficient de variation de 2,27 à 6,21 % selon les lisiers pour un CV moyen de 3,91 % (tableau 2). La même étude de répétabilité des valeurs du P réactif dosé par colorimétrie en laboratoire a fourni un CV de 1,31 à 6,28 % selon les lisiers, pour un CV moyen de 3,27 %. La variabilité de la teneur du P réactif d'un même lisier analysé au réflectomètre est légèrement plus élevée que celle obtenue par colorimétrie mais elle demeure comparable avec un très bon niveau de répétabilité dans les deux cas.

Azote ammoniacal

Une régression hautement significative ($r = 0,89^{**}$) a été obtenue entre les teneurs en N-NH₄ de lisiers de diverses espèces animales déterminées par réflectométrie et celles obtenues par colorimétrie en laboratoire (figure 5). L'incertitude relative d'estimation est de 17 % sur la moyenne des X avec un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % de $1,96 \pm 0,66$ kg N-NH₄/t. Le dosage par réflectométrie de l'azote ammoniacal est réalisable sur une gamme très variée de lisiers de différentes espèces animales avec une précision acceptable, bien meilleure que celle des valeurs moyennes de référence. Le fait que le réflectomètre dose directement le N-NH₄ permet d'adapter la technique de dosage aux différentes espèces animales. Par contre, l'azote organique et l'azote total des engrais ne peuvent pas être estimés avec cette technique.

Les essais de répétabilité des mesures du NH₄ faites par réflectométrie dans trois solutions étalons avec six répétitions ont présenté un coefficient de variation (CV) de 3,7 à 5,7 %, avec un CV moyen de 4,5 % (tableau 3). Ces résultats expriment l'écart-type des mesures du N-NH₄ par rapport à la moyenne des teneurs dans chacune des solutions.

Tableau 1. Essais de répétabilité des mesures du P réactif faites par réflectométrie dans des solutions étalons connues.

Concentration (mg PO ₄ /l)	Répétitions	Moyenne des lectures	Coefficient de variation
		(mg PO ₄ /l)	(%)
20	6	21,8	7,89
60	6	61,8	4,27
100	6	95,6	4,71
		Moyenne 5,6	

Tableau 2. Comparaison de la variabilité et de la répétabilité des mesures des teneurs en P réactif des lisiers par réflectométrie et par colorimétrie.

Échantillon	M.S. (%)	Répétitions	Réflectométrie		Colorimétrie	
			P	C.V.	P	C.V.
			(kg P-PO ₄ /t)	(%)	(kg P-PO ₄ /t)	(%)
Lisier 1	1,17	9	0,14	4,71	0,14	4,59
Lisier 2	4,63	9	0,89	3,86	0,96	2,49
Lisier 3	3,00	9	0,70	2,41	0,71	4,37
Lisier 4	5,23	9	0,79	2,56	0,88	2,20
Lisier 5	7,55	9	0,78	3,93	0,79	1,31
Lisier 6	12,06	9	0,44	4,92	0,39	2,67
Lisier 7	1,51	9	0,28	4,41	0,27	2,76
Lisier 8	4,55	9	0,62	3,28	0,67	6,28
Lisier 9	4,73	9	0,35	4,43	0,36	1,49
Lisier 10	1,55	9	0,21	6,21	0,22	4,02
Lisier 11	4,75	9	0,65	2,27	0,67	3,75
Moyenne	4,61	9	0,53	3,91	0,55	3,27

Tableau 3. Essais de répétabilité des mesures du N-NH₄ faites par réflectométrie dans des solutions étalons connues.

Concentration mg NH ₄ /l	Répétitions	Moyenne des lectures	Coefficient de variation
		(mg NH ₄ /l)	(%)
20	6	21,3	3,7
60	6	62,8	4,1
100	6	101,8	5,7
		Moyenne 4,5	

Conclusion

Cette étude a permis de démontrer que la détermination du phosphore réactif des lisiers de porcs peut être réalisée par réflectométrie avec une incertitude relative de 14 % sur la moyenne des X et un intervalle de précision au niveau de confiance de 95 % de 0,64 ± 0,17 kg P-PO₄/t. Pour l'estimation du P total, l'intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % est de 1,26 ± 0,55 kg P/t par réflectométrie, de 1,26 ± 0,67 kg P/t par colorimétrie et de 1,26 ± 0,48 kg P/t, à partir de la relation avec la matière sèche des lisiers. Le réflectomètre fournit une

estimation du P total comparable à celle obtenue à partir de la matière sèche des lisiers. Les teneurs en azote ammoniacal des lisiers dosés par réflectométrie corrélaient très bien avec celles obtenues par colorimétrie au laboratoire (r = 0,89**). L'incertitude relative de cette régression est de 17 % sur la moyenne des X avec un intervalle de prédiction au niveau de confiance de 95 % de 1,96 ± 0,66 kg N-NH₄/t.

Les études de répétabilité des teneurs en NH₄ et en P réactif dans trois solutions

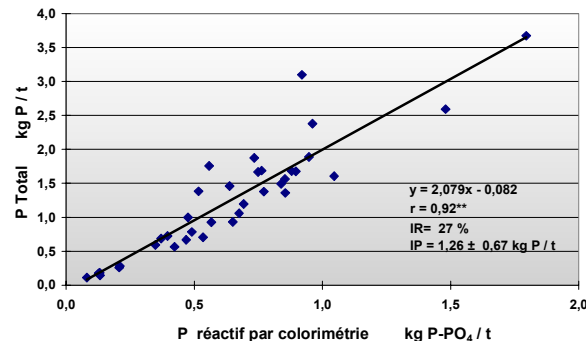


Figure 3. Relation entre le P total des lisiers de porcs et le P réactif mesuré par colorimétrie.

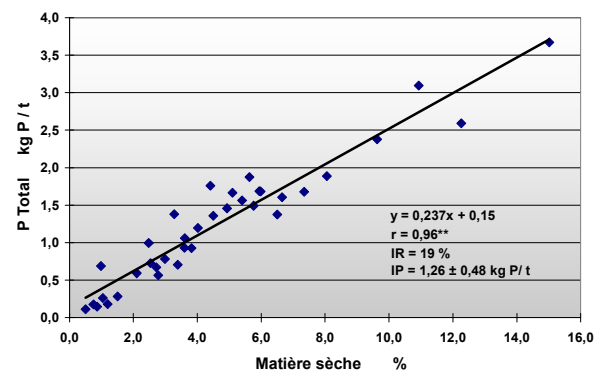


Figure 4. Relation entre le P total des lisiers de porcs et leur teneur en matière sèche.

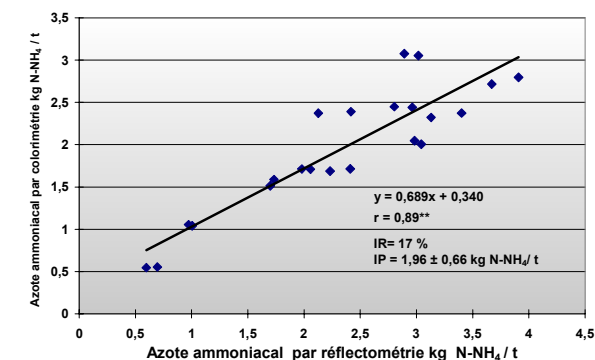


Figure 5. Relation entre l'azote ammoniacal de lisiers de différentes espèces animales mesuré par colorimétrie et par réflectométrie.

étalons dosées six fois ont permis de démontrer que le coefficient de variation moyen des mesures faites par réflectométrie est de 4,5 % pour NH₄ et de 5,6 % pour PO₄. L'étude de répétabilité des mesures du P réactif dans onze lisiers analysés neuf fois a démontré que le coefficient de variation des valeurs obtenues par réflectométrie varie de 2,27 à 6,21 % selon les lisiers. Le coefficient de

variation moyen d'une même lecture est de 3,91 % pour le dosage par réflectométrie et de 3,27 % pour le dosage par colorimétrie.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier madame Carole Dion pour l'élaboration et la présentation des graphiques ainsi que monsieur Gérard Fortin pour la rédaction du protocole d'opération du réflectomètre RQ-Flex. De même, de sincères remerciements à monsieur Michel Paradis ainsi qu'à monsieur Colin Federspiel pour leur assistance technique.

Références bibliographiques

- CEAEQ. 2000. Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie. MENV. 21 p.
- Côté, D. et S. Seydoux. 2003. Nouvelles données sur les volumes et la composition des lisiers de porcs. Cahier des conférences du Colloque en agroenvironnement IRDA 2003. p. 7-26.
- Couture, J. N. 1987. Estimation de la valeur fertilisante du lisier de porcs avec le densimètre Bouyoucos. MAPAQ. Direction Chaudière-Appalaches.
- C. P. V. Q. (1993) Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. AGDEX 533.
- Dubé, A. 1982. Analyse rapide du lisier de porcs. Manuel de gestion agricole des fumiers. MAPAQ. p. 57-59.
- Dubé, A. 1982. Méthode rapide de détermination de la valeur fertilisante des lisiers de porcs à la ferme. Agriculture 39(1) : 32-35.
- EM Science (2000). RQ Flex instructions. P.O. Box 70,480. Democrat Road, Gibbstown, NJ, 08027-1296.
- EURACHEM/CITAC. 2000. Guide EURACHEN/CITAC- Quantifier l'incertitude dans les mesures analytiques. 2^e éd. Document traduit par le Laboratoire national d'essais. France. 116 p.
- Giroux, M., T. S. Tran, P. Audesse, M. Lemieux, R. Rivest, et J. Rioux. 1994. Évaluation des méthodes d'analyse de la teneur en nitrates des sols et de l'indice de la teneur en chlorophylle dans les feuilles de maïs. Agrosol 7(1) : 66-72.
- Seydoux, S., D. Côté et M. Grenier. 2004. Caractérisation des volumes et des concentrations en éléments fertilisants des déjections animales liquides en Chaudière-Appalaches. Rapport scientifique à l'attention de l'UPA de la Beauce. IRDA. ISBN 2-922851-31-1. 76 p.
- Tunney, H. and S. Molloy. 1975. Field test for estimating dry matter and fertilizer value of slurry. Irish J. Agric. Res. 14(11): 84-86.
- Urgel Deslisle et associés inc. 1995. Le lecteur d'azote AGROS : évaluation d'une méthode rapide de détermination in situ de l'azote ammoniacal des lisiers et des fumiers. Rapport de recherche PAAGF. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 146 p.