

Évaluation de l'efficacité des cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) en novembre

Christophe Vandenberghe ⁽¹⁾, Richard Lambert ⁽²⁾, Jean Marie Marcoen ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Univ. Liège - Gembloux Agro-Bio Tech. Laboratoire de Géopédologie. GRENeRA. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : vandenberghe.c@fsagx.ac.be

⁽²⁾ Université catholique de Louvain. Département de Biologie appliquée et des Productions agricoles. Place Croix du Sud, 2/24. B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

Le Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture, transposition de la Directive Nitrates en Région wallonne (Belgique), prévoit que les cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) doivent être maintenues jusqu'au 1^{er} décembre. Cependant, pour des raisons agronomiques (faciliter le labour, éviter la production de graines), il est parfois souhaité d'enfouir les CIPAN plus tôt, à partir du 15 novembre par exemple. Cinq années (2002 à 2006) de suivi du reliquat en nitrate en novembre et en décembre ont néanmoins mis en évidence l'intérêt de maintenir ce couvert jusqu'au 1^{er} décembre puisqu'une réduction de reliquat de l'ordre de 10 kg N-NO₃⁻·ha⁻¹ était observée sur les parcelles couvertes au cours des deux dernières décades de novembre.

Mots-clés. Azote, nitrate, CIPAN, enfouissement, pratiques agricoles.

Evaluation of the catch crops efficiency in November. The wallon Action Programme (Belgium) called "Sustainable Use of Nitrogen's Programme", plans the ploughing in of the catch crops from the 1st December. However it would be preferable for agronomic reasons (to make the ploughing easier, to avoid grains production) to plough in the catch crops from 15th November. Five years (from 2002 to 2006) measurements of soil nitrate residue have nevertheless underlined the interest of maintaining this cover up to 1st December; some 10 kg N-NO₃⁻·ha⁻¹ were consumed by the catch crop during the end of November.

Keywords. Nitrogen, nitrate, catch crops, incorporation, agricultural practices.

1. INTRODUCTION

L'actuel Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA), transcription de la Directive Nitrates (91/676) dans la législation wallonne [Arrêté du Gouvernement wallon modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau en ce qui concerne la gestion durable de l'azote en agriculture (Moniteur Belge, 07.03.2007)] prévoit l'enfouissement des cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) à partir du 1^{er} décembre. L'enquête publique relative au PGDA, réalisée en 2008 par la DGARNE (Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement) a, entre autres, mis en avant le souhait des agriculteurs d'avancer au 15 novembre la date d'enfouissement des CIPAN, effectué à l'occasion du labour d'hiver. Il importe donc de pouvoir évaluer si cette modification peut avoir un impact sur l'efficacité de la CIPAN. Les mesures de reliquat azoté réalisées en novembre et décembre dans le Survey Surfaces Agricoles (SSA) entre 2002 et 2006 ont été analysées dans ce but.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel

Le SSA est constitué d'une trentaine d'exploitations, suivies dans le cadre du PGDA, par GRENeRA (FUSAGx, devenue ULg - Gembloux Agro-Bio Tech) et l'UCL depuis 2002. Des mesures de reliquat azoté y sont régulièrement effectuées afin d'établir annuellement les références d'APL (Azote Potentiellement Lessivable). Ces exploitations sont principalement situées en zone vulnérable et ont été choisies de manière à rencontrer la diversité des cultures et élevages en région wallonne (Vandenberghe et al., 2004). Les parcelles suivies dans ces exploitations ont également été sélectionnées de manière à être représentatives des principales séries de sols en région wallonne. De plus, une taille minimale (1 ha) est fixée afin de limiter les biais liés aux zones de redoublement d'épandage (engrais minéraux, engrais de ferme).

Dans ces exploitations, des conseils de fumure sont prodigués sur chaque parcelle suivie (une huitaine par

exploitation) et le reliquat azoté est mesuré durant les premières décades d'octobre, de novembre et de décembre. Les résultats de ces mesures sont utilisés pour établir les références d'APL.

Ainsi, entre 2002 et 2006, de 16 à 30 parcelles de froment ou d'escourgeon suivi d'une CIPAN ont fait l'objet d'un échantillonnage de sol les premières décades de novembre et de décembre. Ces résultats d'analyse sont utilisés dans cette étude afin d'évaluer si les CIPAN ont encore un effet de piégeage de l'azote au cours de la deuxième et troisième décade de novembre.

2.2. Méthodes

Mesure du reliquat azoté. Chaque parcelle de terre arable est échantillonnée à raison de 10 prélèvements au moins. L'échantillonnage couvre de manière homogène l'entièreté de celle-ci, à l'exception des abords immédiats de son pourtour, des sites de stockage de fumier ou de toute autre portion de surface traitée de manière significativement différente du reste de la parcelle.

Chaque prélèvement dans une parcelle de terre arable est subdivisé en trois couches (de 0 à 30 cm, de 30 à 60 cm et de 60 à 90 cm de profondeur). Ces prélèvements se font à l'aide d'une sonde dont le diamètre est tel que la masse de terre prélevée, soit au moins de 300 g par couche et par parcelle échantillonnée.

Au moment du prélèvement, le degré de ressuyage du sol doit être suffisant pour palier au risque de souillure d'une couche par une autre (« coulage ») et pour permettre aux traitements ultérieurs de l'échantillon de se réaliser dans de bonnes conditions (tamisage, homogénéisation de l'échantillon). Ces prélèvements sont réalisés à l'aide d'une sonde tubulaire de type gouge fermée ou en demi-lune, soit d'une tarière hélicoïdale de type vrille.

Pour chaque parcelle échantillonnée, la terre prélevée est placée dans un contenant thermiquement isolé et hermétiquement fermé. Les échantillons sont analysés par le laboratoire immédiatement après réception ou, à défaut, stockés en chambre froide à une température comprise entre 1 °C et 4 °C pendant une durée maximale de cinq jours avant analyse.

Avant analyse, l'intégralité du contenu de chaque sachet est soigneusement homogénéisé par tamisage au travers d'un tamis de mailles de 8 mm. Si après tamisage, il subsiste un refus sur le tamis, ce refus est pesé et la charge caillouteuse en est déduite. Si la charge caillouteuse est inférieure à 10 %, les calculs sont pondérés en tenant compte de la charge mesurée. Si elle est supérieure à 10 %, la charge caillouteuse est déduite de la carte numérique des sols de Wallonie (Borgers et al., 2006).

Immédiatement après tamisage, l'extraction de l'ion nitrate se réalise sur la matière brute non séchée d'une partie aliquote de minimum 30 g d'échantillon par solution KCl 0,1N. Le rapport d'extraction (poids de terre/volume de solution d'extraction) est de 1/5.

Les flacons servant à l'extraction sont bouchés et soumis à l'action d'un agitateur rotatif pendant 30 min. La solution est ensuite laissée au repos pendant 30 min pour décantation. Le dosage de l'ion nitrate est effectué sur le surnageant qui, selon la méthode de dosage, est préalablement filtré ou centrifugé. Si le dosage n'est pas effectué endéans les 3 h qui suivent l'extraction, les extraits sont stockés en chambre froide, à une température maximale de 4 °C, à l'abri de la lumière pendant une durée maximale de 48 h.

Le dosage du nitrate est effectué par le laboratoire selon une méthode standardisée telle que :

- la méthode colorimétrique de dosage direct du nitrate par l'acide chromotrope (West et al., 1960),
- la méthode colorimétrique de dosage direct du nitrate par la brucine (Baker, 1967),
- la méthode titrimétrique de réduction du nitrate en ammonium par l'alliage de Devarda, après distillation et entraînement à la vapeur,
- la méthode colorimétrique de réduction du nitrate en nitrite (à l'aide notamment de cadmium ou d'hydrazine) avec dosage de l'ion nitrite par la réaction de Griess-Ilosvay modifiée (Bremner, 1965 ; Guiot, 1975).

Le résultat obtenu est exprimé en $\text{kg N-NO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en intégrant des paramètres tels que l'épaisseur de la couche de sol, le pourcentage de matière sèche, le rapport cailloux/terre et la densité apparente à l'état sec. Pour ce faire, les valeurs standard suivantes de poids spécifique apparent sur sol sec par couche sont appliquées : $1,35 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ pour la couche supérieure (0-30 cm), $1,5 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ pour les autres couches (30-60 cm et 60-90 cm) en terre arable. Cette méthode de mesure du reliquat azoté s'appuie sur les travaux de Guiot et al. (1992) complétés en 2002 (Destain et al.), elle a été publiée dans le *Moniteur belge* (Moniteur belge, 2008) et est utilisée par tous les laboratoires provinciaux wallons.

Test statistique. Les résultats des analyses (novembre et décembre) ne sont pas indépendants puisque celles-ci ont été effectuées sur les mêmes parcelles à des périodes différentes. En conséquence, ces résultats sont associés par paires et le test appliqué est basé sur le calcul de la différence entre couples d'observations (Dagnelie, 1998). Le test t par paires ou par couples concerne la même hypothèse que le test t classique :

$$H_0 : m_1 = m_2.$$

Il peut être réalisé en calculant les différences :

$$d_1 = x_{11} - x_{21}, \dots, d_n = x_{1n} - x_{2n}$$

et la quantité

$$t_{\text{obs}} = [(x_{1\text{moy}} - x_{2\text{moy}})] / (\text{SCE}_d / (n * (n-1)) \exp 0.5$$

SCE_d représentant la somme des carrés des écarts des différences d_i .

L'hypothèse d'égalité des moyennes doit être rejetée, pour un test bilatéral de niveau α , quand :

$$P(|t| > t_{\text{obs}}) \leq \alpha.$$

Les conditions d'utilisation de cette méthode sont que les couples d'observation constituent un échantillon aléatoire et simple. Vu l'effectif suffisant, la condition de normalité de la population des différences n'a été testée.

3. RÉSULTATS

L'observation des paires de mesures effectuées en 2002 indique une diminution du reliquat azoté entre la première décennie de novembre et la première décennie de décembre (**Figure 1**).

Cette diminution moyenne du reliquat azoté dans le sol est de l'ordre de 8 kg N-NO₃·ha⁻¹ (**Tableau 1**).

Le test statistique réalisé indique que la probabilité $P(|t| > t_{\text{obs}})$ est égale à 0,033. La différence de résultats entre les deux périodes d'observations est donc significative. Un test similaire a été réalisé sur les résultats enregistrés au cours de ces deux périodes de mesures dans la couche 60-90 cm pour constater un éventuel enrichissement en azote nitrique de cette couche, synonyme de lixiviation du nitrate. L'observation des résultats indique une diminution du

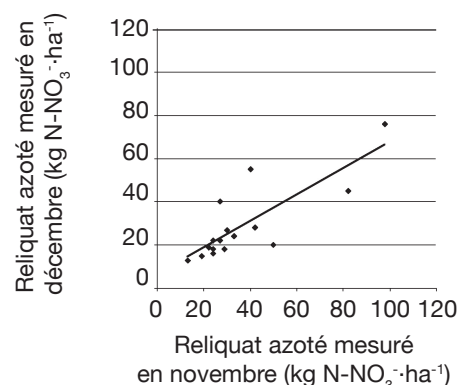


Figure 1. Évolution du reliquat azoté mesuré en 2002 — *Evolution of the soil nitrate nitrogen residue in 2002.*

Tableau 1. Description des mesures de reliquat azoté réalisées en 2002 — *Description of the measures of the soil nitrate nitrogen residue realized in 2002.*

2002	Effectif	Moyenne (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)	Variance (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)
Novembre	16	36,50	22,96
Décembre	16	28,62	17,19
Différence		7,88	13,46

reliquat azoté (-3 kg N-NO₃·ha⁻¹) dans cette couche entre novembre et décembre. Le test réalisé n'indique pas de différence significative entre les deux séries d'observations. La CIPAN a donc eu un effet de piégeage d'azote au cours des deuxième et troisième décades de novembre.

Les observations réalisées au cours des années 2003 à 2006 (**Figure 2** à **Figure 5** et **Tableau 2** à **Tableau 5**) confirment et complètent ces conclusions : plus le reliquat azoté mesuré en novembre est élevé, plus la diminution (différence entre la mesure de novembre et de décembre) du reliquat azoté est importante.

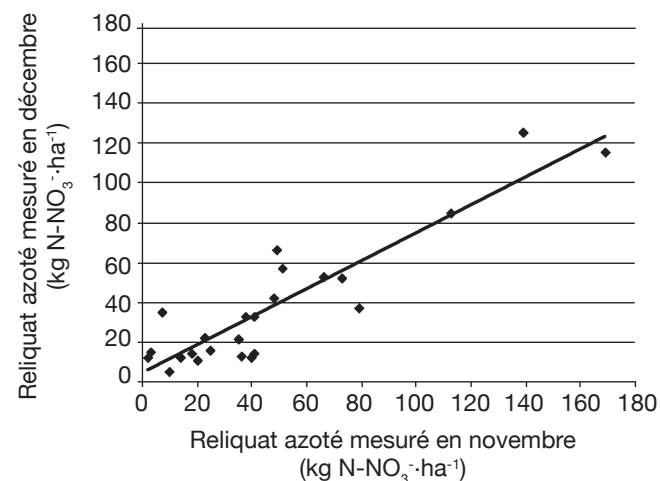


Figure 2. Évolution du reliquat azoté mesuré en 2003 — *Evolution of the soil nitrate nitrogen residue in 2003.*

Tableau 2. Description des mesures de reliquat azoté réalisées en 2003 — *Description of the measures of the soil nitrate nitrogen residue realized in 2003.*

2003	Effectif	Moyenne (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)	Variance (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)
Novembre	24	47,50	42,17
Décembre	24	37,50	32,65
Différence		10,00	18,41

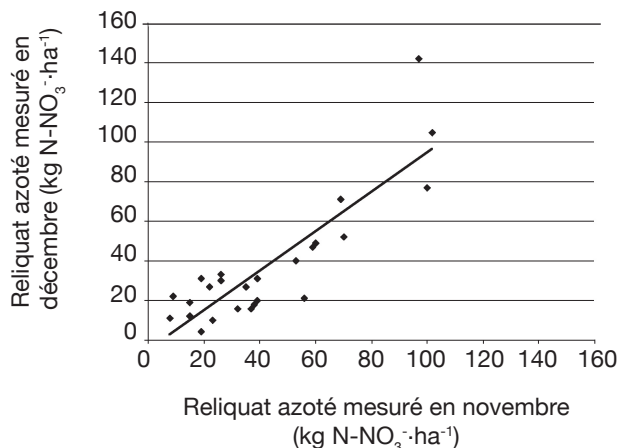


Figure 3. Évolution du reliquat azoté mesuré en 2004 — *Evolution of the soil nitrate nitrogen residue in 2004.*

Tableau 3. Description des mesures de reliquat azoté réalisées en 2004 — *Description of the measures of the soil nitrate nitrogen residue realized in 2004.*

2004	Effectif	Moyenne (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)	Variance (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)
Novembre	20	37,10	23,29
Décembre	20	28,90	16,91
Différence		8,20	13,17

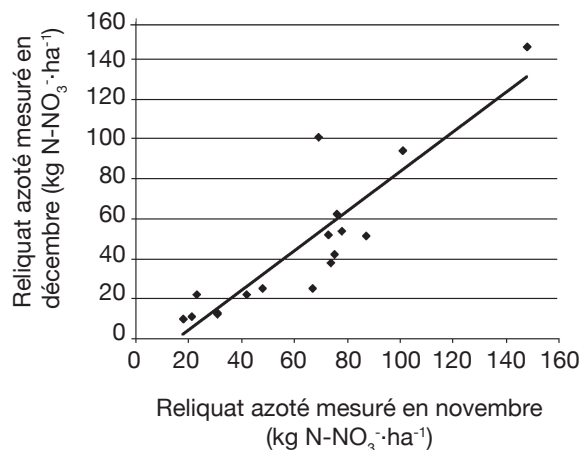


Figure 5. Évolution du reliquat azoté mesuré en 2006 — *Evolution of the soil nitrate nitrogen residue in 2006.*

Tableau 5. Description des mesures de reliquat azoté réalisées en 2006 — *Description of the measures of the soil nitrate nitrogen residue realized in 2006.*

2006	Effectif	Moyenne (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)	Variance (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)
Novembre	17	62,47	33,68
Décembre	17	45,88	37,57
Différence		16,59	17,39

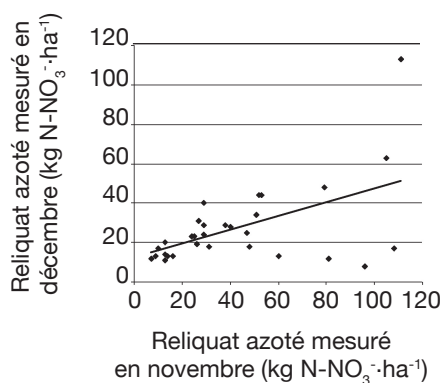


Figure 4. Évolution du reliquat azoté mesuré en 2005 — *Evolution of the soil nitrate nitrogen residue in 2005.*

Tableau 4. Description des mesures de reliquat azoté réalisées en 2005 — *Description of the measures of the soil nitrate nitrogen residue realized in 2005.*

2005	Effectif	Moyenne (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)	Variance (kg N-NO ₃ ·ha ⁻¹)
Novembre	30	42,80	31,42
Décembre	30	27,20	20,76
Différence		15,60	26,91

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

De 2002 à 2006, le reliquat azoté a été suivi chaque année dans plus d'une quinzaine de parcelles de froment ou d'escourgeon suivi d'une CIPAN. Ces parcelles faisaient partie du SSA et ont donc fait l'objet de conseils de fumure et d'un suivi de reliquat azoté, entre autres, les premières décades de novembre et de décembre. L'observation des résultats indique une diminution significative à très hautement significative du reliquat azoté dans le sol (0-90 cm) au cours de cette période de 8 kg N-NO₃·ha⁻¹ (année 2002) à 17 kg N-NO₃·ha⁻¹ (année 2006). La diminution est d'autant plus importante que le reliquat azoté en novembre est élevé (année 2006). Cet effet bénéfique sur le reliquat azoté en début de période de lixiviation est également amplifié par un retard du processus de décomposition de la biomasse enfouie ainsi que par une minéralisation ralentie due à l'augmentation du rapport C/N de la matière enfouie (lignification dans le cas de la moutarde). Néanmoins, il faut signaler deux effets négatifs. Premièrement, un labour d'hiver effectué après le 1^{er} décembre peut, lors de conditions climatiques humides en novembre, être de moins bonne qualité pour la structure du sol, voire être rendu impossible dans le cas de sols hydromorphes

ou argileux. Deuxièmement, une CIPAN telle que la moutarde, si elle est semée dans de bonnes conditions et/ou de manière précoce (août) peut atteindre le stade de production de graines en décembre. Dans ce cas, sa capacité de prélèvement de nitrate peut être réduite et l'enfouissement serait également synonyme de semis, ce qui obligerait occasionnellement un traitement herbicide spécifique.

Le choix d'une date d'enfouissement est donc un compromis entre la raison « environnementale » et la raison « agronomique ». Les observations réalisées entre 2002 et 2006 ont montré une variabilité interannuelle importante du reliquat azoté en novembre (de 37 à 62 kg N-NO₃⁻·ha⁻¹). Vu cette variabilité, la date d'enfouissement des CIPAN pourrait être chaque année fonction du reliquat azoté mesuré début novembre. Par exemple, si le reliquat est inférieur à 40 kg N-NO₃⁻·ha⁻¹, l'enfouissement pourrait être réalisé à partir du 15 novembre. Dans le cas contraire, l'enfouissement serait maintenu au 1^{er} décembre pour permettre une réduction supplémentaire de 10 à 15 kg N-NO₃⁻·ha⁻¹ dans le sol.

Bibliographie

- Baker A.S., 1967. Colorimetric determination of nitrate in soil and plant extracts with brucine. *J. Agric. Food Chem.*, **17**, 802-806.
- Borgers N., Vandenberghe C. & Marcoen J.M., 2006. Possibilité d'utilisation de la Carte Numérique des Sols de Wallonie pour l'estimation de la pierrosité des sols échantillonnés. Dossier GRENeRA 05-02, http://www.fsagx.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/DG/2005/DG_05-02chargecaillouteuse.pdf, (07.10.09).
- Bremner J.M., 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: Black C.A. et al. (eds). *Methods of soil analysis. Part 2*. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, 1179-1237.
- Dagnelie P., 1998. *Statistique théorique et appliquée. Inférence statistique à une ou deux dimensions*. Louvain-la-Neuve, Belgique : Éditions De Boeck-Université.
- Destain J.-P. et al., 2002. *Établissement d'un cahier des charges pour la mesure d'azote nitrique dans les sols : synthèse et justifications. Rapport d'activités annuel intermédiaire 2002, Dossier GRENeRA 02-01*, http://www.fsagx.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/DG/2002/DG_02-01_cahier_charges_internet.pdf, (07.10.09).
- Guiot J., 1975. Estimation des réserves azotées du sol par détermination de l'azote minéral. *Rev. Agric.*, **28**, 1117-1132.
- Guiot J., Goffart J.-P. & Destain J.-P., 1992. Le dosage des nitrates dans le sol. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, **27**(1), 61-74.
- Moniteur belge, 2008. *Arrêté ministériel portant certaines dispositions d'exécution relatives aux techniques de mesure de l'azote potentiellement lessivable et au « survey surfaces agricoles » en application du chapitre IV de la partie réglementaire du Code de l'Eau*, 28.03.2008.
- Vandenberghe C. & Marcoen J.M., 2004. Transposition de la Directive Nitrates (CE) en Région wallonne : azote potentiellement lessivable de référence pour les sols cultivés en Région wallonne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **8**(2), 111-118.
- West P.W. & Lyles G.L., 1960. A new method for the determination of nitrates. *Anal. Chim. Acta*, **23**, 227-232.

(10 réf.)