Pertes d'azote dans l'environnement suite à l'application de digestats et de composts alimentaires sur les terres agricoles

Points forts

- Les pertes par volatilisation de NH3 provenant du digestat alimentaire représentaient 30 à 50 % de l'azote total appliqué.
- L'incorporation rapide est proposée comme méthode pour atténuer les émissions de NH3 .
- Le facteur d'émission moyen de N2O pour le digestat d'origine alimentaire était de 0,45 %.
- Les émissions (NH_3 , N_2O, NO_3^-*)* du compost vert étaient toutes faibles.
- Les résultats de l'étude ont été utilisés pour élaborer des lignes directrices sur les meilleures pratiques au Royaume-Uni.

Résumé

La digestion anaérobie des déchets alimentaires pour la valorisation énergétique produit un digestat riche en nutriments qui est une source précieuse d'azote (N) disponible pour les cultures. Comme pour tout « nouveau » matériau recyclé sur les terres agricoles, il est important de développer les meilleures pratiques de gestion qui maximisent l'apport d'azote disponible pour les cultures, tout en minimisant les émissions dans l'environnement. Dans cette étude, les émissions d'ammoniac (NH_3) et d'oxyde nitreux (N_2O) dans l'air et les pertes par lessivage de nitrates (NO_3^-) dans l'eau après lessivage de digestat , de compost et de fumier d'élevage sur les terres agricoles ont été mesurées sur 3 sites en Angleterre et au Pays de Galles .

Les émissions d'ammoniac étaient plus importantes pour les applications de digestat d'origine alimentaire (*environ* 0,40 % de l'azote total appliqué) que pour les lisiers d'élevage (*environ* 0,30 % de l'azote total appliqué) en raison de sa teneur plus élevée en azote ammoniacal (moyenne 5,6 kg/t contre 1 à 2 kg/t pour le lisier) et de son pH élevé (moyenne 8,3 contre 7,7 pour le lisier).

Bien que l'épandage en bande ait été efficace pour réduire les émissions de NH_3 provenant du lisier par rapport à l'épandage en surface, il ne s'est pas avéré être une option d'atténuation efficace pour les digestats d'origine alimentaire dans cette étude.

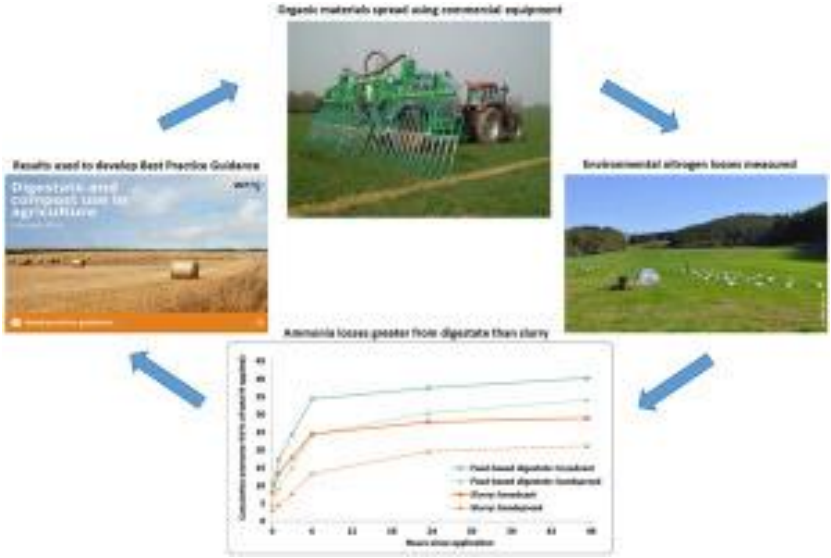
La majorité des pertes de NH_3 se sont produites dans les 6 heures suivant l'épandage, soulignant l'importance d'une incorporation rapide au sol comme méthode de réduction des émissions de NH_3.

Les pertes d'oxyde nitreux provenant des digestats d'origine alimentaire étaient faibles, avec des facteurs d'émission tous inférieurs à la valeur par défaut du GIEC de 1 % (moyenne de 0,45 ± 0,15 %). Les pertes par lessivage de NO_3^- pendant l'hiver provenant des digestats d'origine alimentaire étaient similaires à celles du lisier de porc , mais beaucoup plus importantes que celles du fumier de ferme porcine ou du compost. Les pertes d'azote gazeux et le lessivage de NO_3^- provenant des composts verts et verts/alimentaires étaient faibles, ce qui indique que,

dans ces termes, le compost peut être considéré comme un matériau « respectueux de l'environnement ».

Ces résultats ont été utilisés dans l'élaboration de lignes directrices sur les meilleures pratiques qui fournissent un cadre pour l'utilisation responsable des digestats et des composts en agriculture .

Résumé graphique



Introduction

Le Royaume-Uni génère environ 14 millions de tonnes de déchets alimentaires chaque année, soit le taux le plus élevé de l'Union européenne, qui génère au total près de 90 millions de tonnes ; la quantité produite par les différents États membres dépend de nombreux facteurs tels que les pratiques culturelles, le climat, l'alimentation et les conditions socio-économiques (CE, 2010).

Une grande partie de ces déchets est mise en décharge, le Royaume-Uni envoyant environ 8 millions de tonnes de déchets municipaux biodégradables (y compris les déchets alimentaires) en décharge chaque année (Defra, 2016).

La réorientation de ces matières loin des décharges réduira considérablement les émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier le méthane (CH_4), dont le potentiel de réchauffement climatique est environ 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO_2), contribuant ainsi aux objectifs de réduction des GES.

À cette fin, la directive de l'UE sur la mise en décharge des déchets stipule que d'ici 2020, la quantité de déchets municipaux biodégradables mis en décharge doit être réduite de 65 % par rapport aux niveaux de 1995 (CE, 1999).

Dans le cadre de l'engagement du Royaume-Uni à réduire ses émissions de GES et à atteindre les objectifs de l'UE en matière d'énergies renouvelables, des politiques et des stratégies ont été

mises en œuvre (DECC/Defra, 2011) pour accroître le traitement des déchets alimentaires par digestion anaérobie (DA ; Styles et al., 2016).

Cette méthode, en plus de fournir de l'énergie renouvelable, génère un digestat riche en nutriments, ou « biofertilisant ».

Les estimations les plus récentes suggèrent que d'ici 2020, environ 5 Mt des 7 Mt de déchets alimentaires actuellement envoyés en décharge pourraient être disponibles pour la digestion chaque année au Royaume-Uni (DECC/Defra, 2011).

Cependant, la DA n'est pas sans poser de problèmes.

Dans une étude récente sur le secteur britannique du biogaz, Styles et al. (2016) ont constaté que, bien que l'énergie du biogaz ait une intensité de GES inférieure à celle des combustibles fossiles, elle peut accroître les effets de l'acidification et de l'eutrophisation.

Les études d'analyse du cycle de vie (ACV) ont mis en évidence que les impacts environnementaux sont très sensibles à des facteurs tels que le type de matière première, les émissions fugitives, l'utilisation de biométhane, l'efficacité de la conversion énergétique et la gestion du digestat. Néanmoins, Styles et al. (2016) ont conclu que pour maximiser le potentiel de réduction des GES, les politiques de lutte contre le changement climatique devraient encourager la digestion des déchets alimentaires tout en limitant celle des intrants et déchets agricoles susceptibles d'être utilisés pour l'alimentation animale.

Le secteur de la digestion anaérobie au Royaume-Uni a connu un développement rapide, avec une augmentation de 34 % du nombre total d'usines de digestion anaérobie opérationnelles entre 2012 et 2013, et une augmentation de 51 % du tonnage de matière organique traitée (WRAP, 2014).

Plus de 2 millions de tonnes de digestat ont été épandues sur les terres agricoles au Royaume-Uni en 2013, fournissant un total de 92 kt d'azote (N). Bien que cela ne représente que la moitié de l'azote total fourni par les composts, *environ* 80 % de l'azote total contenu dans les digestats alimentaires est facilement disponible (WRAP, 2016), c'est-à-dire sous forme d'ammonium-N (NH_4-N).

Une enquête régulière sur l'industrie de transformation des matières organiques est menée depuis le milieu des années 1990 ; En 2012, l'enquête a indiqué qu'il y avait eu peu de changement d'une année sur l'autre dans le secteur du compostage au Royaume-Uni, avec un total de 3,5 millions de tonnes (poids frais) produites en 2012, dont 68 % ont été recyclées vers les terres agricoles, fournissant 192 kt N.

Lors de l'épandage de matières organiques telles que le digestat et le compost sur les terres, il est essentiel que leur application, agricole ou autre, ne soit pas nocive pour l'environnement (c'est-à-dire pour la qualité des sols, de l'eau et de l'air) ni pour la santé humaine. L'Évaluation européenne de l'azote (Sutton et al., 2011) a souligné que le coût environnemental global de toutes les pertes d'azote en Europe (estimé entre 70 et 320 milliards d'euros par an aux taux actuels) dépasse les avantages économiques directs de l'azote dans l'agriculture, en grande partie en raison de la perte de qualité de l'air et de l'eau.

L'épandage de matières organiques sur les terres doit donc être soigneusement géré afin de maximiser leur valeur nutritive disponible pour les cultures et de minimiser leur impact sur l'environnement au sens large.

Le digestat d'origine alimentaire présente un intérêt particulier, car il s'agit d'un matériau nouveau, moins bien compris, dont les caractéristiques de composition varient en fonction du type de déchets alimentaires utilisé pour le produire (par exemple, les matières premières végétales produisent un digestat avec des concentrations en azote plus faibles que celles produites à partir de déchets alimentaires mixtes).

Il présente généralement une teneur totale en N relativement élevée d'environ 5 kg/m3 (WRAP, 2016) par rapport à *environ* 0,3 kg/ ^{m3} pour le lisier de bovins et *environ* 4 kg/ ^{m3} pour le lisier de porcs (Defra, 2010) et on pourrait donc s'attendre à ce qu'il ait le potentiel de provoquer des pertes d'azote plus importantes dans l'environnement que les fumiers de bétail ou les digestats à base de fumier.

Les émissions d'ammoniac (NH3) dans l'air contribuent aux dépôts acides et peuvent causer l'eutrophisation des écosystèmes sensibles ; de plus, le NH3 réagit avec les acides présents dans l'atmosphère pour former des particules qui peuvent constituer une menace pour la santé humaine (Webb et al., 2004).

La quantité et le taux de rejet de NH3 après l'épandage dépendent d'une série de facteurs liés à la matière organique (p. ex., pH, N facilement disponible, matière sèche), à l'épandage (p. ex., taux d'application, méthode et calendrier), au sol (p. ex., teneur en humidité) et à l'environnement (p. ex., température, vitesse du vent, précipitations) (Nicholson et al., 2013).

Il existe un corpus de recherche important au Royaume-Uni (et ailleurs) sur les émissions de NH_3 suite à l'épandage de fumier et de lisier d'élevage (voir par exemple Pain et al., 1989, Chambers et al., 1997, Sommer et al., 1997, Huijsmans et al., 2001, Misselbrook et al., 2002, Webb et al., 2004), qui a été utilisé pour alimenter l'inventaire national des émissions d'ammoniac (Misselbrook et al., 2015) et fournir des conseils aux agriculteurs pour minimiser les émissions de NH_3 provenant du fumier au Royaume-Uni (Defra, 2009) et ailleurs.

Des recherches ont également été entreprises en utilisant des digestats à base de fumier et de cultures épandus sur les terres (par exemple Rubaek et al., 1996, Wulf et al., 2002) ; cependant, très peu d'informations sont disponibles pour les digestats d'origine alimentaire produits et épandus dans des conditions spécifiques au Royaume-Uni.

Une étude récente de Tiwary et al. (2015) a montré que les applications de digestats alimentaires en surface entraînaient des pertes de NH3 $_{de}$ 35 à 65 % de l'azote total appliqué dans la semaine suivant l'application, avec une réduction de 85 % obtenue si le matériau était incorporé au sol immédiatement après l'application.

Cependant, cette étude a été menée sur un site de terrain en Inde et a utilisé des digestats qui pourraient ne pas être comparables à ceux actuellement produits au Royaume-Uni. Les composts produits à partir de déchets verts tels que les tontes de gazon et les tailles de haies (compost vert) ou d'un mélange de déchets verts et alimentaires (compost vert/alimentaire) ont tendance à être appliqués aux sols agricoles à des fins d'amendement du sol (WRAP, 2016), bien qu'ils contiennent également des quantités précieuses de nutriments disponibles pour les plantes.

La faible teneur en azote facilement disponible des composts (généralement < 5 % de l'azote total ; Defra, 2010) suggère que les pertes de NH3 après épandage sont également susceptibles d'être faibles, bien qu'il existe actuellement peu de preuves pour étayer cette affirmation.

L'oxyde nitreux (N_2O) est un gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement global est *environ* 300 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (GIEC, 2006).

L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre du Royaume-Uni (2014) a estimé qu'environ *70* % du N_2O produit au Royaume-Uni provient de l'agriculture (Brown et al., 2016), dont la majorité (75 %) est émise par les sols suite aux applications/retours d'azote (par exemple, engrais manufacturés N, matières organiques incorporées dans les résidus de culture et urine provenant des retours de pâturage) sur les terres. Environ 17 % du N_2O agricole est émis indirectement par les sols suite au redépôt de NH_3 émis et au lessivage du nitrate (NO_3^-) (Brown et al., 2016).

Comme pour le NH 3 , il existe peu d'informations disponibles sur les pertes de N_2O suite aux applications de digestats et de compost d'origine alimentaire sur les terres agricoles.

Le facteur d'émission par défaut actuel du GIEC de niveau 1 (FE) pour les pertes de N_2O provenant du fumier animal, du compost, des boues d'épuration et d'autres ajouts d'azote organique (par exemple, les digestats) est de 1 % de l'azote total appliqué (GIEC, 2006). À titre de comparaison, Tiwary et al. (2015) ont constaté que les émissions de N_2O provenant du digestat d'origine alimentaire représentaient 4 à 10 % de l'azote total appliqué, ce qui est bien plus élevé que le FE par défaut du GIEC de 1 %, bien que ces mesures aient été effectuées en Inde dans des conditions pédologiques et climatiques très différentes de celles du Royaume-Uni.

Des mesures en Écosse ont montré que les émissions cumulées de N_2O après l'application de compost vert à 35, 100 et 200 t/ha variaient de 0,32 à 4,54 kg N_2O-N/ha/an, les valeurs les plus élevées ayant été mesurées après l'application de 200 t/ha au printemps humide de 2008 (Ball et al., 2014).

Bien que les taux d'application du compost aient été très élevés dans cette expérience (35 à 200 t/ha par rapport à un taux plus typique de 30 t/ha), les FE N2O maximaux n'étaient encore que d'environ 1 % du N total appliqué.

Il existe encore beaucoup d'incertitudes quant aux facteurs qui contrôlent les émissions de N_2O provenant des digestats alimentaires après leur épandage sur des terres agricoles. Par exemple, Pezzolla et al. (2012) ont constaté que l'épandage de digestats alimentaires sur une prairie britannique n'augmentait pas les émissions par rapport au témoin non traité, bien que les mesures aient été effectuées pendant une saison de croissance exceptionnellement sèche. En revanche, une étude d'incubation a montré des émissions beaucoup plus importantes provenant des digestats alimentaires que du sulfate d'ammonium appliqué dans des conditions d'humidité élevée du sol (Köster et al., 2011).

Une étude ultérieure menée dans des conditions similaires a révélé que les émissions provenant du lisier de bovin étaient deux fois plus élevées que celles provenant des digestats alimentaires (Köster et al., 2015).

Suite à une étude d'incubation en laboratoire utilisant des digestats alimentaires et d'autres digestats, Rigby et Smith (2013) ont conclu que « l'importance et l'influence de l'interaction entre le type de sol, la stabilité et les propriétés physiques du digestat sur les processus de dénitrification dans les sols amendés par des digestats nécessitent une étude urgente ».

De plus, les applications mal gérées de digestat et de compost sur les terres peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau en raison des pertes de NO_3^- et d'autres polluants dans les eaux de drainage.

En effet, la directive européenne de 1991 sur les nitrates (91/676/CEE) vise à protéger la qualité de l'eau dans toute l'Europe en empêchant le NO_3^- d'origine agricole de polluer les eaux souterraines et de surface en promouvant de bonnes pratiques agricoles. Là encore, il existe un corpus substantiel de preuves sur les pertes de NO_3^- suite à l'épandage de fumier sur les terres agricoles (par exemple Chambers et al., 2000, Smith et al., 2002), mais très peu d'études de terrain sont disponibles pour les digestats d'origine alimentaire. Goberna et al. (2011) ont rapporté que l'application de digestat au sol doublait le lessivage de NO_3^- par rapport au fumier animal appliqué à un taux d'azote équivalent (80 kg N/ha), mais il s'agissait d'une étude en pots utilisant un digestat à base de fumier.

Une autre expérience en pot utilisant du digestat à base de fumier appliqué à l'herbe a montré qu'il y avait moins de risques de pertes par lessivage de NO_3^- par rapport au lisier non digéré ou à l'engrais minéral (Walsh et al., 2012).

L'étude décrite dans cet article faisait partie d'un programme de travail plus vaste visant à établir une base de données scientifiques solides sur les propriétés d'apport en nutriments des applications de digestat et de compost sur les terres au Royaume-Uni (Bhogal et al., 2016). L'objectif du travail décrit dans cet article était de mesurer les pertes d'azote suite aux applications automnales et printanières de digestat alimentaire, de compost vert/alimentaire et de compost vert sur les terres agricoles via la volatilisation de NH 3 et les émissions de N 2 O dans l'air, et le lessivage de NO_3^- dans l'eau, et de comparer ces pertes à celles des effluents d'élevage.

L'effet des techniques d'application (c'est-à-dire la diffusion en surface par rapport à l'épandage en bande) a également été évalué afin d'établir l'efficacité de cette technique d'atténuation potentielle. Les résultats seront utilisés pour développer de meilleures pratiques de gestion qui maximisent l'utilisation des nutriments des cultures, tout en minimisant les émissions environnementales de NH_3 , N_2O et NO_3^- .

Sites expérimentaux

Des sites expérimentaux ont été établis à trois endroits différents, sur des sols et des zones agroclimatiques contrastés (tableau 1).

Afin de caractériser chaque site, des échantillons représentatifs de terre végétale (0 à 15 cm sur le site arable – Wensum – et 0 à 7,5 cm sur les sites de prairies) ont été prélevés avant le début de l'expérience et analysés pour déterminer le pH, la teneur en sable (%), l'argile (%), le limon (%), l'azote total et le carbone organique (C) à l'aide de méthodologies standard (Anon, 1986). Les résultats sont présentés au tableau 1.

Traitements et conception

Les matières organiques utilisées étaient…

Analyse des matières organiques

La composition des matières organiques appliquées à chaque site et le moment de l'application sont présentés dans le tableau 2.

Comme prévu, le digestat d'origine alimentaire avait des teneurs en N total plus élevées (moyenne de 7,0 kg/t sur les 4 sites/périodes) que le lisier de porc (moyenne de 2,8 kg/t à WE) ou le lisier de bovin (moyenne de 2,4 kg/t à NW et PW). Les teneurs en NH_4 -N du digestat d'origine alimentaire et du lisier de porc (*environ* 80 % de l'azote total) étaient supérieures à celles du lisier de bovin (moyenne de 54 % de l'azote total), les matières solides contenant < 10 % de l'azote total dans

Émissions d'ammoniac

Les émissions de NH3 plus élevées provenant du digestat alimentaire que du lisier d'élevage (p < 0,05) étaient très probablement dues à la teneur plus élevée en NH_4^- N du digestat alimentaire (moyenne de 5,6 kg/t) par rapport aux lisiers d'élevage (moyenne de 2,2 kg/t pour le lisier de porc et de 1,3 kg/t pour le lisier de bovin), tableau 2.

De plus, le pH moyen du digestat alimentaire était de 8,5 contre 7,8 pour le lisier de porc et 7,6 pour le lisier de bovin (tableau 2). Il est connu que des valeurs de pH supérieures à 8 sont particulièrement favorables.

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que les pertes d'azote par volatilisation de NH3 après épandage de digestat alimentaire étaient élevées sur les sites de cultures et de prairies (30 à 50 % de l'azote total appliqué).

Cela était dû à la forte teneur en azote facilement disponible et au pH élevé du digestat alimentaire (moyenne de 8,5), ainsi qu'aux conditions du sol au moment de l'épandage, qui affectaient la vitesse d'infiltration des matériaux dans la matrice du sol. Une application de précision (c'est-à-dire en bandes) peut réduire le NH3 .

Remerciements

Le projet DC- *Agri* a été financé par le Programme d'action pour le recyclage des déchets (WRAP), WRAP Cymru, Zero Waste Scotland, le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales, ainsi que les gouvernements écossais et gallois. Rothamsted Research est sponsorisé par le BBSRC