



Développement d'un pilote mobile de transformation de lisier de porc en engrais azoté

Mariana MOREIRA (1), Nicolas THEVENIN (2), Lionel RUIDAVETS (2), Clément MUNIER (3),
Pierre-Baptiste BLANCHANT (4), Matthieu PREUD'HOMME (4)

(1) Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, 35042 Rennes, France

(2) RITMO Agro-environnement, 68025 Colmar, France

(3) Chambre régionale d'agriculture du Grand Est, 54520 Laxou, France

(4) Chambre d'agriculture de la Somme, 80200 Estrées-Mons, France

mariana.moreira@bretagne.chambagri.fr

Projet H2020 FERTIMANURE (Grant Agreement N° 862849). <https://www.fertimanure.eu/en/>

Development of a mobile pilot plant for converting pig manure into nitrogen fertiliser

In the current context of increasing fertiliser prices and new European Union fertiliser regulation (Regulation (EU) 2019/1009), technologies for recovering nutrients from livestock manure are regaining importance. As part of the H2020 Fertimanure project, a nitrogen-stripping pilot plant (mobile and adapted to different types of substrate) was developed, based on existing industrial plants in France. The efficiency of this pilot plant and of the use of bio-based ammonium sulphate (BBF-AS) as a fertiliser was evaluated. The stripping parameters tested were focused on the air:liquid ratio, pig slurry liming and heating in order to optimize the nitrogen extraction yield. The monitoring results showed an ammonia nitrogen recovery efficiency of up to 92 %, which would produce 16 l of BBF-AS (4.8 % NH_4^+) per m^3 of pig slurry (0.14-0.20 % NH_4^+). Laboratory incubation tests have shown that 100 % of the nitrogen provided by BBF-AS is available for crops. In the field, the BBF-AS, tested at three application doses of nitrogen, resulted in nitrogen export from spinach similar to that of the reference synthetic mineral fertiliser. The calculated nitrogen fertiliser replacement value of BBF-AS was close to 100 %, which indicates that it can be used to replace some synthetic mineral fertilisers. The same trend was observed for other crops (i.e. silage maize, potatoes and sauerkraut cabbage) using the same protocol. Work is currently in progress within the Fertimanure consortium to provide information about the investment and operational costs of stripping units (mobile or not) dedicated to livestock manure.

INTRODUCTION

À la fin des années 90, dans un contexte de mise en place de programmes de résorption pour la gestion des excédents structurels liés aux élevages hors-sol, différentes technologies ayant pour but de recycler les nutriments des effluents d'élevage ont été développées. Aujourd'hui, dans un contexte d'augmentation du prix des engrais et de circularité, ces technologies, regagnent de l'importance. C'est le cas du stripping de l'azote, un traitement physico-chimique qui consiste à volatiliser l'azote ammoniacal d'un effluent liquide pour ensuite le concentrer dans une solution acide par lavage d'air. Ce procédé, présent et opérationnel à grande échelle depuis 20 ans, rend plus facile la gestion de l'effluent liquide en le transformant d'une part en sulfate d'ammonium, un engrais azoté rapidement disponible pour les cultures et, d'autre part en un effluent appauvri en azote minéral. Les unités fixes de stripping nécessitent un investissement conséquent et cela peut s'avérer dissuasif pour de nombreux agriculteurs (Ifip, 2017 ; Likiliki, 2021). C'est pourquoi, en s'inspirant des installations industrielles déjà existantes en France, un pilote mobile a été développé dans le cadre du projet H2020 Fertimanure. L'objectif de ce travail est d'évaluer son efficacité ainsi que la qualité agronomique du sulfate d'ammonium obtenu (BBF-AS). De plus, ce projet permet d'étudier la

possibilité de développement d'unités mobiles de service pour les éleveurs en leur proposant un traitement de leurs effluents liquides avec une gestion individuelle de faibles excédents.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Description du pilote de stripping

Le pilote est constitué d'une cuve tampon de lisier, de deux colonnes verticales liées par un tuyau (une colonne qui volatilise l'azote ammoniacale et l'autre qui le resolubilise, avec injection d'acide sulfurique à 50 %), d'un compresseur pour envoyer l'air vecteur, une sortie d'air, de deux corps de chauffe permettant de réchauffer le lisier injecté à 50-55 °C, des sondes de températures et de pression et des pompes d'injection, notamment pour l'ajout au goutte à goutte d'un produit chaulant facilitant la volatilisation de l'azote. Les colonnes sont remplies d'un support de forme sphérique creux et traversé de lignes verticales permettant d'augmenter le temps de séjour et la surface de contact des gouttes de lisier avec le flux d'air.

1.2. Suivi du procédé et suivi agronomique du BBF-AS

Entre 2021 et 2023, trois campagnes de production, de plusieurs mois, ont été réalisées avec un lisier de porc d'une exploitation d'élevage de porcs charcutiers et de porcelets de

lait de la région Grand Est (Alsace). Pour chaque lot de production, un suivi de la teneur en azote ammoniacal (NH_4^+), du pH et du volume des effluents a été réalisé. A la fin de chaque campagne, sur un échantillon de l'intégralité de la production, le pH, la densité, la matière sèche, les teneurs en carbone organique, azote total, NH_4^+ , phosphore total, potassium total et les éléments trace métalliques (ETM) ont été analysés dans les lots de BBF-AS. Ces mêmes paramètres ont été analysés dans le lisier de départ afin de réaliser un bilan de masse.

Au laboratoire, des incubations sur 91 jours à 28°C, réalisées en triplicata, ont été réalisées afin de déterminer le comportement de l'azote du BBF-AS (adapté de la méthode FD U 44-163). Des comparaisons ont été réalisées avec un engrais de référence (CAN), le lisier brut et un sol non fertilisé. Au champ, des dispositifs en blocs à trois répétitions ont été mis en place sur différentes cultures (maïs et épinards en Bretagne, pommes de terre dans la Somme et chou à choucroute dans le Grand Est), avec trois doses d'apport (30 %, 60 % et 100 % de la dose d'azote recommandée) de BBF-AS en comparaison avec un engrais de référence (ammonitrate 33.5 % N). Le rendement et l'azote absorbé par la culture ont été mesurés à la récolte. L'efficacité azotée du BBF-AS a été déterminée par le coefficient d'équivalence engrais (Keq N). Pour vérifier l'effet du type d'engrais sur les paramètres évalués, une ANOVA a été réalisée après vérification de la normalité (test de Shapiro Wilk). Les moyennes ont été comparées par un test post hoc de Tukey (version 4.2.1 de R, package *RVAideMemoire*).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performance du pilote, stabilité et qualité des produits

Les derniers essais de production ont permis de fixer les paramètres de traitement avec un ratio liquide/air de 450, une augmentation du pH du lisier à une valeur de 10-10,5, ainsi que le chauffage des gouttes de lisier à 50-55 °C. Ces paramètres ont été utilisés pour traiter 53 l ± 11 l de lisier et produire 0,85 l ± 0,20 l de BBF-AS avec une teneur en N- NH_4 de 4,88 % (soit 16 l de BBF-AS pour 1 m³ de lisier). Ainsi, avec une teneur initiale en N- NH_4 de 1,65 g/l dans le lisier brut et une teneur après stripping de 0,14 g/l (lisier épuré), ce traitement a permis d'atteindre un rendement d'extraction de NH_4^+ du lisier de 92 %, similaire à ce qui a pu être mesuré sur une unité industrielle en fonctionnement (Solagro-IRSTEA, 2012) ou dans la littérature (Bonmatí et Flotats, 2002 ; Laurení *et al.*, 2013). En moyenne sur la dernière campagne de production, le taux d'extraction du N- NH_4^+ est de 85 ± 6 % pour 15 lots de production avec un rendement minimum de 68 % et maximum de 92 %. Le BBF-AS se caractérise par une teneur en NH_4^+ de 4,88 % m/m et 32,5 % m/m de SO_3 . Les teneurs des autres

éléments fertilisants majeurs et secondaires et des ETM sont inférieures au seuil de détection du laboratoire d'analyse.

2.2. Efficacité agronomique du BBF-AS

Au laboratoire, les incubations ont montré que le BBF-AS se comporte comme l'engrais minéral. En effet, 109 % ± 11 % de l'azote appliqué restent sous forme minérale pendant l'incubation, soit à un niveau équivalent au CAN avec 104 % ± 21 %. Dans les essais au champ, pour les trois niveaux de fertilisation testés, le rendement et la quantité d'azote exporté par les épinards n'a pas été significativement différent entre BBF-AS et l'engrais de référence ($P < 0.001$) (Figure 1). Le Keq N pour cette culture a dépassé 100 %, ce qu'indique que le BBF-AS a le même effet sur l'alimentation azotée des épinards que l'engrais de référence. Ces résultats ont été observés également pour les autres cultures testées. La possibilité de remplacer les engrais minéraux par du sulfate d'ammonium bio-sourcé a été mis en évidence par Sigurnjak *et al.* (2017).

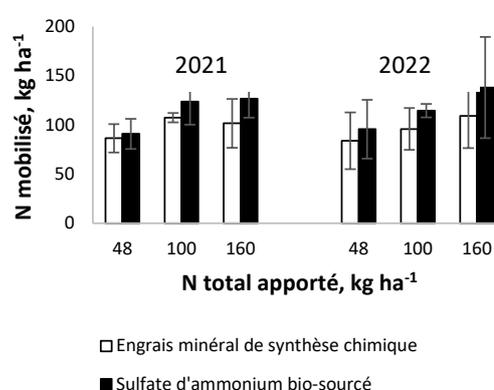


Figure 1 – Quantité d'azote mobilisé par les épinards avec un engrais de référence et le BBF-AS en 2021 et 2022.

Les barres d'erreur indiquent les écarts-types ($n = 3$).

CONCLUSION

Les essais de production de sulfate d'ammonium à partir de lisier ont permis de démontrer la faisabilité, même à petite échelle de ce procédé avec un matériel assez simple et robuste. Le sulfate d'ammonium issu des effluents d'élevage a la même caractéristique que les produits issus de la chimie de synthèse avec néanmoins des teneurs en azote plus faibles. Ces résultats confirment que ce produit a le potentiel pour remplacer une partie des engrais minéraux de synthèse. A ce jour, des travaux sont en cours au sein du consortium européen du projet Fertimanure afin de fournir des informations économiques liées aux investissements et au fonctionnement des unités de stripping (mobile ou non) dédiées aux effluents d'élevage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ifip, 2017. Gestion et traitement des digestats issus de méthanisation. Levasseur P, Toudic A., Bonhomme S., Loringuer E., Ifip Institut du porc Eds, Paris, 18 p.
- Likiliki C., 2021. Étude des procédés biologiques d'élimination d'azote appliqués à la phase liquide du lisier de porcs après séparation en bâtiment. Thèse de doctorat. Université Rennes 1, Rennes, 284 p.
- Solagro-IRSTEA, 2015. Etat de l'art des digestats et de leurs procédés de pos-traitement - rapport final. Projet ANR-10-BIOE-007 DIVA, 76 p.
- Bonmatí A., Flotats X., 2002. Air stripping of ammonia from pig slurry: characterisation and feasibility as a pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion. *Waste Manage.*, 23, 261–272.
- Laurení, M., Palatsi J., Llovera M., Bonmatí A., 2013. Influence of pig slurry characteristics on ammonia stripping efficiencies and quality of the recovered ammonium-sulphate solution. *J. Chem. Technol. Biot.*, 88, 1654-1662.
- Sigurnjak I., De Waele J., Michels E., Tack F.M.G., Meers E., De Neve S., 2017. Nitrogen release and mineralization potential of derivatives from nutrient recovery processes as substitutes for fossil fuel based nitrogen fertilizers. *Soil Use Manage.*, 33, 437-446.