

VOLATILISATION AMMONIACALE SUITE À L'APPORT D'ENGRAIS MINÉRAUX

DES ÉCARTS MESURÉS

au champ entre formes d'engrais

La volatilisation de l'azote ammoniacal suite à l'épandage d'engrais minéraux est une des principales causes de leur perte d'efficacité, pouvant engendrer un préjudice technico-économique pour l'agriculteur et une pollution atmosphérique. Dans une récente étude menée en France, l'ammonitrate se révèle être la forme la moins émissive, comparativement à la solution azotée et à l'urée solide.



Le dispositif expérimental a permis de suivre les émissions d'ammoniac issues des engrais minéraux apportés en 2011 et 2012 sur céréale à paille et colza.

La volatilisation ammoniacale correspond à l'émission d'ammoniac gazeux (NH_3) dans l'air issu de l'ion ammonium (NH_4^+) contenu dans la solution du sol. Dans la majorité des cas, elle se produit à la suite des apports d'engrais azotés ou de produits organiques contenant de l'azote uréique (précurseur de l'ammonium) ou ammoniacal. Les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale constituent une part importante des baisses d'efficacité des apports de produits azotés et dégradent le résultat technico-économique pour l'agriculteur. Il en résulte soit une sous-nutrition de sa culture, soit la nécessité de compenser les pertes par une majoration de la dose apportée. L'émission d'azote ammoniacal dans l'air est aussi une source de polluants atmosphériques préjudiciables à la santé humaine et à l'environnement. À ce titre, les niveaux d'émissions sont réglementés et plafonnés à l'échelle de la France et de l'Europe.

« Plus l'azote de l'engrais sera présent sous forme d'urée ou d'ammonium, plus le risque de pertes sera élevé. »

De nombreux facteurs interviennent dans ce phénomène. En premier lieu, la forme d'engrais apportée prédispose plus ou moins aux pertes. Plus l'azote de l'engrais sera présent sous forme d'urée ou d'ammonium, plus le risque de pertes sera élevé. Ensuite, les conditions agroclimatiques au moment de l'apport jouent un rôle primordial. Retenons que les sols à pH basique présentent le plus de risque de volatilisation et que des conditions climatiques sèches, chaudes et venteuses au moment de l'apport tendent à favoriser les pertes.

Des références qui manquaient en France

Bien que l'étude de la volatilisation ne soit pas nouvelle, les références françaises pour qualifier le risque associé aux différentes formes d'engrais minéraux étaient très peu nombreuses. La raison principale était le manque d'une méthode de mesure au champ suffisamment simple d'utili-

Un réseau expérimental aux conditions contrastées

Les 11 expérimentations ont été conduites durant les printemps 2011 et 2012 par ARVALIS - Institut du végétal, l'UNIFA et le CETIOM. Dans tous les essais, la solution azotée ou l'urée solide ont été comparées à l'ammonitrate. Les modalités d'apports ont varié selon les cas : apport au stade épi 1 cm/1 nœud ou dernière feuille sur blé tendre et orge d'hiver, apport aux stades C1 ou C2-D1 pour le colza d'hiver. Les conditions climatiques ont été radicalement différentes entre les deux années d'expérimentation, 2011 ayant été notamment marquée par une sécheresse printanière. Les types de sol explorés ont permis de tester des conditions de pH contrastées : sols à dominante limoneuse avec des pH généralement compris entre 6,5 et 7, sols à dominante crayeuse ou argilo-calcaire avec des pH généralement entre 7,5 et 8,5.

sation pour développer un réseau d'expérimentation dans des conditions de cultures contrastées. Une telle méthode a récemment été mise au point au sein du projet Casdar Volat NH_3 (1) (2) et a permis d'engager un référencement des trois grandes formes d'engrais azotés : l'ammonitrate, la solution azotée et l'urée solide. Le réseau expérimental développé durant les années 2011 et 2012 sur céréales à paille et colza d'hiver a couvert une gamme variée de conditions pédoclimatiques (*encadré*).

SOLUTION VS AMMONITRATE : des pertes plus élevées pour la solution azotée

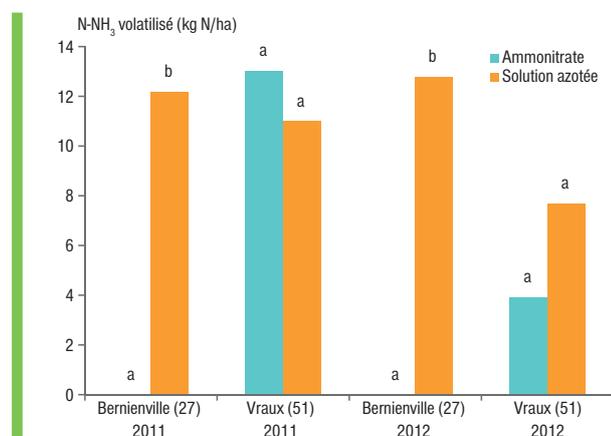


Figure 1 : Émissions d'azote par volatilisation ammoniacale suite à l'apport de 100 kg N/ha sur blé tendre d'hiver au stade épi 1 cm/1 nœud sous forme d'ammonitrate et de solution azotée. Quatre expérimentations ARVALIS - Institut du végétal 2011 et 2012. Dans chaque essai, une lettre différente indique que les formes d'engrais présentent une différence statistiquement significative (analyse de variance à 5 %). Méthode de mesure NH_3 : gradients V2_2.

La solution azotée émet plus que l'ammonitrate

Les quatre essais comparant l'ammonitrate à la solution azotée permettent de tirer plusieurs conclusions (*figure 1*). En premier lieu, les émissions ammoniacales mesurées ont représenté au maximum 13 kg N/ha des 100 kg N/ha apporté. En deuxième lieu, les émissions suite à l'apport de solution azotée ont été régulièrement plus élevées que celles mesurées après l'apport d'ammonitrate. Ce résultat était



Les sols à pH basique présentent plus de risques de volatilisation.

© N. Comtec

attendu, étant donné les différences d'efficacité connues de longue date entre ces deux formes. La raison principale réside dans la composition de la solution azotée qui comporte 50 % d'azote sous forme uréique (qui sera hydrolysée en ammonium) et 25 % sous forme ammoniacale, soit 75 % au total pour la forme ammoniacale, alors que l'ammonitrate ne contient que 50 % d'azote sous cette forme. En troisième lieu, des conditions agroclimatiques particulières peuvent aussi entraîner des pertes significatives de l'ammonitrate. Ce fut le cas sur le site de Vraux en 2011 qui a cumulé à la fois des conditions climatiques défavorables et un pH basique (sol de craie blanche de Champagne).

Un comportement plus variable de l'urée solide

L'ammonitrate et l'urée ont été comparés dans sept situations (figure 2). Le maximum d'émission mesurée s'est élevé à 43 kg N/ha pour 100 kg N/ha apporté. À l'exception d'une situation où une différence semble se dessiner mais où le dispositif expérimental n'est probablement pas assez puissant pour la rendre significative, peu d'écarts ont été mis en évidence entre les deux formes. Notons que, à l'image des essais testant la solution azotée, les expérimentations conduites en 2011 (printemps très sec et chaud) sur des sols à pH basique (sites de Massognes et Faux) indiquent des émissions significatives suite à l'apport d'ammonitrate.

Un classement des formes encore à travailler

Au final, à l'exception de situations cumulant des facteurs de risques, les émissions d'ammoniac suite à l'apport d'ammonitrate sont inférieures à celles constatées après les apports de solution azotée et d'urée. Cela est cohérent avec les grandes lignes du classement des efficacités respectives

« 13 kg N/ha constituent le maximum de pertes enregistrées dans le réseau d'essais après un apport de 100 kg N/ha de solution azotée. »

URÉE VS AMMONITRATE : peu d'écart significatif de pertes par volatilisation

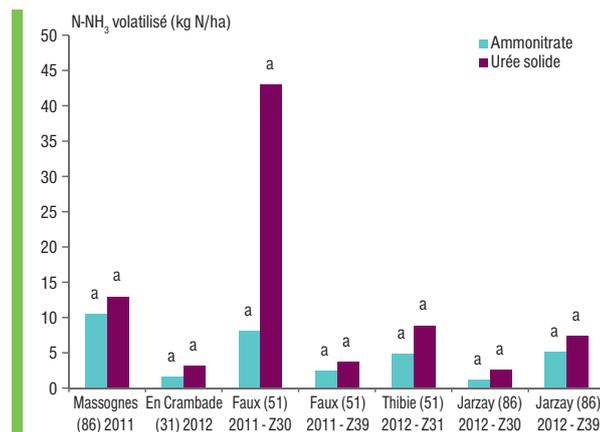


Figure 2 : Émissions d'azote par volatilisation ammoniacale suite à l'apport d'ammonitrate et d'urée sur colza et céréales à paille.

Sites d'essai : Massognes 2011 (86-UNIFA) : 110 kg N/ha sur colza au stade C2-D1 ; En crambade 2011 (31-CETIOM) : 100 kg N/ha sur colza au stade C1 ; Faux 2011 (51-UNIFA) : 100 kg N/ha sur blé tendre au stade épi 1 cm (Z30) et 50 kg N/ha au stade dernière feuille (Z39) ; Thibie 2012 (51-UNIFA) : 80 kg N/ha sur orge d'hiver au stade 1 nœud ; Jarzay 2012 (86-UNIFA) : 65 kg N/ha sur blé tendre au stade épi 1 cm (Z30) et 50 kg N/ha au stade dernière feuille (Z39). Dans chaque essai, une lettre différente indique que les formes d'engrais présentent une différence statistiquement significative (analyse de variance à 5 %). Méthode de mesure NH₃ : gradients V2_2.

43 kg N/ha constituent le maximum de pertes enregistrées après un apport de 100 kg N/ha d'urée dans le réseau d'essais.



L'ammonitrate n'est pas à l'abri de pertes par volatilisation les années à printemps secs et chauds, sur sols à pH basique.

© N. Comtec

de ces engrais mettant en tête l'ammonitrate. Néanmoins, les essais conduits ne permettent pas de trancher sur les différences d'émissions ammoniacales entre la solution azotée et l'urée. Afin d'alimenter cette réflexion, les résultats acquis en France ont été regroupés avec une étude récente similaire conduite en Angleterre (figure 3). Les résultats sont cohérents entre eux même si les références françaises n'explorent pas une gamme de variabilité d'émissions aussi grande que les résultats anglais. Notamment, ces derniers indiquent des pertes liées à l'urée supérieures à celles liées à la solution azotée. Afin de conclure sur cette question et pour explorer d'autres leviers techniques pouvant agir sur les émissions ammoniacales, les expérimentations françaises se poursuivent depuis 2012.

(1) Projet financé par le fonds Casdar RFI du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et piloté par ARVALIS - Institut du végétal, réunissant quatre autres instituts techniques (IDELE, CETIOM, IFIP, ACTA), deux équipes de recherches de l'INRA (UMR EGC-Grignon et UMR SAS-Rennes-Quimper) et l'UNIFA.

(2) Voir Perspectives Agricoles n° 410, avril 2014

(3) Chambers B.J., Dampney P.M.R., 2009. Nitrogen efficiency and ammonia emissions from urea-based and ammonium nitrate fertilisers. International Fertiliser Society Conference, Cambridge, 9 th December 2009, Proceedings 657, 1-20.

ANGLETERRE : des différences plus significatives entre solution azotée et urée

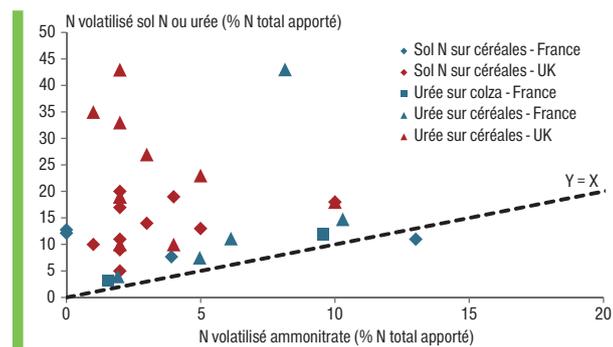


Figure 3 : Émissions d'azote par volatilisation ammoniacale (en % N total apporté) suite à l'apport de solution azotée et d'urée en comparaison à celles consécutives à l'apport d'ammonitrate. Résultats français 2011-2012 regroupés avec des résultats anglais publiés en 2009 (3). Différences moyennes ammo - sol N et ammo - urée significatives à 5 % (méthode des couples). La ligne noire pointillée représente la bissectrice.

Jean-Pierre Cohan - jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr
 ARVALIS - Institut du végétal
 Philippe Eveillard - UNIFA
 Luc Champolivier - CETIOM
 Benjamin Loubet & Sophie Générumont - INRA UMR EGC