

DÉTERMINATION TERRAIN DU COEFFICIENT D'EFFICACITÉ AZOTÉ ET DU DÉLAI DE LIBÉRATION DE L'AZOTE (N) DES FIENTES GRANULÉES DE POULES PONDEUSES DANS LES CULTURES DE MAÏS-GRAIN ET AVOINE

C. Landry, M. Marchand-Roy, J. Mainguy et M. Paradis.

Projet : IA216694

Durée : 04/2016 – 03/2019

FAITS SAILLANTS

Les fientes de poules en granulées (FPG) utilisées comme source de fertilisant azoté (N) doivent être apportées selon un coefficient d'efficacité azoté (CEN) adéquat pour éviter des baisses de rendements (sous-fertilisation, excès de N) ou une hausse des risques de pollution diffuse. Considérer un CEN trop faible entraîne en l'épandage de plus de N que nécessaire, mais aussi de phosphore (P). La difficulté réside dans le choix du CEN juste puisqu'il n'en existe pas de spécifique aux FPG. La 1^{ère} éd. du Guide de référence en fertilisation (GREF) (CRAAQ 2003) conférait au lisier de volailles un CEN élevé (75-85 %). Cependant, la 2^e éd. (CRAAQ 2010) mène au calcul de CEN beaucoup plus bas (cultures nitrophiles : CE à 60-70 %, autres : CE à 50-60 %; C/N=8). Ceci ne correspond pas à la performance des FPG observée en contexte de production ou de recherche. Des essais ont donc été réalisés à la Station de recherche de Deschambault de l'IRDA à l'été 2017 et 2018 afin de caractériser les FPG, de déterminer leur impact sur les flux du nitrate (NO₃) in situ du sol, la nutrition N et le rendement des cultures et d'établir leur CEN pour une culture nitrophile (maïs-grains) et non exigeante en N (avoine), en comparaison de l'engrais de synthèse (ECV). Il en ressort que les FPG sont constitués à 75 % de C facilement minéralisable (ISB=13), dont 16 % de C labile (Ceau), et que leur contenu en N_{total} est à 96 % organique (No). Cette combinaison permet une minéralisation rapide du No et un relâchement hâtif de NO₃, tel que l'illustre les flux de NO₃ sur la saison pour les deux cultures. De même, les FPG ont été efficaces à nourrir les cultures en N, en plus de stimuler l'activité biologique du sol aux doses appliquées pour le maïs-grain. Il n'a pas été possible de statuer sur un CEN spécifique, mais les intervalles identifiés sont tous plus élevés que les CEN du GREF (2010). D'une part, l'ECV a entraîné un prélèvement de luxe. Ceci vient artificiellement abaisser les CEN calculés selon ce paramètre (avoine : CEN = 60-64 %, maïs : CEN=74-90 %). Ces derniers se sont donc avérés plus bas que les CEN identifiés selon les rendements (avoine : CEN=80 %, maïs : CEN=90-110 %). D'autre part, l'absence de courbe de réponse complète des rendements, due à l'efficacité plus grande que prévue des FPG, ne permet pas de statuer sur le CEN maximal selon ce paramètre non plus. Dans l'attente d'essais supplémentaires, un CEN plus élevé pourrait toutefois être utilisé dans les cultures comme l'avoine, sans dépasser 80 %. Une valeur moyenne de ≈ 70 % pourrait être proposée. Dans le cas des cultures comme le maïs-grain, un CEN entre 85-90% semble adéquat. Le CEN est plus élevé lorsque les FPG sont utilisées pour fertiliser le maïs-grain que l'avoine. Le caractère nitrophile de la culture, couplé au mode d'application en bande et fractionnée, contribuent probablement à cette meilleure efficacité. Les FPG ont tout de même été performantes dans la culture de l'avoine, mais l'application à la volée tendait à induire un délai suivant l'application de l'engrais en comparaison de l'ECV. Enfin, l'emploi des FPG, mêmes aux doses les plus grandes testées, n'entraîne pas de hausse du NO₃ ou du P soluble (Peau) résiduels, ni de la fourniture en N du sol en post-récolte et ils présentent avec les CEN identifiés un excellent ratio Neff/P_{total}, contribuant à diminuer les apports de P excédentaires.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

Établir pour les FPG en comparaison de l'ECV : 1) les CEN pour le maïs-grain et l'avoine; 2) les délais de libération et les flux in situ de NO₃ sur la saison, 3) l'impact sur l'activité microbienne, 4) ainsi que sur le NO₃ et le Peau résiduels du sol. Le projet s'est déroulé à la ferme expérimentale de Deschambault de l'IRDA pendant 2 ans. Les dispositifs de maïs-grain et d'avoine avaient trois répétitions. Les traitements comprenaient un témoin non fertilisé en N (0N) pour connaître la fourniture du sol, une fertilisation ECV à la dose recommandée (27-0-0) (CRAAQ 2010) et quatre doses croissantes de FPG apportées selon un CEN recommandé (CRAAQ 2010), un CEN inférieur et deux CEN supérieurs. Les prélèvements en N_{total} des cultures et les rendements ont été mesurés. Les coefficients d'utilisation apparente du N (CUA) (N_{total} prélevé engrais - N_{total} prélevé sol 0N) des traitements FPG et ECV ont été calculés, puis le CEN des FPG en fixant le CUA de l'ECV comme étant 100 % efficace. Les flux de NO₃ ont été suivis avec des membranes d'échanges ioniques (MEI). Le C labile a été déterminé selon la méthode à l'eau (Ceau) et celle au permanganate (POXC). L'activité biologique par la mesure de l'activité uréase, du dégagement de CO₂ et de la libération de NO₃ par minéralisation par une incubation de 10 jours.

RETOMBÉES SIGNIFICATIVES POUR L'INDUSTRIE

La libération des flux de NO₃ des FPG a été rapide et intense (Fig. 1). Dans l'avoine, les flux de FPG et d'ECV ont été de mêmes intensités en 2017. En 2018, les flux d'ECV étaient plus élevés de juin à la mi-juillet. Toutefois, un CE très haut (90%) avait été testé pour les FPG. Au printemps, un certain délai semblait s'observer pour les flux de NO₃ des FPG. Toutefois, cette différence n'est significative que pour 2018. De plus, dans cette période, les besoins en N sont très faibles voir nuls. Ce délai est donc plutôt un avantage puisque le NO₃ libéré trop tôt est à risque de lessivage. Pour les deux engrais, l'effet fertilisant perdure ≈ 45 jours après semis. Les pics de libération sont donc bien synchronisés avec le prélèvement actif (> 70%) en N de l'avoine (tallage - stade épiaison). L'effet des FPG ne perdure donc pas plus longtemps que celui de l'ECV, indiquant une minéralisation rapide du No. Dans le maïs, où les engrais ont été apportés en bande près de la zone racinaire, et non à la volée, aucun délai de libération du NO₃ n'est observé. Par la suite, les deux années, une montée des flux de NO₃ se produit sur environ 1 mois, à mêmes intensités pour les deux engrais. Suivant l'apport fractionné, les flux remontent rapidement. En 2017, ceux des FPG et de l'ECV suivent une ascension similaire. En 2018, ceux des FPG sont de 1,3 à 2,5 fois moindres que ceux de l'ECV (P = 0,0037-0,0614) sur un mois environ. Cela explique certainement la baisse de rendement mesurée avec ce traitement (CEN 0,90) qui semble toutefois avoir eu un problème spécifique qui n'est pas nécessairement en lien avec le produit testé puisque la dose d'apport de FPG juste en dessous (CEN 1,00; 160 kg N_{total} ha⁻¹) et juste au-dessus (CEN 0,80 ; 200 kg N_{total} ha⁻¹) ont produit des rendements en grains équivalents à l'ECV (voir Tab. 2). Et la plus faible dose de FPG (CEN 1,10; 145 kg N_{total} ha⁻¹), un rendement supérieur à l'ECV malgré un apport de N_{total} moindre.

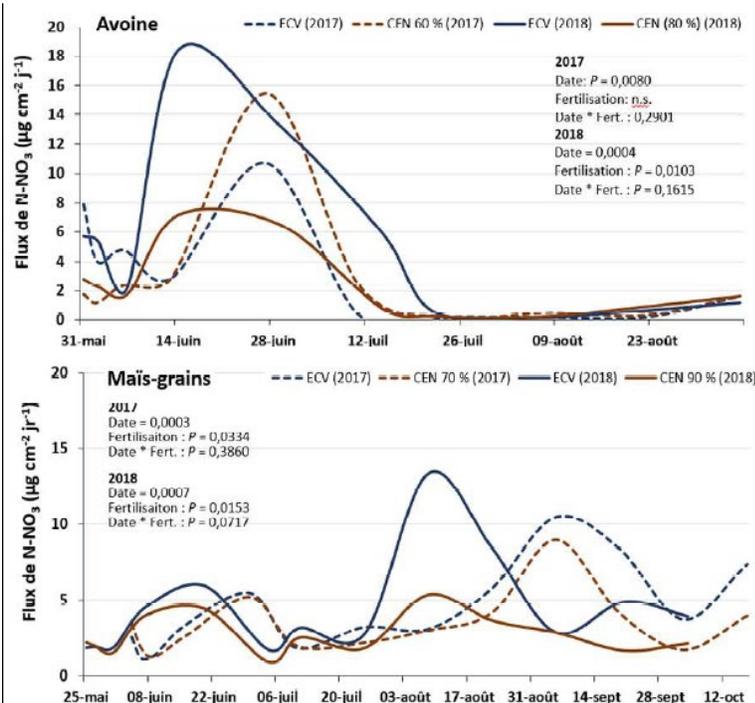


Fig. 1 Flux de nitrate dans les sols fertilisés avec de l'engrais de synthèse ou les fientes granulées de poules, en 2017 et 2018, dans la culture de l'avoine et du maïs en 2018.

Tab. 1 Caractéristiques des FPG (moy. 2017-18) sur base tel qu'utilisé, sauf indication contraire.

Paramètres ¹	FPG
pH	7,7
Matière Sèche (%) b.s.	89,0
Matière organique (%) b.s.	71,5
C _{org} total (%) b.s.	32,5
C _{labile} soluble (C _{eau}) (kg/T)	45,6
C _{eau} /C _{total}	15,9
ISB global	13,2
Fraction soluble (%)	74,5
N _{total} Keijdhall (kg/T)	50,1
N-NO ₃ (KCl) (kg/T)	0,024
N NH ₄ (KCl) (kg/T)	2,2
N _{total} /N _{total} (%)	4,5
C/N	6,2
P _{total} (kg/T)	15,8
P soluble (P _{eau}) (kg/T)	1,5
P _{HCl} (kg/T)	9,7
P _{eau} /P _{total} (%)	9,5
P _{HCl} /P _{total} (%)	62,0
N _{total} /P _{total}	3,2
K (kg/T)	22,2
Ca (kg/T)	52,6
Mg (kg/T)	5,2
Al (kg/T)	0,43
P/Al	0,38
K/(Ca+Mg)	0,39

La caractérisation physico-chimique des granules (Tab. 1) corrobore les observations sur les flux. Elle révèle que les FPG contiennent ≈ 50 kg Ntotal T-1 (≈ 90 % MS), dont 96 % de No. Elles sont constituées de C instable (ISB=13, 75% du C dans la fraction soluble), dont 16 % de C labile (C_{eau}). Il n'est donc pas étonnant que leur minéralisation ait été rapide et que l'apport de celles-ci aux doses testées $\geq 3,5$ T ha-1 dans le maïs ait augmenté le C_{eau}, la respiration microbienne et l'activité de l'uréase du sol. Le POXC a extrait trois fois plus de C labile du sol que le C_{eau} et n'a pas permis de voir un effet des FPG. Le POXC semble donc moins sensible. En ce qui a trait au P, 10 % est soluble à l'eau et donc hautement disponible et 63 % est considéré résistant. Ainsi, environ 27 % du P est moyennement disponible.

Tab. 2 Prélèvements totaux en N, rendements finaux et CEN des FPG

Avoine 2017				Avoine 2018			
Traitements	Prélèvement (kg N/ha)	CE (%)	Rendements (T/ha)	Traitements	Prélèvement (kg N/ha)	CE (%)	Rendements (T/ha)
ECV	79 d	100	2,90 b	ECV	95 c	100	3,45 c
ON	54 a	-	2,48 a	ON	64 a	-	2,49 a
CEN 80 %	74 cd	64	3,27 b	CEN 114 %	80 b	58	2,97 b
CEN 70 %	68 b	40	3,12 b	CEN 103 %	79 b	50	3,07 b
CEN 60 %	72 bc	43	3,08 b	CEN 91 %	81 b	49	3,04 b
CEN 50 %	76 cd	43	3,10 b	CEN 80 %	87 bc	60	3,23 bc
Valeurs P	0,0002	.	0,0726	Valeurs P	0,0089	.	0,0082
Maïs 2017				Maïs 2018			
Traitements	Prélèvement (kg N/ha)	CE (%)	Rendements (T/ha)	Traitements	Prélèvement (kg N/ha)	CE (%)	Rendements (T/ha)
ECV	163 bc	100	8,33 b	ECV	196 d	100	7,51 c
ON	70 a	-	5,49 a	ON	95 a	-	4,77 a
CEN 90 %	146 b	74	9,26 b	CEN 110 %	178 c	90	7,96 d
CEN 80 %	152 b	71	9,44 b	CEN 100 %	183 cd	86	7,21 c
CEN 70 %	164 b	71	9,55 b	CEN 90 %	158 b	56	7,41 b
CEN 60 %	173 c	66	9,56 b	CEN 80 %	189 cd	74	7,20 c
Valeurs P	<0,0001	.	0,0036	Valeurs P	<0,0001	.	<0,0001

L'efficacité des FPG à soutenir des rendements a été plus élevée qu'attendu (Tab. 2). Aux doses testées en 2017, sur la base des CEN du GREF (2010), aucune différence significative n'a été mesurée entre les deux engrais. En 2018, les CEN testés ont donc été fortement haussés afin d'obtenir une courbe de réponse. Un rendement équivalent à l'ECV a été obtenu avec un CEN de 80% dans l'avoine. Dans le maïs, les CEN de 80 et 100% ont produit des rendements équivalents et le CEN de 110% un rendement supérieur à l'ECV. Il n'a toutefois pas été possible de statuer sur un CEN spécifique. D'une part, l'ECV a entraîné un prélèvement de luxe (Tab. 2). Ceci vient artificiellement abaisser les CEN calculés selon ce paramètre (avoine : CEN = 60-64%, maïs : CEN = 74-90%). Ces derniers se sont donc avérés plus bas que les CEN identifiés selon les rendements (avoine : CEN=80 %, maïs : CEN=90-110 %). D'autre part, comme il n'a pas été possible d'obtenir de courbe de réponse complète des rendements, ce paramètre ne permet pas non plus de statuer sur le CEN maximal. Dans l'attente d'essais supplémentaires, un CEN plus élevé pourrait toutefois être utilisé dans les cultures comme l'avoine, en moyenne de ≈ 70 %, sans dépasser 80 %. Dans le cas des cultures comme le maïs, un CEN entre 85-90% semble sécuritaire. Enfin, l'emploi des FPG, même aux doses les plus grandes testées, n'entraîne pas de hausse du NO₃ ou du P soluble (Peau) résiduel, ni du potentiel de fourniture en NO₃ du sol en post-récolte et ils présentent avec les CEN identifiés un excellent ratio Neff/Ptotal, contribuant à diminuer les apports de P excédentaires.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUIVI À DONNER

Les FPG à une dose de $\geq 3,5$ T ha⁻¹ peuvent être utilisées pour hausser le C labile du sol pour la saison et stimuler son activité biologique. Les FPG présentent un des meilleurs ratios Neff/Ptotal parmi les engrais de ferme courants. Elles permettent donc d'apporter moins de P pour une même quantité de N disponible visée et peuvent s'avérer un choix pertinent en cas de sols plus riches en P. Vu leur faible ISB, il ne s'agit en aucun cas d'un apport organique structurant pour les sols. Elles stimuleront plutôt une dégradation accrue des MO plus résistantes déjà présentes (ex. résidus de cultures). Une surveillance du taux de MO des sols où les FPG sont couramment utilisées devrait ainsi être effectuée avec des apports d'amendements structurants conséquents. En attente d'essais supplémentaires, un CEN plus élevé que celui du GREF (2010) pourrait être utilisé dans les cultures comme l'avoine, en moyenne de ≈ 70 %, sans dépasser 80 %. Lorsqu'appliqué à la volée, un délai de quelques jours (7-14) peut survenir dans la libération du NO₃. Dans le cas des cultures nitrophiles comme le maïs-grain, un CEN plus élevé, entre 85-90%, semble sécuritaire. Vu leurs labilité et rapidité de relâchement du NO₃, les FPG devraient préférablement être mis en bande et fractionnées, d'autant plus que leur forme granulée le permet. De plus, elles ne devraient pas être appliquées en fin d'été ou en automne pour la saison suivante, à moins d'apporter une dose réduite pour fertiliser un engrais vert. Enfin, le Ceau s'est avéré plus sensible comme mesure de C labile que celui extrait au permanganate, qui donnait des valeurs trois fois plus élevées.

POINT DE CONTACT

Nom du responsable du projet : Christine Landry
Téléphone : 418-643-2380 poste 640
Courriel : Christine.landry@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

