

Résumé poster Fertiberia « Réduire les émissions de gaz à effet de serre des engrais azotés, l'hydrogène vert et les micro-organismes comme levier. »

M. STEFFEN, J. BONET GIGANTE, J. BRAÑAS LASALA, J. GONZÁLEZ PALOMA

1. Contexte de la fertilisation azotés minérales, avantages et inconvénients

L'utilisation des premiers engrais azotés minéraux a permis de fortement améliorer les rendements agricoles, aux côtés de la mécanisation de l'agriculture et de l'amélioration de la génétique des plantes cultivées. Ils ont contribué à nourrir une population étant passé à 8 milliards (Mrds) d'individus en 2023 contre 1,6 Mrds en 1900 ([United Nations and Division, 2017](#)). La contribution au rendement agricole des engrais minéraux azotés étant significative puisqu'on estime que 30 à 50% du rendement actuel des cultures serait dû à ces engrais ([Baligar et al., 2001](#) ; [Stewart et al. 2005](#)) et que près de 50% de la population mondiale est dépendante du surcroît de production qu'ils octroient pour leur subsistance ([Erismann et al., 2008](#)). Pour pouvoir pallier les besoins alimentaires d'une population toujours plus nombreuse, l'utilisation des engrais minéraux, et à fortiori ceux azotés, semblent indispensables, avec une prévision de l'augmentation annuel de la demande de 1,5% pour les engrais azotés ([FAOSTAT, 2017](#)).

Cependant, bien que les bénéfices des engrais minéraux azotés sur la production agricole soient clairement établis, leur utilisation n'est pas sans inconvénients. En effet, l'usage des engrais minéraux, dont les engrais azotés, peuvent conduire à des effets néfastes sur les écosystèmes terrestres et aquatiques, comme l'épuisement des nutriments, l'acidification des sols, l'eutrophisation et l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) ([Walling & Vaneckhaute, 2020](#)). Des effets accentués si l'utilisation de ces engrais est abusive et/ou inappropriée. Une des problématiques majeurs liée à l'utilisation des engrais azotés minéraux est l'émissions des GES. On estime que la synthèse d'azote pour la fabrication d'engrais représente 2% de la consommation mondiale d'énergie principalement dû à l'utilisation de gaz naturel pour leur synthèse ([Walling & Vaneckhaute, 2020](#)). En France on estime que jusqu'à 90% des émissions de GES liées à la production végétale peuvent être imputées à la fertilisation azotée ([COMIFER, 2013](#)), au travers principalement de deux gaz. Le premier étant le CO₂ principalement dégagé au moment de la synthèse de l'ammoniac (NH₃), la molécule dont sont issus tous les engrais azotés minéraux. Cela est dû à l'utilisation du procédé Haber-Bosch qui libère entre 2 et 2,5 t de CO₂ par tonne d'NH₃ produite ([donnée interne Fertiberia](#)) à cause du réformage du gaz naturel pour séparer l'hydrogène (H₂) du carbone, ce dernier réagissant avec l'oxygène (O₂) de l'air pour former du CO₂ (Figure 1). Le deuxième étant l'oxyde nitreux (N₂O) qui est émis une fois l'épandage des engrais azotés réalisée lorsqu'ils sont au contact du sol et de ses composantes. Ce dernier, bien qu'émis en quantité relativement faible, contribue pour beaucoup au bilan carbone des exploitations agricoles, puisque son potentiel de réchauffement globale (PRG) est d'au moins 265 eq. CO₂ ([Solomon et al., 2007](#)). Sachant que plus de 80% des émissions anthropogénique de N₂O sont dues à l'agriculture, et en grande partie aux engrais azotés minéraux ([Walling & Vaneckhaute, 2020](#)), la contribution des émissions de GES « aval » des engrais azotés au changement climatique est significative.

2. Le choix de Fertiberia pour décarboner la production des engrais azotés.

Afin de réduire les émissions de GES à la production et pour participer à la transition énergétique de la filière et décarboner les productions agricoles, Fertiberia s'est tourné vers une autre source d'H₂ que celle obtenu au travers de l'utilisation de gaz naturel, qui est dénommé « H₂ gris ». La modification du procédé industriel consiste à remplacer le réformage du gaz naturel par l'électrolyse de l'eau en utilisant de l'électricité issue d'énergie renouvelable. Cela permet l'obtention d'H₂ dit « vert » (Figure 1). Fertiberia s'est engagé sur 5 méga-projets pour moderniser ses infrastructures industrielles à la date de 2028 afin d'étendre le procédé de synthèse d'ammoniac vert à 5 de ces usines. Cela permettra de décarboner la production de plus de 2 millions de tonnes d'engrais en 2028 ([données internes Fertiberia](#)). La première usine produisant des engrais issus d'H₂ vert, Puertollano, ayant été inaugurée en 2022.

3. Réduire les émissions de GES au champ sans avoir recours aux inhibiteurs de nitrification chimique

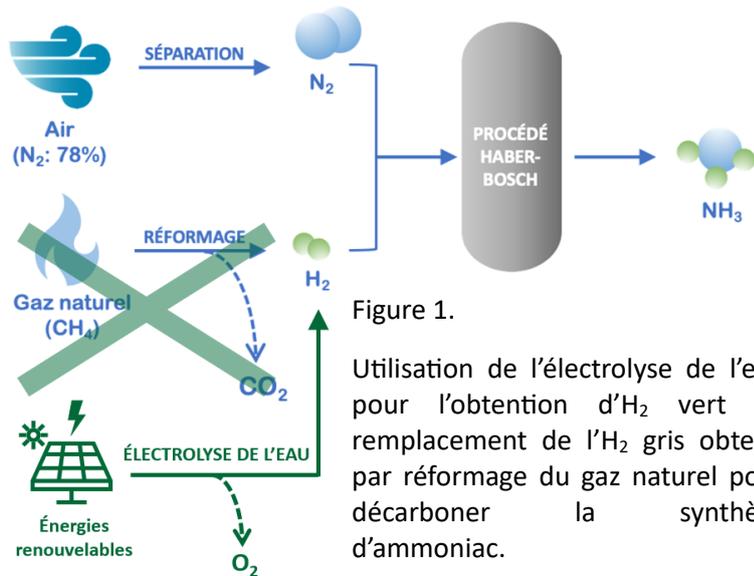


Figure 1.

Utilisation de l'électrolyse de l'eau pour l'obtention d'H₂ vert en remplacement de l'H₂ gris obtenu par réformage du gaz naturel pour décarboner la synthèse d'ammoniac.

Un des moyens pour réduire les émissions de N₂O dues à l'utilisation des engrais azotés minéraux est d'utiliser des inhibiteurs de nitrification (Pellerin et al., 2013). Cependant leur utilisation peut poser des problématiques quant à leurs interférences avec la microflore du sol (Corrochano-Monsalve et al., 2021). D'autres options pour la réduction des émissions de N₂O sont possibles en se servant des différentes voies du cycle de l'azote. Le circuit d'assimilation des nitrates au sein des structures

cellulaires des micro-organismes (Figure 2) est l'option qui a été retenue dans le cadre de cette étude.

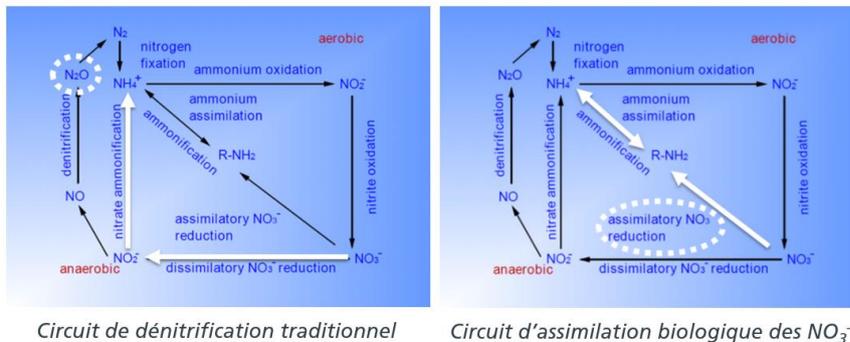


Figure 2

Circuit d'assimilation biologiques des nitrates comparée au circuit de dénitrification traditionnel.

En utilisant l'homologie de gènes d'intérêts impliqués dans le circuit d'assimilation biologique des nitrates sur une base de données génomiques de micro-organismes, une bactérie candidate a été identifiée, un *Bacillus subtilis* dénommé N-Safe. La comparaison des émissions de N₂O de sulfonitrate non traité, traité avec N-Safe et traité avec un inhibiteur de nitrification nommé DCD soluble, a permis de déterminer que l'utilisation de N-Safe en enrobage des granulés d'engrais permet de réduire les émissions de N₂O, sans avoir les effets négatifs des inhibiteurs de nitrification chimique (Figure 3).

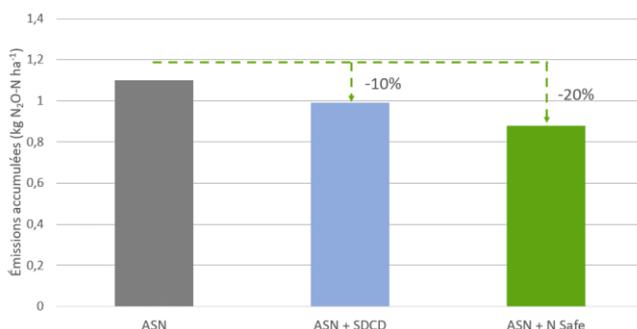


Figure 3

Comparaison des émissions accumulées de N₂O avec des granulés de sulfonitrate non traité, traité avec N-Safe et traité avec du DCD soluble. Essai menée en pots.

Ref 1 : United Nations, D.E.S.A., Division, Pop, 2017. World Population Prospects: the 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. ESA/P/WP/248
 Ref 2 : Baligar, V., Fageria, N., He, Z., 2001. Nutrient use efficiency in plants. Commun. Soil Sci. Plan. 32, 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>
 Ref 3 : Stewart, W., Dibb, D., Johnston, A., Smyth, T., 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. Agron. J. 97, 1-6. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0001>.
 Ref 4 : Erisman, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z., Winiwarter, W., 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nat. Geosci. 1, 636-639. <https://doi.org/10.1038/ngeo325>.
 Ref 5 : Faostat, F.N., 2017. World fertilizer trends and outlook to 2020. available at: <http://www.fao.org/3/a-i6895e.pdf>.
 Ref 6 : Walling E., Vaneekhaute C., 2020 : Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability. Journal of Environmental Management 276
 Ref. 6 : Calcul de la fertilisation azotée. Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales, 2013
 Ref. 7 : Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., Qin, D., 2007. Climate Change 2007-the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge university press.
 Ref. 8 : Pellerin S., Bamière L., Savini I., Lénaïc P., 2013. QUELLE CONTRIBUTION DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE À LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ? Synthèse du rapport de l'étude réalisée par l'INRA pour le compte de l'ADEME, du MAAF et du MEDDE - Juillet 2013
 Ref. 9 : Corrochano-Monsalve M., González-Murua C., Estavillo J-M., Estonba A., Zarraindia I., 2021. Impact of dimethylpyrazole-based nitrification inhibitors on soil-borne bacteria. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148374>