

# Qualité de prédiction de la composition d'un lisier de porc par des capteurs infra-rouge embarqués sur tonne à lisier

Pascal LEVASSEUR

IFIP-Institut du Porc, la Motte au Vicomte, 35650 Le Rheu, France

[Pascal.levasseur@ifip.asso.fr](mailto:Pascal.levasseur@ifip.asso.fr)

Avec la collaboration de Séverine Bourrin, Loréna Girre et Nicolas Trinité

## Accuracy of predictions of pig manure composition by on-board infrared sensors on a manure tanker

A near-infrared light can be used to predict concentrations of dry matter (DM), nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in pig manure. This technique is beginning to be commercialized on slurry tankers, but the accuracy of its predictions is not well known. Ifip took 21 samples of pig manure during spreading by slurry tankers equipped with this sensor, analysed them chemically and recorded the predicted values on the tractor console for comparison. For the entire set of samples, the mean difference between predictions and laboratory values was quite low, from -4 % to +6 % depending on the element considered. The standard deviations between predictions and laboratory values ranged from  $\pm 27$  % (total N) to  $\pm 47$  % (ammoniacal N). The ranges of element concentrations also differed greatly: the ratio of the maximum to minimum concentration ranged from 2.9 for K to 13 for DM. In view of this variability and the concentration ranges observed, the coefficients of determination of the prediction of the concentrations differed greatly among the elements: 0.92 for DM, 0.83 for P, 0.51 for total N, 0.11 for ammoniacal N and 0.16 for K. Overall, this initial approach with sensors shows the utility of specifying objectives for the amounts of N and P applied.

## INTRODUCTION

L'utilisation d'un signal lumineux, le proche infra-rouge (PIR), permet de déterminer la composition des lisiers de porcs, mais aussi de bovin et des digestats de méthanisation, en matière sèche, azote, phosphore et potassium. Le principe repose sur le niveau de transmission ou de réflexion de ce signal sur l'effluent épandu. Ces capteurs pourraient ainsi constituer une alternative aux analyses de laboratoire, compte tenu d'un temps de réponse rapide - quelques secondes - et de leur moindre coût par rapport aux analyses de laboratoire. En termes de fiabilité, des résultats intéressants ont été obtenus sur des effluents porcins (Malley *et al.*, 2002 ; Saeys *et al.*, 2005 ; Chen *et al.*, 2013), et en France, au moins deux constructeurs/équipementiers en installent sur leurs tonnes à lisier. Ce type de capteurs permettrait d'envisager une fertilisation organique de précision grâce à une régulation instantanée de la dose de lisier épandu sur la base de leur teneur en azote ou en phosphore et non plus à partir d'un simple volume.

L'objectif de cette étude était ainsi d'effectuer une première approche de la fiabilité des valeurs prédites sur des tonnes à lisier équipées de ce capteur PIR.

## 1. MATERIEL ET METHODES

Pour cela, des épandages effectués par des tonnes à lisier équipées d'un capteur PIR, ont été suivis. Nous avons dans le même temps, prélevé des échantillons de lisier lors d'apport au champ et relevé les valeurs prédites par le capteur. Ces dernières s'affichent en temps réel sur une console dans la cabine du tracteur. Les 21 prélèvements de lisier effectués ont fait l'objet d'une analyse chimique des éléments prédits i.e. leur teneur en matière sèche, azote total et ammoniacal, phosphore et potassium, par le laboratoire Inovalys (Nantes, 44).

Afin de disposer d'une gamme étendue de concentration en éléments, les 21 échantillons proviennent de huit fosses de stockage réparties sur cinq sites d'élevage. Les épandages ont par ailleurs été effectués par trois tonnes à lisier équipées de leur propre capteur PIR issu du même constructeur.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Sur l'ensemble des échantillons, la moyenne des écarts individuels entre valeurs prédites et valeurs analysées sont peu élevés quel que soit l'élément considéré : -4 % pour la matière sèche, +6 % pour l'azote, +3 % pour le phosphore, -3 % pour l'azote ammoniacal et -2 % pour le potassium (Tableau 1).

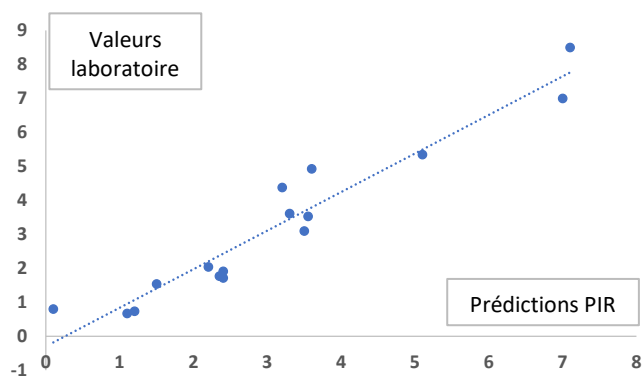
**Tableau 1** – Ecart moyen entre valeurs prédites et analysées

Moyenne des différences valeurs prédites/analysées (*)	Ecart-type (**)	Fraction/élément
-4 %	31 %	Matière sèche
+6 %	27 %	Azote total
+3 %	32 %	Phosphore
-3 %	47 %	Azote ammoniacal
-2 %	34 %	Potassium

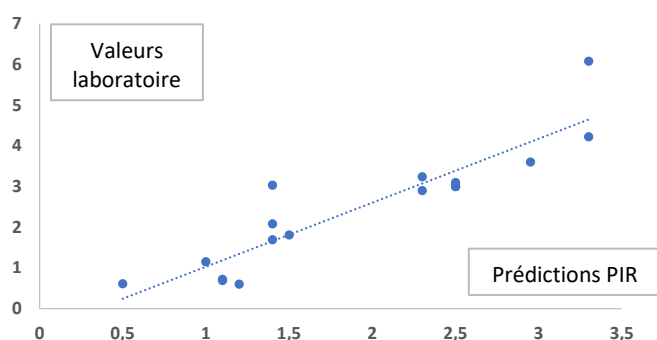
(\*) (valeurs prédites PIR – valeurs de laboratoire)/valeurs de laboratoire x 100 ; (\*\*) Ecart-type des moyennes ci-contre

Malgré une assez bonne concordance pour la moyenne des écarts, il est constaté une variabilité individuelle de ces écarts comme le montre les écart-types (Tableau 1). Ainsi, pour l'azote, l'écart-type est de 27 %, c'est-à-dire que pour un résultat d'analyse chimique de 3 kg N/m<sup>3</sup> de lisier, 68 % des valeurs prédites seront comprises entre 2,2 et 3,8 kg N/m<sup>3</sup>.

L'appréciation de la qualité de la prédiction de la composition des lisiers de porc par les capteurs PIR, se juge par ailleurs par le coefficient de détermination de la régression entre les deux paramètres. Elle s'avère très satisfaisante pour la teneur en matière sèche ( $R^2 = 0,92$  - Figure 1) et le phosphore ( $R^2 = 0,83$ ). La qualité de prédiction est moins bonne pour l'azote total ( $R^2 = 0,51$  - Figure 2) et à priori très approximative pour l'azote ammoniacal et le potassium ( $R^2$  respectivement de 0,11 et 0,16).



**Figure 1** – Corrélation entre les teneurs en matière sèche prédites et analysées (en % du produit brut)



**Figure 2** – Corrélation entre les teneurs en azote total prédites et analysées (en kg/t de produit brut)

La bonne prédiction de la teneur en matière sèche (Figure 1) et en phosphore malgré une variabilité des écarts individuels comparables à celle du potassium (Tableau 1) est vraisemblablement en lien avec l'étendue de la gamme de concentration du pool d'échantillons. Le rapport est de 1 à 12 entre la teneur minimale et maximale en matière sèche. Il est par ailleurs respectivement de 10 – 4 - 3,5 et 2,9 pour le phosphore, l'azote total, l'azote ammoniacal et le potassium. Sur lisier de porc et conformément à nos résultats, Saeys *et al.* (2005) avaient également obtenus de très bonnes prédictions sur la matière sèche ( $R^2 = 0,88$ ) et une prédiction moindre pour l'azote ammoniacal et le potassium.

En revanche, à la différence de nos résultats, ils avaient obtenu une prédiction approximative pour le phosphore et élevée pour l'azote total.

Le phosphore n'est pas l'élément le plus adapté aux mesures par capteurs PIR. La qualité de sa prédiction est assez variable entre auteurs (Chen *et al.*, 2013). De bonnes prédictions demeurent toutefois envisageables via notamment la forte corrélation entre phosphore et matière sèche, notamment dans le lisier de porc. Ce critère a probablement été intégré dans les équations de prédiction des capteurs que nous avons testés.

La matière sèche et l'azote total sont, quant à eux, normalement deux éléments bien prédit par les capteurs PIR (Chen *et al.*, 2013). Si, dans notre étude, cela s'est bien vérifié pour la matière sèche, la prédiction moins bonne observée en moyenne pour l'azote total reste difficile à expliquer. Les travaux antérieurs ont été obtenus en laboratoire où les conditions de mise en œuvre sont plus favorables que sur le terrain : température constante, fréquences de calibration et de nettoyage du verre de protection plus élevées, etc.

Concernant les éléments solubles (azote ammoniacal et potassium), l'absence de fiabilité est le fait d'une forte variabilité individuelle de la qualité de prédiction au regard d'une gamme de concentration restreinte. Pour l'azote ammoniacal, trois points de mesure notamment dégradent la qualité de la prédiction. Les exclure pour raison de valeurs aberrantes nécessiteraient davantage de points de mesure. Un potentiel d'amélioration est ainsi envisageable pour cet élément où de nombreux travaux antérieurs ont montré de bien meilleures prédictions (Chen *et al.*, 2013).

## CONCLUSION

Le gain de précision dans la fertilisation organique apporté par les capteurs PIR, en comparaison aux épandages basés sur le volume est significatif pour les teneurs en matière sèche et phosphore mais reste à confirmer pour les autres éléments. Cette première approche pour déterminer la fiabilité des capteurs PIR sur le terrain montre que cette technique émergente présente un potentiel intéressant pour objectiver les apports en certains éléments fertilisants. Les travaux antérieurs généralement obtenus avec des dispositifs statiques à l'échelle du laboratoire et de manière discontinue montrent de plus tout le potentiel de ces capteurs. A cette échelle, les auteurs rapportent la nécessité d'améliorer la calibration des équations de prédiction et le conditionnement des échantillons. Le déploiement des capteurs PIR sur les tonnes à lisier font face à d'autres contraintes (variation de température, dérive dans le temps...) également à résoudre.

*Cette étude a été menée dans le cadre du projet Teplis+ cofinancé par le Conseil Régional des Pays-de-la-Loire.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- L. Chen L. Xing, L. Han, 2013. Review of the Application of Near-Infrared Spectroscopy Technology to Determine the Chemical Composition of Animal Manure. *J. of Env. Qual.*, 42 (4), 1015-1028.
- Malley D.F., Yesmin L., Eilers R.G., 2002. Rapid Analysis of Hog Manure and Manure-amended Soils Using Near-infrared Spectroscopy. *Journal of the American Soil Society* 66, 1677-1686.
- Saeys W., Mouazen A.M., Ramon H., 2005. Potential for Onsite and Online Analysis of Pig Manure using Visible and Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Biosys. Eng.*, 91 (4), 393-402.