

01

Transferts d'azote et minéralisation

Peu d'effet du travail du sol

Les transferts d'azote en profondeur par lessivage sont peu touchés par le mode de travail du sol. En revanche, les pertes par voie gazeuse peuvent être plus affectées, sans toutefois représenter des quantités importantes à l'échelle d'une année culturale. Revue de détail des références acquises à chaque poste du cycle de l'azote dans le sol.

Le simple effet du travail du sol par l'absence ou la présence de labour a relativement peu d'impact sur les postes du cycle de l'azote. Ce sont bien souvent les techniques associées comme le couvert hivernal ou les apports de matières organiques qui ont le plus d'incidence sur les flux d'azote.

L'azote est en effet un élément très mobile dans le sol. Il est très soluble, principalement sous la forme nitrate NO_3^- , et migre facilement avec l'eau. Le mode de travail du sol affecte peu son transfert en profondeur par lixiviation (ou lessivage).

Sur ce point, les résultats d'essais sont plutôt contradictoires : les transferts peuvent être plus élevés en labour qu'en non labour ou l'inverse, mais toujours avec des écarts faibles (tableau 1).

Christine Le Souder
c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS – Institut du végétal

En revanche, l'effet d'une Culture Intermédiaire Piège à Nitrate (CIPAN) est beaucoup plus net sur la réduction du lessivage. Sur le site de Boigneville (91), les pertes diminuent en moyenne de 10 à 14 kg N/ha/an sur 15 années de mesures. La présence d'une CIPAN est plus déterminante dans cette optique que d'éventuelles modifications du travail du sol.

L'effet du couvert hivernal est plus fort que l'effet travail du sol pour limiter le transfert d'azote par lessivage.

Sans labour, davantage de pertes par dénitrification

Les pertes d'azote par voie gazeuse sont plus élevées en non labour.

Ces pertes proviennent principalement de deux mécanismes : la volatilisation sous



© N. Comec

▲ Les transferts d'azote en profondeur ont généralement lieu en hiver. Pour les limiter, l'implantation d'une culture intermédiaire a plus d'impact que le mode de travail du sol.

Travail du sol et lessivage des nitrates (tab. 1)

Lieu	Azote perdue par lixiviation kg N/ha (ou mg NO ₃ /l)		
	Semis direct	Travail sup.	Labour
Boigneville (91) (site 33 ans) (calcul modèle LIXIM, 10/2003 - 04/2004)	24	21	15
Boigneville (91) (site 15 ans) (bougies poreuses, moyenne des 15 années)	sans CIPAN	23 (65)	31 (87)
	avec CIPAN	13 (38)	17 (50)
Parisot (81) 10 ans (CIPAN) La Jaillière (44) 11 ans (CIPAN) (dispositifs drainage, moyenne des années)	pas de différence pas de différence		

Le mode de travail du sol influence peu le transfert de l'azote par lessivage des nitrates.

forme d'ammoniac (NH₃) et la dénitrification sous forme de protoxyde d'azote (N₂O) et de diazote (N₂).

La volatilisation est un processus physico-chimique qui affecte la forme N-NH₄ de l'azote présente dans les engrais, qu'ils soient minéraux ou organiques. La dénitrification est, quant à elle, liée à l'activité biologique des sols qui extrait l'oxygène du nitrate et produit les gaz N₂O ou N₂, selon les conditions de milieu. Cette dénitrification est d'autant plus active que la couche superficielle du sol est saturée en eau ou en état d'hypoxie (sans oxygène).

Malgré les difficultés à évaluer ces pertes par voie gazeuse, tous les auteurs s'accordent à dire que la dénitrification est

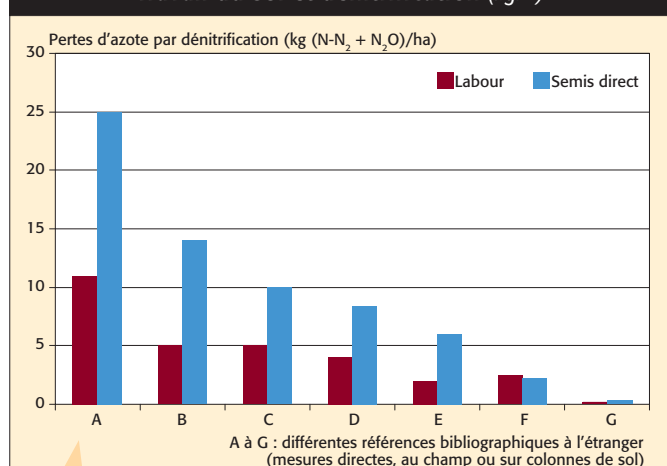
L'effet du travail du sol sur les pertes en azote serait plus sensible sur la qualité de l'air que sur celle des eaux.

supérieure en cas d'absence de labour. L'anoxie de surface y serait plus prononcée et plus longue en sortie d'hiver. Mais les écarts mesurés entre le semis direct et le labour restent faibles, de quelques kilos voire une dizaine de kilos N/ha/an (figure 1).

Sur le bilan d'azote strict, ces pertes sont minimes. En matière de bilan environnemental, l'enjeu est bien plus élevé, le protoxyde d'azote étant un puissant gaz à effet de serre: 1 kg de N₂O équivaut à 310 kg de CO₂.

Les résultats concernant la

Travail du sol et dénitrification (fig. 1)



Les pertes par dénitrification sont plus élevées en non labour, mais avec des écarts assez faibles.

volatilisation, moins nombreux et plus contradictoires, suivent la même tendance. L'absence de labour conduirait à la volatilisation de quelques kilos voire d'une dizaine de kilogrammes d'azote supplémentaires.

Les raisons citées sont surtout liées aux résidus végétaux. Leur présence augmenterait la surface d'échange entre l'engrais, le sol et l'atmosphère, en particulier pour les formes liquides. Sous le mulch, en l'absence de labour, la couche de sol a une densité apparente supérieure, ce qui ralentirait le transfert de l'azote en solution de la surface vers la profondeur.

Minéralisation : très peu d'écart

La minéralisation de l'azote dans les sols diffère peu qu'ils soient labourés ou non (tableau 2).

Pourtant, tout le monde s'accorde sur le fait que l'absence de labour provoque une accumulation de matière organique, et par conséquent d'azote organique, dans les premiers centimètres de la couche arable.

Sur l'essai travail du sol de Boigneville (91) mis en place depuis 33 ans, le stock d'azote organique sur une profondeur de 28 cm est plus important pour le semis direct (4,4 t N/ha) que pour le labour (4,1 t N/ha).

Il n'est pas nécessaire de majorer la fertilisation azotée en l'absence de labour. ▶

Cette différence ne se traduit cependant pas toujours dans les quantités d'azote minéralisées, en kg N/ha/an, disponibles pour les cultures.

Les références étrangères, acquises sur de faibles durées de différenciation du travail du sol, font état de différences peu significatives avec au maximum quelques kilos d'azote par an et par hectare : la quantité d'azote libérée par minéralisation semble légèrement accrue avec le travail du sol.

Cependant, sur les essais français, où la mesure de la minéralisation a pu se faire après 15 et 35 ans, cette quantité est identique, avec ou sans labour.

À noter que ni le travail du sol, ni la présence de CIPAN (moutarde, détruite vers 2 tonnes en début d'hiver) ne modifient la minéralisation d'azote sur l'essai de Boigneville.

Dans nos essais, il n'a pas été constaté de phase d'organisation (« faim d'azote ») différente selon la modalité de

▶ En non labour, l'augmentation du stock en azote organique du sol ne se traduit pas toujours par une augmentation de la minéralisation.

En France, quatre sites expérimentaux de longue durée permettent de mesurer l'évolution des flux d'azote dans le sol : deux essais à Boigneville dans l'Essonne, un à la Jaillière (Loire-Atlantique) et le dernier à Parisot (Tarn). ▼



© N. Cornec

Travail du sol et minéralisation (tab. 2)

Sites français	Vitesse de minéralisation (kg N/ha/Jn)	
	TCSL	Labour
Boigneville (91), 33 ans, K. Oorts	0,61	0,60 (NS)
Boigneville (91), 15 ans, K. Oorts sans CIPAN	0,60	0,64 (NS)
avec CIPAN	0,63	0,60 (NS)
La Jaillière (44, 17 ans) (CIPAN)	0,48	0,48 (NS)

À moyen et long terme, on constate peu ou pas d'effet des techniques culturales sans labour sur la minéralisation de l'azote.

travail du sol en sortie d'hiver, à la différence de quelques travaux étrangers.

L'absence de différence de minéralisation peut s'expliquer par une minéralisation plus intense en non labour sur les tout premiers centimètres du sol et moindre en-deçà. Le semis direct protégerait également la matière organique en « l'emprisonnant » dans des macro-agrégats plus stables en non labour.

Pas d'impact sur la dose d'azote à apporter

Des effets variables de l'utilisation de l'azote de l'engrais par les cultures ont été ob-

servés sur les essais français. En tendance, le CAU (coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais) ou le CRU (coefficient réel d'utilisation de l'azote de l'engrais) sont un peu meilleurs en labour qu'en semis direct. Mais on ne dispose pas de tous les paramètres permettant d'expliquer ces écarts, que ce soit les mesures de pertes par voie gazeuse ou les vitesses de croissance.

Par ailleurs, contrairement aux idées reçues, les références acquises ne nous permettent pas de dire qu'il faut systématiquement majorer la dose d'engrais azoté en l'absence de labour. Sur l'essai de longue durée de Boigneville, après 35 années d'expérimentation, la fertilisation azotée et les rendements ont toujours été identiques entre les différentes modalités de travail du sol. ■

Ont participé au chapitre « azote » de l'étude ADEME : Le Souder C. (1), Castillon P. (1), Genermont S. (3), Gillet J.-P. (1), Laurent F. (1), Lebreton J.-C. (5), Malaval C. (1), Nicolardot B. (2), Quere L. (4), Reau R. (4).

(1) ARVALIS - Institut du végétal, (2) INRA de Laon - Reims - Mons, dorénavant ENESAD, (3) INRA de Paris-Grignon, (4) CETIOM, (5) CA 53.



© A. Duertre, ARVALIS-Institut du végétal