

01

Gestion à court terme

Quelles conséquences sur la fertilisation N

Exporter les pailles modifie la disponibilité de certains éléments minéraux du sol, mais de façon très différente selon l'élément : moindre immobilisation de l'azote minéral du sol, disponibilité réduite du phosphore et surtout du potassium. Le point sur les nécessaires ajustements de la fertilisation azotée, phosphatée et potassique.

De nombreux travaux ont quantifié l'effet de la restitution des pailles sur la fertilisation : les principales conclusions auxquelles ils ont abouti sont présentées dans ce qui suit.

La restitution au sol des pailles de céréales provoque une forte augmentation des populations de champignons et bactéries qui assurent leur décomposition. Le développement de ces microorganismes requiert à la fois du carbone (source d'énergie) et de l'azote (synthèse des protéines microbiennes). Les pailles étant

trop pauvres en azote pour subvenir aux besoins de ces décomposeurs, ceux-ci prélèvent de l'azote minéral du sol. On parle d'organisation, processus qui conduit à une diminution du stock d'azote minéral dans le volume de sol où il se déroule.

▶ Exporter les pailles accroît la disponibilité en azote minéral.

La quantité d'azote organisé dépend à la fois du rapport C/N et de la quantité de résidus. La *figure 1* montre l'effet potentiel de l'enfouissement des pailles (sans facteurs limitants, mélange paille – terre intime) sur la quantité d'azote minéral du sol : les valeurs négatives correspondent à une « immobilisation » de l'azote minéral, liée à sa consommation par les microorganismes qui dégradent le résidu.



+10 à +20 kg N/ha disponible en cas d'exportation

Comparativement à l'enfouissement, l'exportation des pailles de céréales provoque une augmentation de la disponibilité de l'azote pour la culture suivante, du fait de l'absence « d'organisation ». Ce supplément est d'environ 10-20 kg N/ha.

Cette valeur dépend de plusieurs facteurs :

- le climat de l'hiver : si la décomposition des pailles est

ralentie par la faible température, alors il y a « report » de l'organisation au printemps suivant au détriment de l'utilisation par les plantes.

- la quantité et la qualité des résidus : l'exportation de gros volumes de pailles pauvres en azote permet de maintenir disponible pour les plantes une partie de l'azote dont elles auraient engendré l'organisation si elles avaient été restituées.

- le travail du sol : le maintien des pailles à la surface du sol

François Laurent

f.laurent@arvalisinstitutduvegetal.fr

Alain Bouthier

a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Pierre Castillon

p.castillon@arvalisinstitutduvegetal.fr

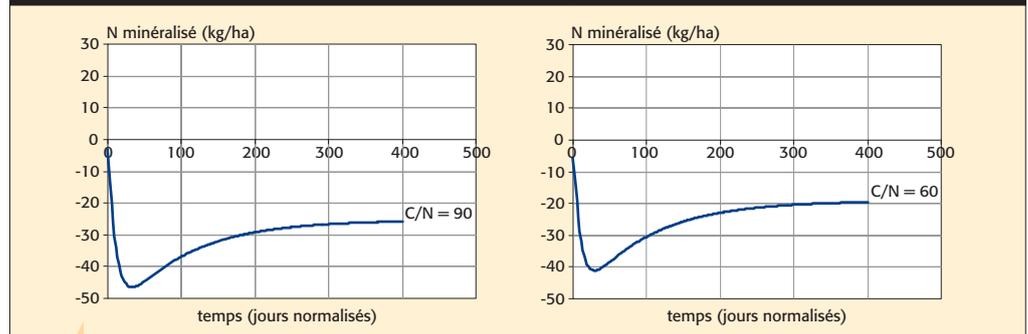
Christine Le Souder

c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

es PK?

Effet potentiel de l'enfouissement de pailles de céréales (4 t MS/ha) sur la minéralisation de l'azote (fig. 1)



L'axe des temps correspond à des jours à 15°C, et une humidité du sol égale à la capacité au champ (sol ressuyé).

Plus le résidu (paille) est pauvre en azote (rapport C/N élevé), plus l'effet de son enfouissement sur l'organisation d'azote dans le sol est prononcé. Une première phase d'intense organisation est suivie d'une phase de reminéralisation de cet azote (d'après INRA).

lorsqu'aucune végétation ne permet de recycler cet azote soumis à l'action des pluies (figure 2). En effet, la présence d'une Cipan¹ bien implantée réduit bien plus le lessivage de l'azote que ne le permet l'enfouissement des pailles.

Sur le long terme, l'exportation des pailles se traduit à l'inverse par une réduction des fournitures d'azote par le sol, conséquence d'une moindre minéralisation due à la baisse du stock de matière organique.

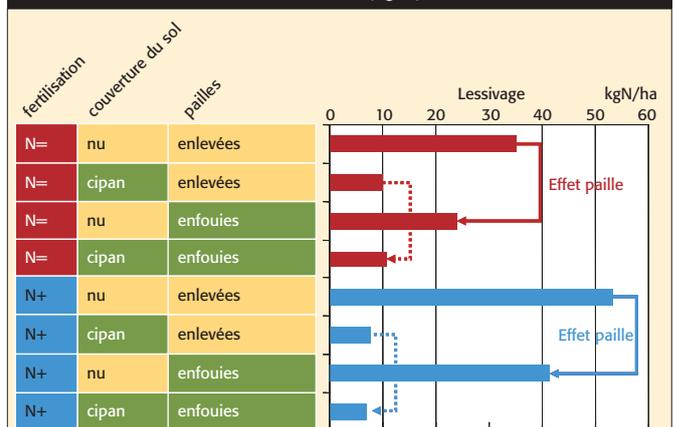
▶ La présence de Cipan est la technique réduisant le plus les pertes d'azote par lessivage.

Attention à la fertilisation potassique

Les pailles sont particulièrement riches en potassium. En effet, à l'inverse du phosphore, les grains récoltés en contiennent peu, l'essentiel se trouvant dans les résidus. La restitution des pailles apporte au sol de grandes quantités de potassium, sous une forme rapidement disponible pour la culture suivante. L'exportation

Une culture intermédiaire piège à nitrate bien implantée réduit bien plus le lessivage de l'azote que ne le permet l'enfouissement des pailles. ▶

Effets de la fertilisation azotée, de la présence de culture intermédiaire et de la gestion des pailles de céréales sur le lessivage de l'azote dans une interculture blé – tournesol (fig. 2)



Essai Le Magneraud, moyenne 1990-93, terre de groies

L'enfouissement des pailles diminue le lessivage de 10 kg N/ha, quel que soit le niveau de fertilisation azotée (N = dose optimale, N + surfertilisation de 100 kg N/ha) du blé (flèches pleines). La présence d'une Cipan permet cependant de réduire plus fortement le lessivage que l'organisation d'azote par les pailles (flèches pointillées).

▲ Si la paille est enfouie, l'azote minéral du sol est « immobilisé » par les microorganismes pour assurer sa décomposition.

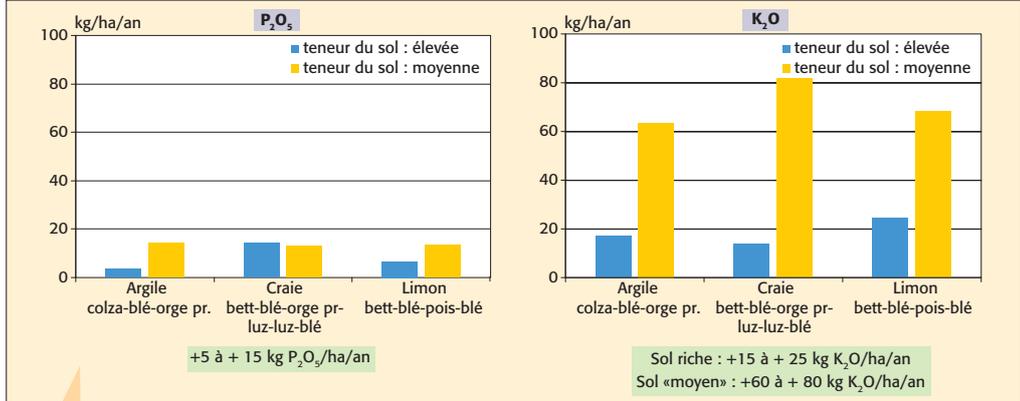
ralentit leur décomposition. Différée jusqu'à leur éventuel enfouissement, celle-ci provoque une forte organisation de l'azote du sol au printemps.

Pour les mêmes raisons, l'exportation des pailles accroît le lessivage de l'azote, notamment dans les sols superficiels sensibles à ce processus et

© N. Cornec

© F. Guerton

Augmentation de la fertilisation PK due à l'exportation des pailles de céréales, calculée pour 3 rotations dans 3 types de sols distincts et 2 niveaux de richesse (région Picardie) (fig. 3)



L'impact de l'exportation des pailles est faible sur la fertilisation phosphatée (+5 à +15 kg/ha). Par contre il est nécessaire d'augmenter notablement la fertilisation potassique pour les sols dont la disponibilité du potassium est faible.

court terme de la disponibilité du P et du K dans le sol.

Pour le raisonnement de la fertilisation K, le critère « exportation » s'ajoute aux trois autres critères pris en compte pour déterminer la dose nécessaire (teneur du sol, espèce cultivée et pratique de fertilisation sur les cultures précédentes). La figure 3 illustre l'augmentation de dose PK nécessaire et suffisante dans différentes situations où les pailles de céréales sont systématiquement exportées (selon la grille de calcul Comifer 1997).

Deux processus concourent à l'augmentation de la dose préconisée : d'une part, la baisse de disponibilité du K du sol (possibilités d'impasse moins fréquentes); d'autre part, l'augmentation des exportations (grains seuls ou grains et pailles) qui conduit à une augmentation de la fertilisation pour assurer l'équilibre du bilan fertilisation – exportations sur le moyen terme.

► **L'exportation des pailles exige d'être compensée par une fertilisation potassique d'au moins 60 kg K₂O/ha.**

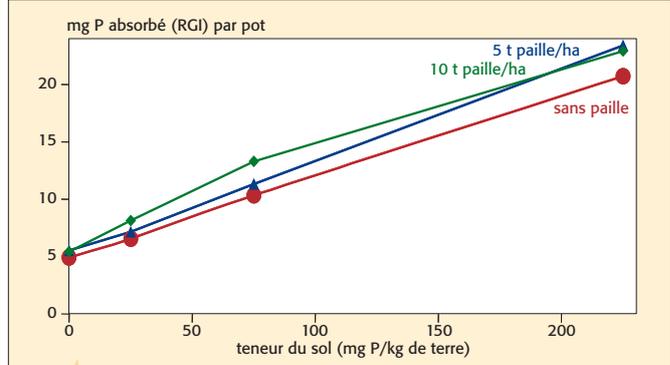
des pailles réduit par conséquent la quantité de potassium restitué au sol par le précédent cultural. Il en est de même pour le phosphore, mais les quantités mises en jeu sont plus faibles.

L'exportation des pailles se traduit donc par une baisse à

► **Augmenter la fertilisation potassique est nécessaire dans certaines situations.**

L'impact de l'exportation systématique des pailles de céréales (une année sur deux ou deux années sur trois selon

Effet de la restitution de pailles (0, 5 ou 10 t/ha) sur la disponibilité du phosphore du sol, pour trois niveaux de richesse initiale du sol (fig. 4)



(Kute, 1967)

L'enfouissement de pailles augmente la disponibilité du phosphore du sol, appréciée par la quantité de l'élément absorbé par une plante témoin (RGI).



© N. Comtec



© N. Comec

▲ **À long terme, l'exportation de pailles réduit la disponibilité du sol en NPK.**

les rotations prises en exemple) est modeste sur les doses de phosphore. Pour le potassium, l'effet est plus sensible. Pour un sol dont la disponibilité de cet élément est faible, l'augmentation est de 60 à 80 kg K₂O/ha/an. Ces valeurs sont calculées pour les objectifs de rendement correspondant aux pédoclimats de Picardie et doivent être ajustées en conséquence pour d'autres situations.

La disponibilité du phosphore du sol a été évaluée par l'absorption d'un ray-grass italien dans une expérimentation en pots. Sur le long terme, l'exportation des pailles modifie cette disponibilité (figure 4). Ceci est lié à la diminution du pouvoir fixateur du sol, phénomène plus largement constaté lors de l'ajout de diverses matières organiques (fumiers...)

et essentiellement imputable à l'élévation de la teneur en matière organique du sol.

Enfin, mentionnons que les pailles constituent une source d'alcalinité : leur exportation contribue à augmenter les risques d'acidification des sols.

D'autres conséquences de l'exportation des pailles sont à envisager, surtout sur le long terme : état organique et propriétés physiques du sol. La diminution du stock de matière organique dans le sol (qu'il est possible d'entretenir par d'autres techniques) conduira probablement, à long ou à très long terme, à la diminution de la disponibilité du phosphore et de la minéralisation de l'azote. ■

1 Culture Intermédiaire Piège À Nitrate

À retenir

L'exportation des pailles de céréales se traduit par :
 - une moindre capacité à organiser l'azote minéral présent dans les horizons de surface du sol. Ceci augmente la quantité d'azote disponible pour la culture suivante. L'accroissement du risque de lessivage du nitrate qui en résulte peut être

complètement maîtrisé par la mise en place d'une culture intermédiaire, par ailleurs favorable au maintien du stock de carbone dans le sol.
 - la nécessité d'augmenter la fertilisation phosphatée, mais surtout potassique, d'autant plus que la teneur du sol en K échangeable est faible.

L'effet de l'exportation des pailles sur la disponibilité en N et PK du sol pour les cultures (relativement à l'enfouissement) peut se résumer ainsi :

	À court terme	À long terme
N	Augmentation de la disponibilité	Réduction de la disponibilité
PK	Réduction de la disponibilité	Réduction de la disponibilité