



Sophie Babinet¹,
sophie.babinet@basf.com



Emmanuelle Noirtin¹,
emmanuelle.noirtin@basf.com

J. Sanz-Gomez², M. Knauer², G. Pasda², A. Wissemeyer², M. Staat², K. H. Schneider², W. Zerulla², M. Schmid², H. Menger², S. Tarlazzi³, L. M. Muñoz-Guerra⁴, M. E. Chiodini⁵, M. Acutis⁵, J. M. Villar-Mir⁶, A. Muskolus⁷

¹BASF France, ²BASF SE, ³BASF Italia S.p.a., ⁴BASF Española S.L., ⁵University of Milan, ⁶University of Lleida, ⁷Humboldt University of Berlin

Introduction

Les engrais uréiques constituent la source la plus importante d'azote minéral au niveau mondial compte tenu de leur performance technico-économique. Le plus gros inconvénient des engrais uréiques est la perte d'azote par volatilisation sous forme d'ammoniac (NH₃). Selon la météo et les conditions du sol, les pertes peuvent monter jusqu'à 80% de la quantité totale d'azote appliquée. L'Agence Européenne de l'Environnement estime les pertes d'azote ammoniacal (NH₃-N) entre 13% et 17% et entre 8% à 10% de l'azote total appliqué pour l'urée et la solution azotée, respectivement (Fig. 1).

BASF a développé le stabilisateur d'azote Limus® pour réduire les pertes de NH₃ des engrais uréiques (Fig. 1). Limus® est une nouvelle combinaison des inhibiteurs d'uréases N-(n-butyl)-thiophosphoric-triamide (NBPT) et N-(n-propyl)-thiophosphoric-triamide (NPPT) (Fig. 4a et 4b) dans une formulation innovante à base de polymères. Plusieurs études ont été menées en laboratoire, sous serres et en plein champ pour évaluer les effets de Limus® sur les émissions de NH₃ (Fig 2), les performances agronomiques (Fig. 3, 4c), les propriétés de manipulation, de transport et de stockage (Fig. 5-6).

Performances Agronomiques et environnementales:

Fig. 1: Mode d'action du Limus®

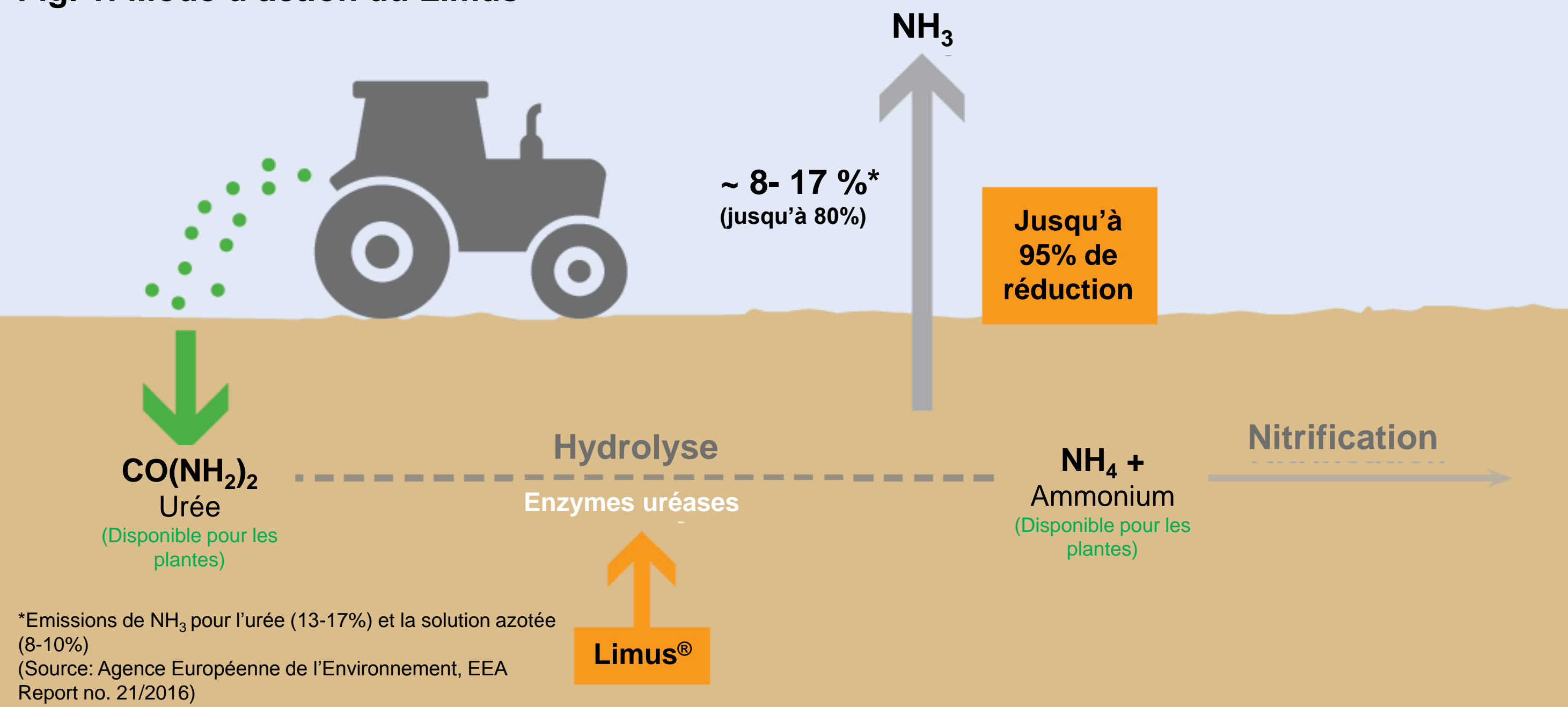
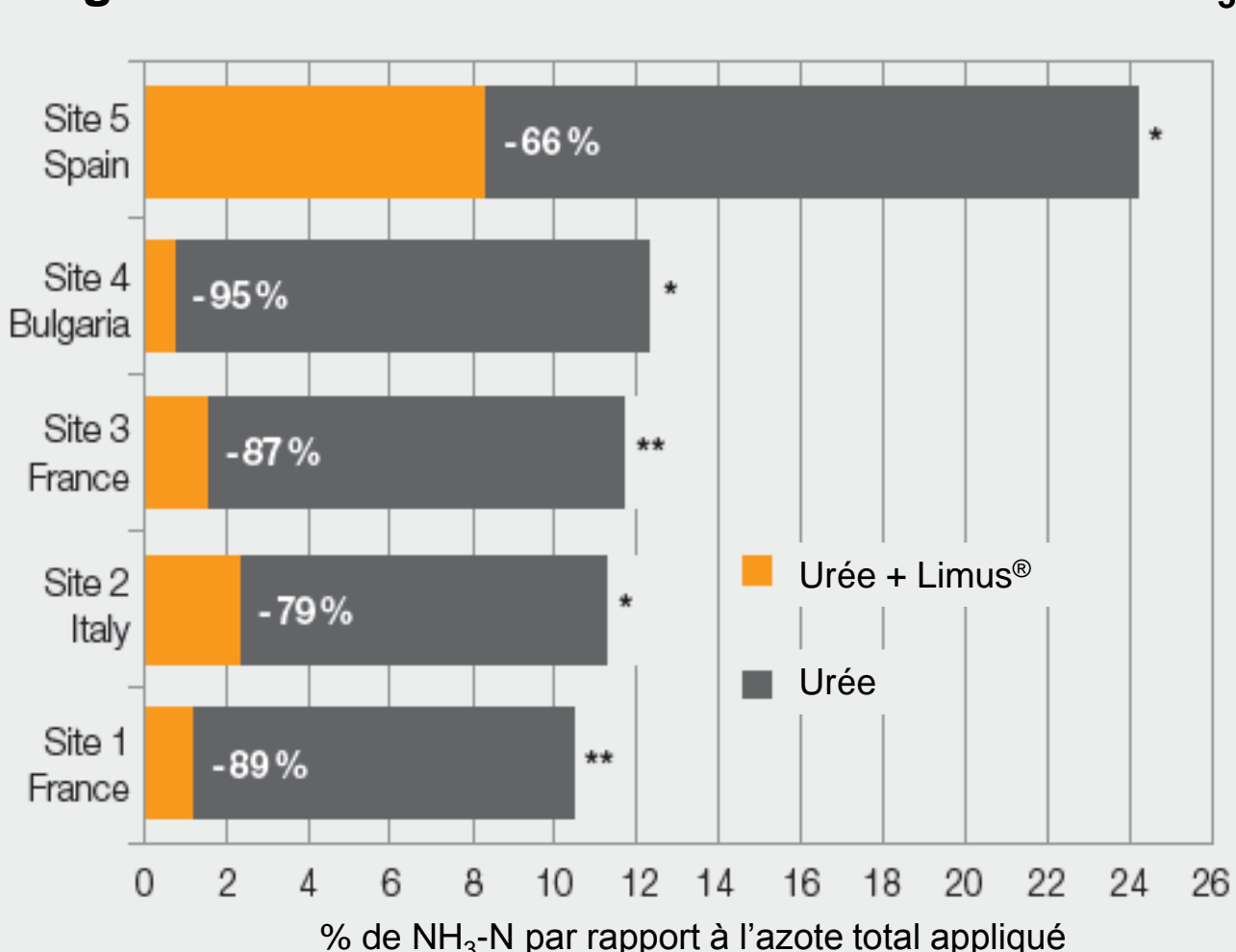
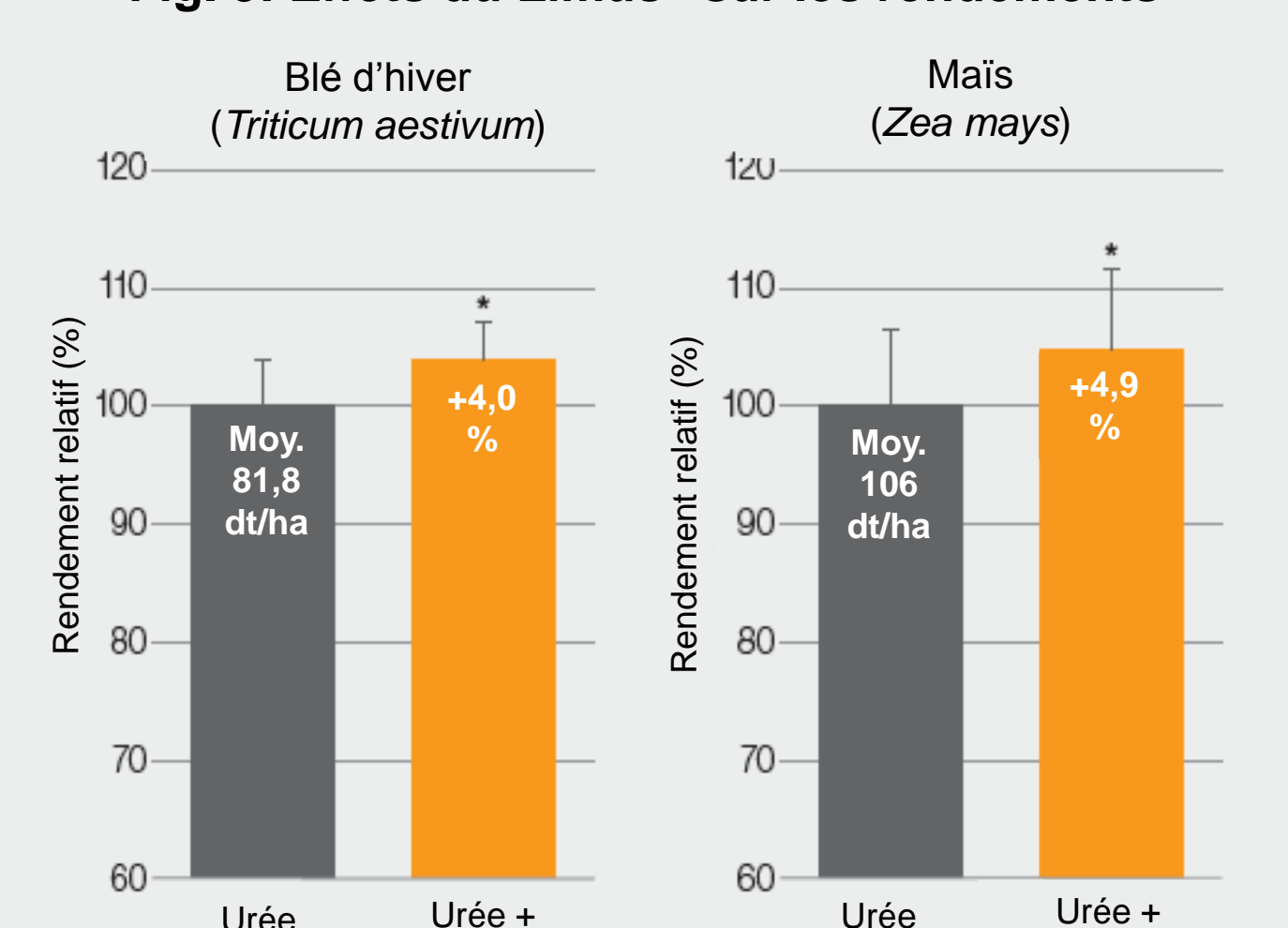


Fig. 2: Effets du Limus® sur les émissions de NH₃



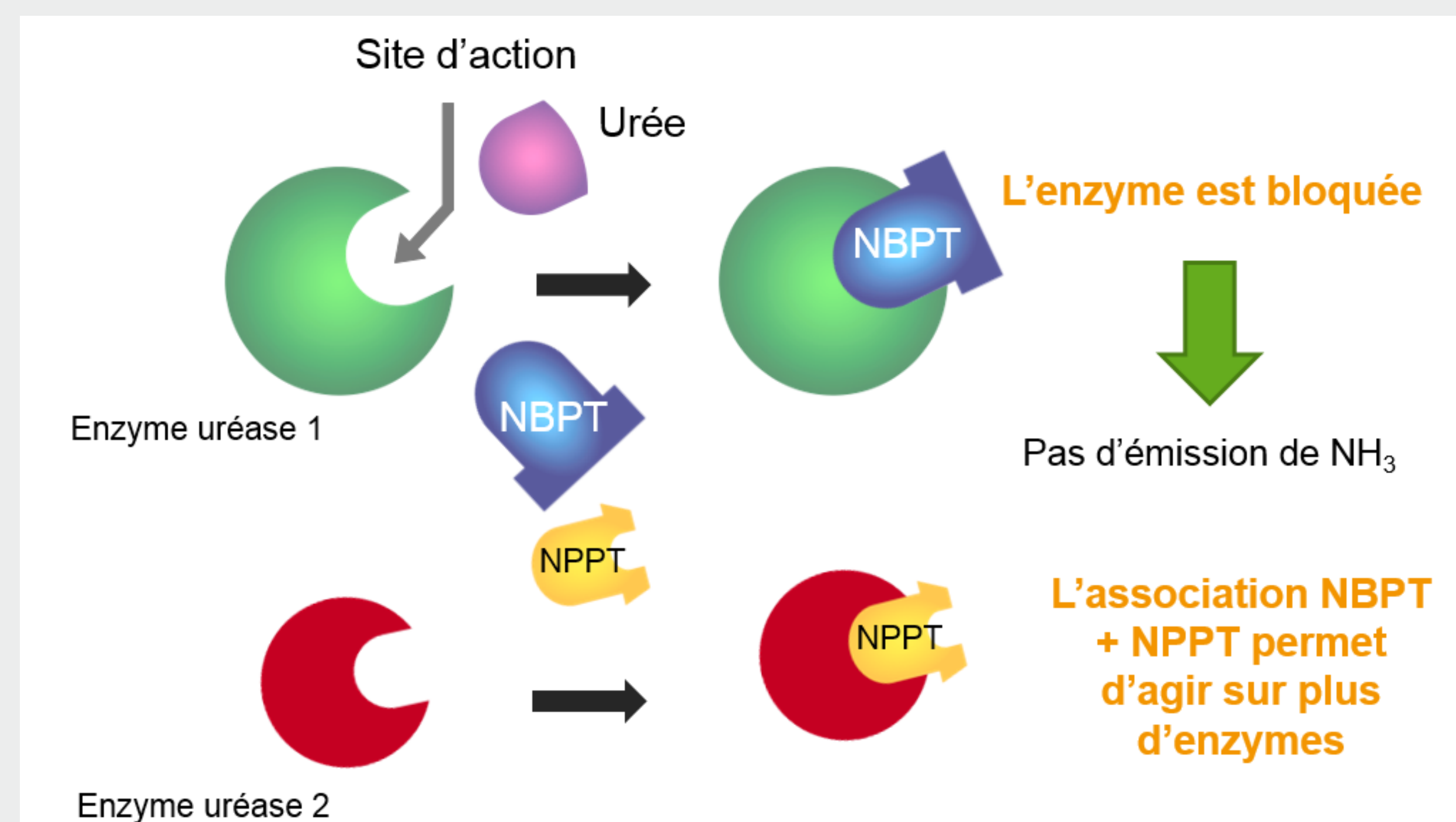
Pertes de NH₃-N en % de l'azote total appliqué (14 jours après la fertilisation) dans des essais champs européens effectués en 2016. Les pourcentages indiquent une réduction des émissions de NH₃-N grâce au Limus® comparés aux témoins urées non traités. Les différences statistiques sont indiquées (**) quand p<0,001 et (*) quand p<0,05, après une analyse de la variance (ANOVA simple).

Fig. 3: Effets du Limus® sur les rendements



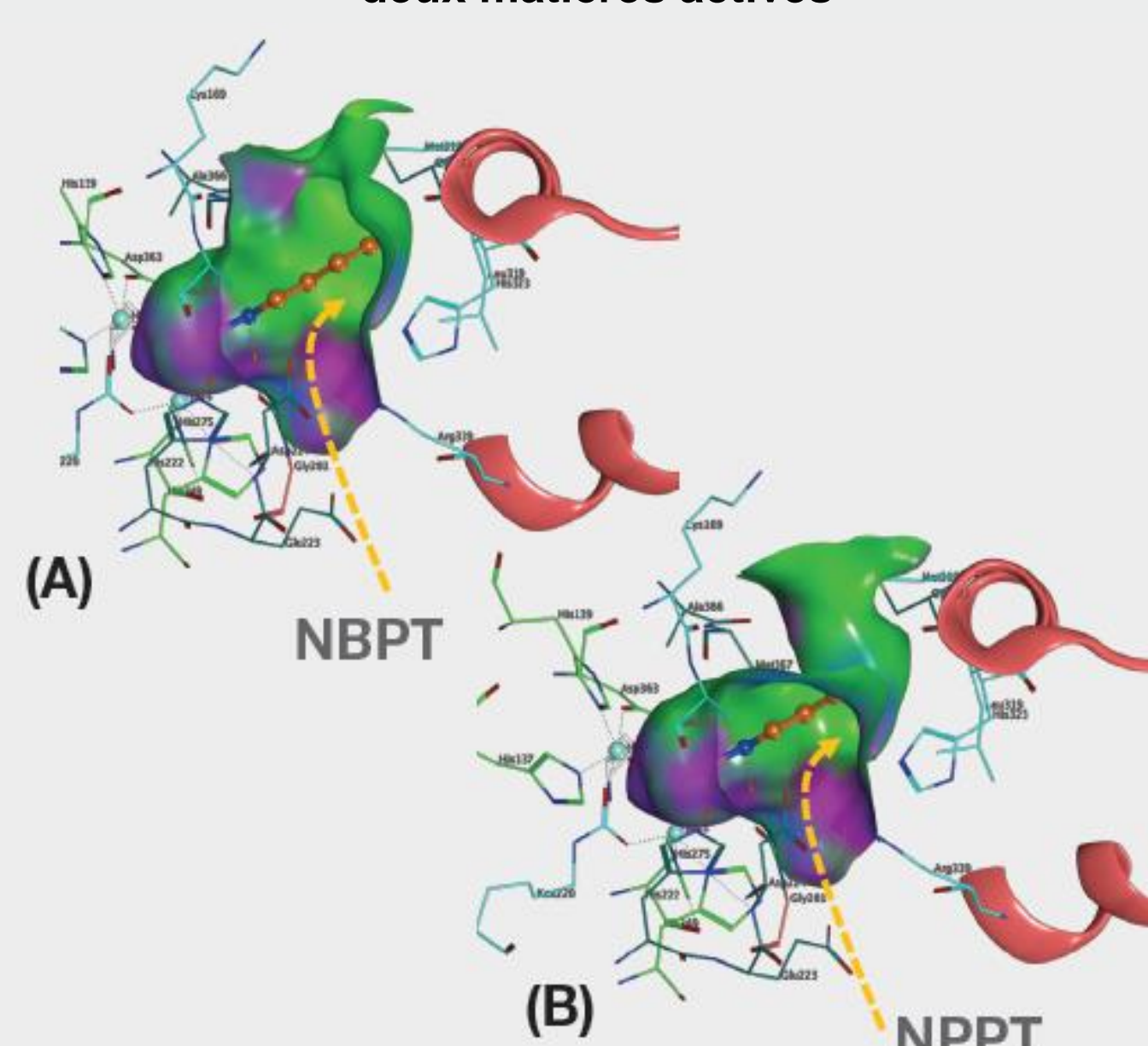
Gains de rendement relatif (en %) comparé à l'urée seule observés dans les essais européens conduits de 2010 à 2016 sur blé d'hiver (n=65) et maïs (n=45). L'astérisque (*) montre une différence statistique significative (test SNK, p<0,05). Les barres d'erreur indiquent l'écart-type. Moy. = moyenne absolue des valeurs de rendements observés dans tous les essais.

Fig. 4a: Limus® combine deux matières actives



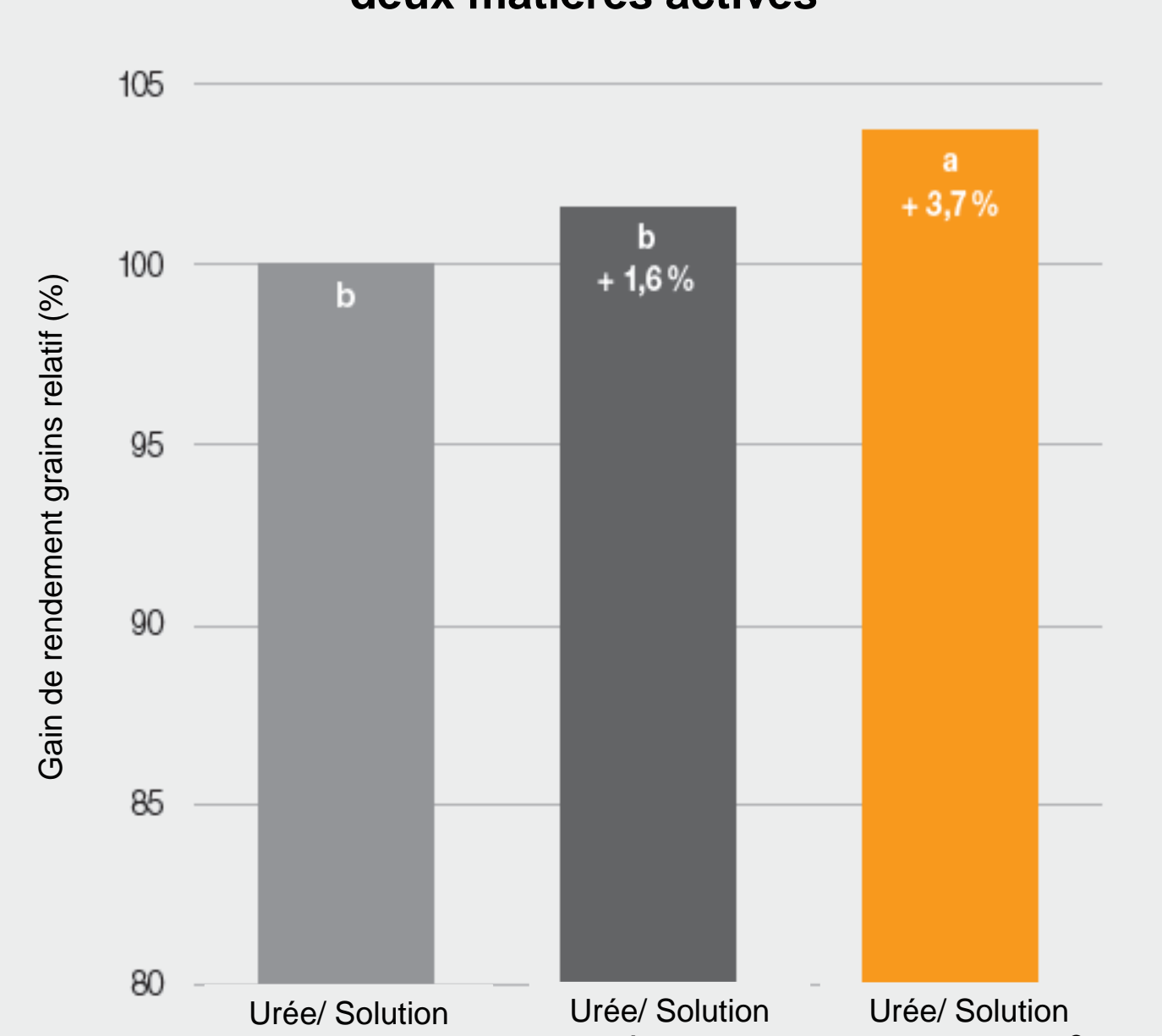
Les sites actifs des enzymes uréases du sol peuvent être légèrement différents les uns des autres, et par conséquent requièrent différents inhibiteurs.

Fig. 4b: Meilleure efficacité du Limus® qui combine deux matières actives



Des expérimentations de modélisation du NBPT et NPPT ont conduit à des différences dans les liaisons des centres actifs de différentes uréases. (A): structure 3D expérimentale du centre actif de l'uréase de *Bacillus pasteurii* (Benini et al. 2000, Biol. Inorg. Chem. 5, 110-118). (B): structure 3D expérimentale du centre actif de l'uréase après la modélisation d'une mutation (Sisay M.T. résultats non publiés).

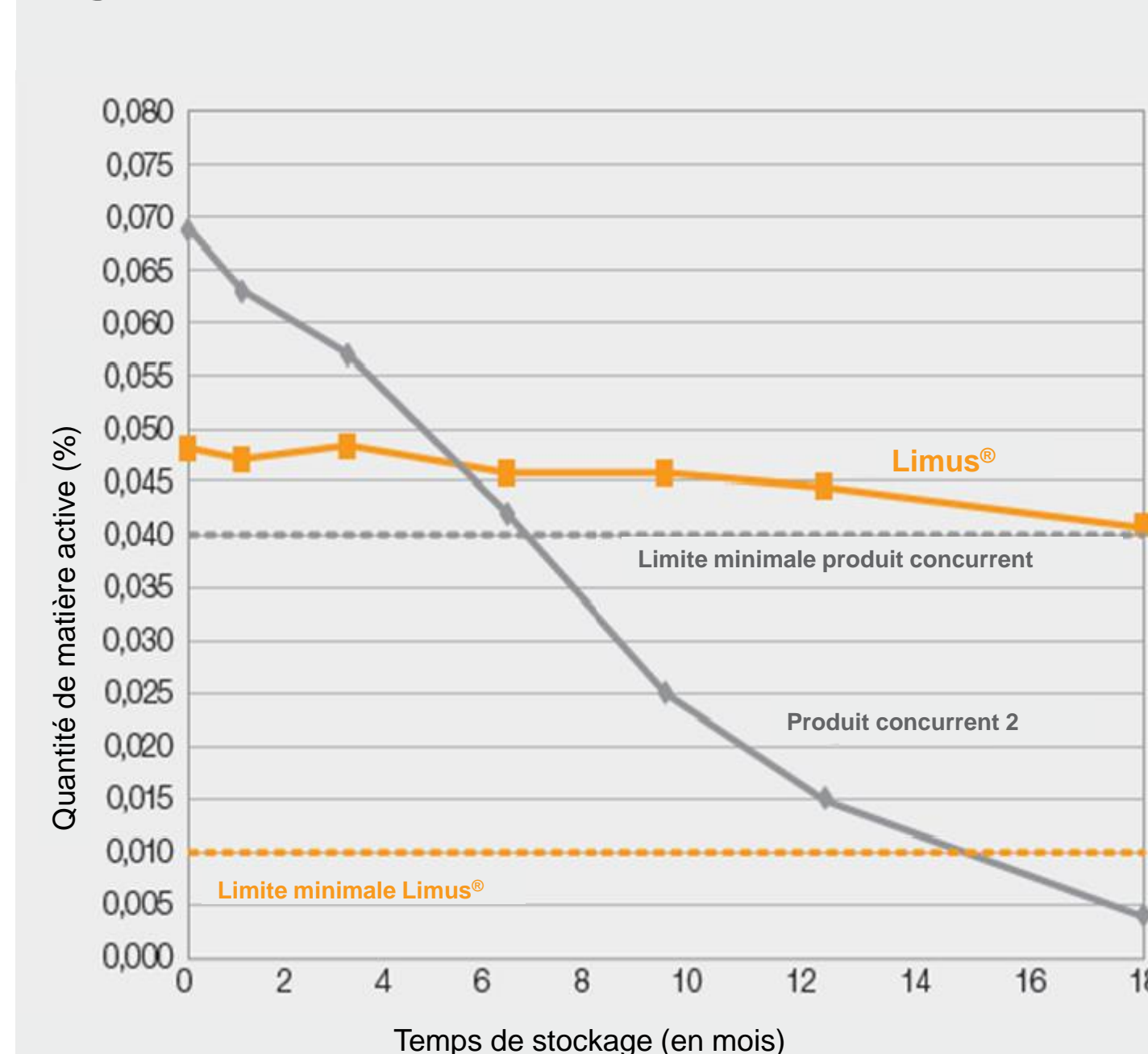
Fig. 4c: Meilleure efficacité du Limus® qui combine deux matières actives



Gain de rendement grains moyen (%) comparé au témoin non traité avec Limus® provenant des essais champs conduits en 2012-2015 sur blé d'hiver et maïs (n=17). Des lettres différentes indiquent une différence statistique entre les traitements (test SNK, p<0,05). Témoin non traité avec inhibiteur d'uréase= 92,6 q/ha

Manipulations, transport et stockage optimisés

Fig. 5: Stabilité du Limus® appliqué sur l'urée



Concentration de l'inhibiteur d'uréase sur urée (en %) pendant une période de 18 mois (stockage en batch, 20°C) du Limus® et d'un produit concurrent. Le taux-cible d'application du Limus® était de 0,05% et de 0,08% pour le produit concurrent, limites minimales selon la directive européenne des engrais (2003/2003).

Fig. 6: Propriétés du Limus®



Différences de cristallisation et de viscosité entre Limus® et des produits concurrents

Résumé

- Les expérimentations au champ conduites dans différents pays d'Europe entre 2010 et 2016 ont montré l'efficacité du Limus® en tant qu'inhibiteur d'uréases réduisant jusqu'à 95% des émissions de NH₃ issues de l'urée et jusqu'à 68% des émissions de la solution azotée. Les résultats sur le rendement ont montré un gain de 4% et 5% comparé aux témoins non traités pour le blé d'hiver et le maïs respectivement.
- Les expérimentations en laboratoire et de modélisation moléculaire ont démontré que la combinaison de deux matières actives mène à une meilleure efficacité et fiabilité du produit sous différentes conditions pédo-climatiques comparé à l'utilisation de la seule matière active NBPT.
- La formulation optimisée du Limus® donne de nombreux avantages par rapport aux produits standards du marché. Des différences significatives ont été observées pendant le stockage au niveau de la stabilité de la matière active sur des granules d'urée traités. Limus® sèche plus rapidement sur l'urée. L'abrasion de la matière active depuis la surface des granules d'urée après un stress mécanique est moins importante avec Limus®. La stabilité de la formulation du Limus® est meilleure à 54 °C pendant 14 jours ainsi qu'à -10°C pendant 14 jours.
- Le potentiel de réduction des émissions de NH₃ par Limus® au niveau européen a été évalué à 347 kt pour l'urée et 67 kt pour la solution azotée, soit au total plus de la moitié des émissions agricoles et sylvicoles françaises relevées en 2015¹ (664 kt).

¹Source: Centre Interprofessionnel Technique d'études de la pollution Atmosphérique, www.citepa.org

Matériel et Méthodes

- Les émissions de NH₃ (Fig. 2) ont été mesurées en plein champ en utilisant la Méthode des Mousse développée par BASF en Allemagne, Bulgarie, Espagne, France et Pologne et des échantillonneurs ALPHA (Adapted Low-cost Passive High Absorption) développés par Tang et al. (2001) en Italie (Université de Milan).
- Les expérimentations en champ (Fig. 3 et 4b) ont été conduites en Belgique, République Tchèque, Danemark, France, Allemagne (Université Humboldt de Berlin), Royaume-Uni, Italie (Université de Milan), Pays-Bas, Pologne, Roumanie, Espagne (Université de Lleida) et Suède entre 2010 et 2016. Toutes les expérimentations étaient en bloc aléatoire (4 répétitions). Les doses de Limus® utilisées étaient de 0,04% (urée) et 0,02% (solution azotée).
- Les paramètres étudiés pour comparer les différentes propriétés du Limus® étaient la stabilité de la matière active dans la formulation (dégradation de la matière active après 14 jours à 54°C), la cristallisation à basse température (jusqu'à -15°C), la viscosité, le temps de séchage après application ainsi que la stabilité de la matière active sur l'urée pendant le stockage (20°C pendant 18 mois). Les méthodes appliquées étaient des méthodes internes basées sur le transfert de matières actives depuis de l'urée fraîchement traitée à de l'urée non traitée (temps de séchage), taux de cristallisation et analyse de matière active (stabilité de la matière active dans la formulation et sur urée).
- Le potentiel maximal du Limus® pour réduire les émissions de NH₃ a été estimé à partir des données Eurostats de 2013, du facteur d'émissions de l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) et des données expérimentales de BASF.