

FERTILISATION

Performances des fertilisants innovants sur blé tendre d'hiver

LES ESSAIS ENGRAIS AZOTES MINERAUX

ARVALIS-Institut du végétal a poursuivi en 2019 l'évaluation des performances des innovations en matière d'engrais azotés minéraux avec 4 nouveaux essais sur blé tendre d'hiver qui viennent enrichir le réseau de référencement de ces produits mis en place depuis 2012.

Le tableau 1 décrit les principales caractéristiques de ces quatre sites d'essais et la figure 1 présente leur localisation. L'année 2019 a été marquée par un début de printemps sec qui aurait pu pénaliser l'absorption d'azote. Cependant, le retour des pluies au mois de mai

conjugué à un bon niveau d'ensoleillement a tout de même permis aux blés d'atteindre des niveaux de biomasse conséquents. Cela peut s'expliquer par les températures fraîches du mois de mai qui ont retardé les dates d'épiaison puis de floraison. Ceci a eu pour effet d'allonger la durée des phases d'élongation et de montaison et de prolonger la période de forte activité photosynthétique. Fin juin, la période de canicule n'a pas ou très peu pénalisé la phase de remplissage des grains ce qui a permis d'atteindre dans l'ensemble de très bons niveaux de rendement et des teneurs en protéines correctes.

■ **Tableau 1 : Caractéristiques principales des expérimentations engrais azotés minéraux 2018-2019**

Essai	Texture	% MO	pH eau	Précédent	Variété (espèce)	Date de semis	Date de récolte	Dose X (kg N/ha)	ETR (q/ha 15% H.)	Rdt opti ammo (q/ha)	Dose N opti ammo (kg N/ha)
Le Subdray (18)	Limon argileux	2.2	7.5	Colza	RGT Sacramento (BTH)	06/11	08/07	150	1.29	88	106
Bernienville (27)	Limon argileux profond	1.7	7.3	Blé tendre	Laurier (BTH)	19/10	01/08	210	4.68	130	185
Saint Pierre (51)	Craie à poches	3.4	8.4	Colza	Matheo (BTH)	04/10	26/07	170	2.04	103	160
Boigneville (91)	Limon argileux sur calcaire	1.9	7.8	Colza	/ (BTH)	25/10	15/07	165	2.05	115	213

■ **Figure 1 : Localisation des sites d'essais « engrais azotés minéraux » 2018-2019**



Dans tous les essais 2019, la référence de comparaison est l'ammonitrate (appliquée à tous les apports) étudiée sous la forme d'une courbe de réponse à des doses croissantes d'engrais (5 doses en plus du témoin sans apport). Une courbe de réponse a aussi été réalisée avec la solution azotée tandis que la référence urée 46 a été introduite seulement à deux doses totales d'azote (X-50 kg N/ha, X, avec X = dose totale d'azote prévisionnelle). Enfin, les différents produits évalués ont été testés aux mêmes doses que l'urée : X-50 kgN/ha et X kgN/ha.

Parmi les produits testés en 2019, on retrouve deux urées avec inhibiteurs d'uréase : le **NEXEN** (Fertiline - In Vivo, commercialisé et testé depuis 2012) qui est une urée additionnée de NBPT et de l'urée additionnée de **LIMUS**[®] (BASF, en test depuis 2014 dans nos essais). Le LIMUS, quant à lui, est un additif composé de NBPT et de NPPT. Ces deux molécules agissent en inhibant l'activité de l'uréase, l'enzyme responsable de l'hydrolyse de l'urée. Ceci a pour effet de ralentir cette transformation de l'urée en ion ammonium (NH₄⁺) et donc d'éviter une accumulation brutale de ce dernier à la

surface du sol, laquelle est à l'origine des pertes d'azote par volatilisation ammoniacale.

Deux autres spécialités, composées comme le NEXEN, d'urée + NBPT, ont été testées les années précédentes mais pas en 2019 : **UTEC® 46** (Eurochem Agro France, commercialisé à partir de 2014, en test de 2013 à 2018

dans nos essais) et **NOVIUS®** (Fertiline - In Vivo, commercialisé à partir de 2014, en test de 2015 à 2018 dans nos essais).

Le détail de la composition des engrais testés est indiqué dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques principales des produits testés

Nom	Firme	Statut réglementaire	Forme	Composition en éléments minéraux (% massique si pas d'autres précisions)				Additif inhibiteur d'uréase
				N-Total	N-Urée	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
AMMONITRATE 33.5	Générique	NFU-42 001	Solide	33.5		16.75	16.75	/
SOLUTION AZOTEE	Générique	NFU-42 001	Liquide	30	15	7.5	7.5	/
UREE GRANULEE	Générique	NFU-42 001	Solide	46	46			/
NEXEN	KOCH Fertiliser Products SAS	Engrais CE	Solide	46	46			NBPT
NOVIUS®	In-Vivo	Engrais CE	Solide	46	46			NBPT
UTEC® 46	EUROCHEM Agro France	Engrais CE	Solide	46	46			NBPT
UREE+LIMUS®	BASF	Engrais CE	Solide	46	46			NBPT & NPPT

PERFORMANCES DES UREES AVEC INHIBITEUR D'UREASE

Les résultats des essais 2019 viennent enrichir la synthèse pluriannuelle dans laquelle les performances des urées additionnées d'inhibiteurs d'uréase sur blé tendre et blé dur d'hiver sont comparées à celles de l'urée sans inhibiteur et de l'ammonitrate pour les sols calcaires et les sols non calcaires (tableau 3).

Ce sont dans les sols calcaires (plus favorables à la volatilisation ammoniacale) que les inhibiteurs d'uréase présentent le plus d'intérêt avec, pour le NEXEN, l'UTEC et l'urée + LIMUS, des gains de rendement moyens de l'ordre de 2 q/ha par rapport à l'urée et variant de 1.3 à 2.4 q/ha par rapport à l'ammonitrate. Seul le NOVIUS ne permet pas d'amélioration significative du rendement par rapport à l'urée et à l'ammonitrate dans les essais ARVALIS. De plus, dans ce type de sols, ces engrais innovants, y compris le NOVIUS, améliorent la teneur en protéines du blé de 0.25 à 0.33% par rapport à l'urée classique. En revanche, ils ne présentent pas d'effet significatif par rapport à l'ammonitrate sur ce critère de qualité.

En sols non calcaires, les inhibiteurs d'uréase affichent aussi des résultats intéressants par rapport à l'urée. A l'exception du NOVIUS qui est sans effet sur le rendement, on observe pour les autres produits un gain compris entre 0.8 et 1,3 q/ha (gain statistiquement significatif uniquement dans le cas du NEXEN). Pour la teneur en protéines, seule l'urée + LIMUS ne présente pas de gain significatif tandis que les autres inhibiteurs d'uréase permettent de gagner de 0.18 à 0.24% de protéines. Comparés à l'ammonitrate, les inhibiteurs présentent assez peu d'intérêt en sols non calcaires : seule l'urée + LIMUS permet un gain significatif de rendement (1.5 q/ha). De plus, dans ce type de sols, bien que cet écart ne soit pas statistiquement significatif, la teneur en protéines est à l'avantage de l'ammonitrate quel que soit l'inhibiteur d'uréase.

Notons enfin, qu'il faut rester prudent dans la comparaison des performances de ces produits entre eux car tous n'ont pas été testés simultanément dans les mêmes essais.

Tableau 3 : Performances des urées additionnées d'inhibiteurs d'uréase sur blé tendre et blé dur d'hiver

		NEXEN		UREE+LIMUS		NOVIUS		UTEC	
Nombre d'essais		44 (2012-2019)		17 (2014-2019)		14 (2015-2018)		28 (2013-2018)	
Type de sol		Calcaire (19)	Non calcaire (25)	Calcaire (9)	Non calcaire (8)	Calcaire (4)	Non calcaire (10)	Calcaire (13)	Non calcaire (15)
Gain de rendement (q/ha)	- /UREE	+2.0 ***	+1.0 **	+1.9 ***	+0.8 NS	+0.4 NS	+0.1 NS	+1.9 ***	+1.3 NS
	- /AMMO	+1.3 ***	+0.2 NS	+2.4 ***	+1.5 *	+0.4 NS	+0.1 NS	+1.8 ***	+0.5 NS
Gain de protéines (%)	- /UREE	+0.33 ***	+0.23 ***	+0.25 *	+0.03 NS	+0.33 **	+0.24 ***	+0.25 ***	+0.18 *
	- /AMMO	+0.05 NS	-0.08 NS	+0.04 NS	-0.1 NS	+0.09 NS	-0.03 NS	+0.03 NS	-0.13 NS

Synthèse de 53 essais ACOLYANCE, ARVALIS, CA37, SOUFFLET et VIVESCIA, récoltes 2012 à 2019

Méthode statistique et signification des symboles détaillées dans l'encadré.

Méthodes statistiques utilisées

Dans les synthèses pluriannuelles, la performance des produits est évaluée par comparaison de moyennes appariées (test de Student).

Les figures reprennent les légendes suivantes :

*** = différence significative au seuil de 1%

** = différence significative au seuil de 5%

* = différence significative au seuil de 10%

NS = différence non significative

S'il se révèle intéressant d'un point de vue technique et économique, l'emploi d'urées additionnées d'inhibiteurs d'uréase soulève néanmoins de nouvelles interrogations quant à ses impacts sur l'environnement et la santé. Saisie en 2018 par plusieurs ministères sur la question de l'innocuité des inhibiteurs d'uréase, l'ANSES (l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a indiqué en 2019 qu'elle manquait d'éléments pour garantir l'absence de risque pour l'opérateur, les eaux souterraines, le consommateur, les oiseaux et les mammifères

et la microfaune du sol. Aucune AMM n'est donc délivrée par l'ANSES pour ces inhibiteurs qui peuvent toutefois être utilisés en France lorsqu'ils entrent dans la composition d'engrais CE.

De nouveaux engrais revendiquant une action d'inhibition de l'uréase au moyen de substances autres que le NBPT et le NPPT, ayant déjà démontré leur innocuité étaient d'ailleurs à l'étude dans les essais Arvalis 2019. Les premiers résultats semblent prometteurs mais nécessitent d'être confirmés par au moins une nouvelle campagne d'essais.

LES ESSAIS BIOSTIMULANTS

Un nouveau réseau d'essais, conduit en partenariat avec les coopératives AGRIAL, VAL'EPI et NORIAP a également vu le jour à l'automne 2017 afin de tester les performances de quelques produits biostimulants présents sur le marché français (figure 2 et tableau 4). Deux essais annuels ont été conduits en 2018 sur blé tendre (AGRIAL et VAL'EPI) puis deux autres en 2019 (AGRIAL et ARVALIS). Dans ces essais, différents biostimulants ont été testés à deux doses d'azote (X-40 et X dans la plupart des cas, X-20 et X ou X et X+40 pour

quelques produits) et comparés à un témoin sans application de biostimulant à dose d'azote équivalente. Un produit évalué dans ce réseau (Free N 100) a également été testé dans un essai conduit en agriculture biologique par ARVALIS en 2019. Enfin, un autre produit (Carpoès) a été appliqué dans un essai pluriannuel mis en place en 2018 par NORIAP. La récolte de blé 2019 correspondait donc à la deuxième campagne consécutive d'application de ce biostimulant sur la parcelle.

Figure 2 : Localisation des sites d'essais « biostimulants » - Campagnes 2018 et 2019



Tableau 4 : Caractéristiques principales des expérimentations biostimulants 2018-2019

Partenaire	Commune	Texture	% MO	pH eau	Précédent	Variété (espèce)	Date de semis	Date de récolte	Dose X (kg N/ha)	ETR (q/ha 15% H.)
AGRIAL (2018)	Saint-Pierre Canivet (14)	Limon argilo-calcaire	3.7	8.1	Lin fibre	Mutic (BTH)	20/10/2017	26/07/2018	220	/
VAL'EPI (2018)	Trumilly (60)	Limon	1.6	8.4	Haricot	Granamax (BTH)	19/10/2017	20/07/2018	190	/
AGRIAL (2019)	Soulangy (14)	Argilo-Calcaire	/	8.0	Lin fibre	Chevignon (BTH)	19/10/2018	/	170	0.27
ARVALIS (2019)	Preignan (32)	Limon argilo sableux	1.4	7.3	Tournesol	LG Armstrong (BTH)	23/10/2018	06/07/2019	230	4.14
ARVALIS (2019) (AB)	Montaut-Les-Créneaux (32)	Argilo calcaire profond	1.6	8.4	Soja	LG Armstrong (BTH)	15/11/2018	08/07/2019	90 (AB)	2.22
NORIAP (2019) (Année 2)	Quevauvillers (80)	Limon battant	2.1	8.3	Pois protéagineux de printemps	Glasgow (BTH)	12/11/2018	04/08/2019	/	/

(AB) : Essai conduit en Agriculture Biologique, seul de Free N 100 a été évalué dans cet essai

(Année 2) : Essai pluriannuel, seul le Carpoès a été évalué dans cet essai, appliqué sur les mêmes parcelles deux années de suite

Six produits biostimulants ont été testés : **CARPOES** (Biovitis), **MEGATERHIZ** (Eléphant Vert), **RISE P** (Lallemant Plant Care), **AGROPTIM SUNSET** (Olmix Plant Care), **FERTIACYL STARTER** (TIMAC Agro) et **FREE N 100** (Gaïago). Si certains effets revendiqués comme l'amélioration de la croissance racinaire, une meilleure acquisition des éléments nutritifs, l'augmentation de l'activité photosynthétique ou encore une tolérance accrue aux stress abiotiques sont communs à plusieurs d'entre eux, ces produits présentent néanmoins des modes d'action très différents les uns des autres (tableau 5). Les principes actifs qui entrent dans leur constitution sont également très spécifiques pour chaque produit.

Quatre d'entre eux contiennent des micro-organismes : un champignon sensé agir notamment sur l'évolution des matières organiques du sol dans le cas du Carpoès, des bactéries rhizosphériques sensées stimuler la croissance du système racinaire de la culture et améliorer la solubilisation du phosphore et de manière générale la disponibilité des éléments nutritifs pour Mégatérhiz et

Rise P et des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique dans le cas du Free N 100. Ce dernier contient également quelques oligo-éléments bénéfiques à la multiplication de la bactérie. On retrouve également des oligo-éléments associés à des macro-éléments dans la composition de l'AgrOptim Sunset. Enfin, le Fertiactyl Starter contient, en plus d'une solution d'engrais NPK, des acides humiques et fulviques sensés stimuler le développement racinaire. Notons que les quantités d'éléments minéraux apportées par ce dernier restent négligeables par rapport aux besoins des cultures (moins de 1 kg N/ha pour une application à la dose recommandée de 3L/ha) et c'est bien un effet biostimulant et non fertilisant qui est évalué.

Ces différents produits appliqués au semis ou au début du tallage suivant les préconisations de leurs fabricants revendiquent pour la plupart une action précoce sur la culture qui démarre dès la mise en place du système racinaire. Le Free N 100, dont l'objectif est d'améliorer la nutrition azotée des cultures, a été testé à deux stades : début tallage et épi 1 cm.

Tableau 5 : Caractéristiques principales des produits biostimulants testés

Nom	Fabricant	Statut réglementaire	Composition ou principe actif	Dose et stade d'application dans les essais*	Mode d'action et effets attendus
Carpoès Autres noms commerciaux : Thiz 519, Microfit +, Grounduno	Biovitis	Matière fertilisante homologuée (AMM n° 1171088)	Champignon Filamenteux Trichoderma harzianum (souche CNCM I-4013)	500g/ha au semis ou jusqu'à 1-2 feuilles	Rééquilibre la flore fongique, dégrade la MO et stimule le développement racinaire. Modifie favorablement la flore fongique du sol Renforce le système racinaire Agit favorablement sur l'évolution des résidus de culture et de la matière organique
Mégathérhiz	Eléphant Vert	Matière fertilisante homologuée (AMM n°1150018)	Bactérie Pseudomonas putida (souche I-4613)	500g/ha au semis ou jusqu'à 1-2 feuilles	Stimulation de la croissance des plantes grâce aux bactéries à fort potentiel Pgpr (Plant growth promoting rhizobacteria) Production de phytohormones (IAA, gibbérellines, cytokinines...), d'ACC Désaminase (réduit la production d'éthylène) et de sidérophores (Pyoverdine) Acidification de la rhizosphère, permettant la solubilisation et la mise à disposition des éléments nutritifs Production et libération d'enzymes de dégradation de la matière organique Amélioration de la structure du sol (notamment en sols battants) Augmentation de la biomasse racinaire et aérienne Augmentation de la disponibilité des éléments nutritifs et de l'eau du sol Meilleure évolution de la matière organique (pailles) Solubilisation du phosphore Augmentation du rendement
Rise P	Lallemand Plant Care	Matière fertilisante homologuée (AMM n° 1000041)	Bactéries rhizosphériques Bacillus amyloliquefaciens (souche IT45 2)	150 g/ha au tallage	Colonisation rapide de la rhizosphère par la bactérie IT45 grâce à l'activation de la sécrétion d'exsudats racinaires par la plante créant un effet probiotique Sécrétion de phytohormones qui améliorent le développement et l'efficacité du chevelu racinaire Emission d'enzymes de type phytases qui améliorent la solubilisation du phosphore Occupation rapide de la rhizosphère par des micro-organismes bénéfiques créant un effet probiotique Stimulation de la croissance du chevelu racinaire Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante Solubilisation du phosphore (+28%)
AgrOptim SUNSET	OLMIX Plant Care	Matière fertilisante NFU 44-204 avec additif agronomique homologué « stimulateur de croissance et de développement des plantes » (AMM n° 1150009)	Éléments minéraux + oligos éléments (actif biostimulant issu de la technologie Mineral Inducer Process) Composition : S, K, Na, Mg, B, Cu	3 L/ha au tallage	Stimulation du signal calcique au sein de la cellule végétale) Intensification des échanges sol / plante Amélioration de la croissance racinaire Augmentation de l'activité photosynthétique Amélioration de la synthèse des nutriments Renforcement de la résistance aux stress Meilleure installation des composantes de rendement Optimisation de la production et de la qualité
Fertiactyl Starter	Timac Agro	Engrais CE + Matière fertilisante homologuée (AMM n°1211002)	Solution d'engrais NPK 13-5-8 Acides humiques et fulviques	3 L/ha au tallage	Biostimulant à action racinaire : Stimulation du démarrage des cultures par un bon enracinement et solubilisation des éléments nutritifs du sol Meilleur développement du système racinaire et meilleure exploration du sol Optimisation de la photosynthèse Meilleure assimilation des éléments minéraux Tolérance accrue aux stress hydriques, thermiques et osmotiques
Free N 100	Gaïago	Matière fertilisante Homologuée (AMM n°1160003)	Azotobacter chroococcum + Oligo éléments : Mn et Mo	0.5L ha au tallage ou à épi 1 cm #	Activation de la fixation d'azote grâce à la colonisation de la rhizosphère par azotobacter sp. Fourniture continue d'éléments à la culture Sécurisation des récoltes en cas de stress abiotiques Meilleure expression du potentiel génétique des plantes. Amélioration des rendements et de la qualité des cultures Permet de réduire la fertilisation azotée (15 à 30% d'azote disponible en plus pour les cultures)

* Dose et stade d'application conformes aux recommandations des fabricants. Lorsque que les conditions n'étaient pas optimales (sol trop sec et/ou températures trop froides), la recherche de meilleures conditions a toujours été privilégiée par rapport à une application dans le strict respect du stade préconisé ce qui a parfois conduit à retarder un peu certaines applications.

Free N 100 appliqué au tallage dans les essais AGRIAL (2018 et 2019) et l'essai VAL'EPI (2018), au tallage (2 modalités) et à épi 1 cm (2 autres modalités) dans l'essai ARVALIS de Preignan et à épi 1 cm dans l'essai ARVALIS AB de Montaut-Les-Créneaux.

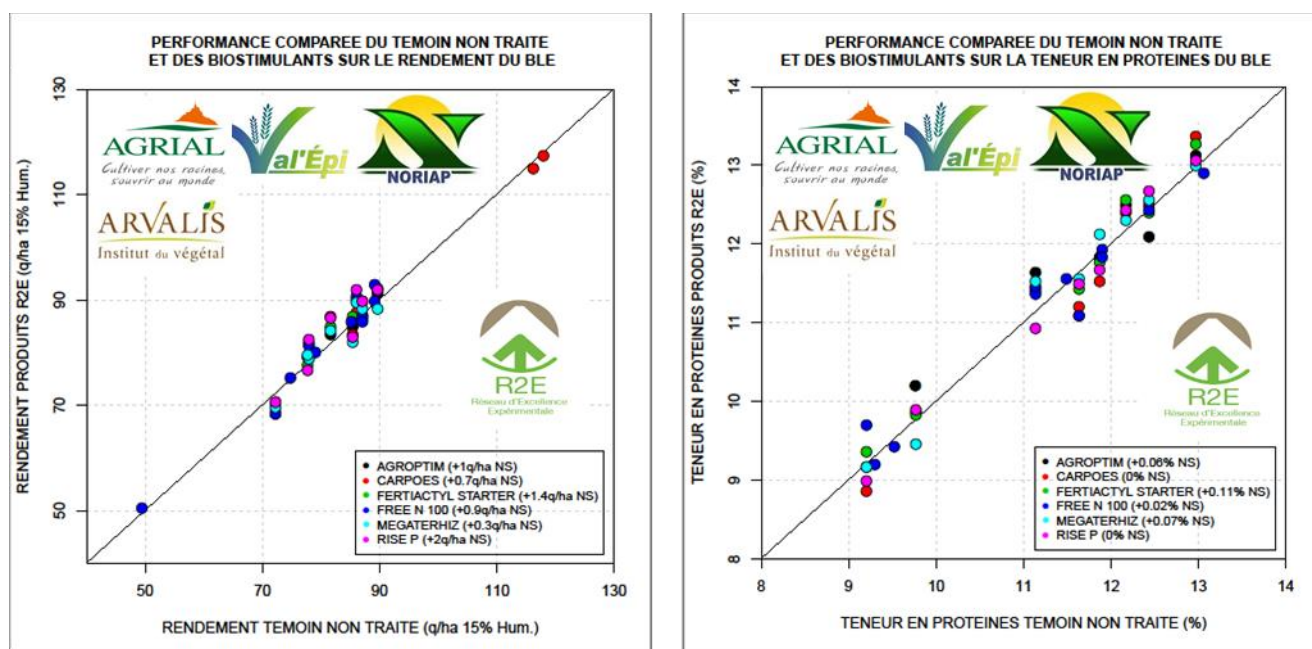
PERFORMANCES DES BIOSTIMULANTS SUR LE RENDEMENT ET LA TENEUR EN PROTEINES DU BLE TENDRE

Aucun biostimulant testé dans le réseau d'essais ne présente d'effet significatif sur le rendement et sur la teneur en protéines. Néanmoins, des tendances positives semblent se dégager pour certains produits avec des gains moyens de rendements respectivement de + 1.0, + 1.4 et +2.0 q/ha pour AgrOptim Sunset, Fertiactyl Starter et Rise P (figure 3.a). L'absence de significativité statistique de ces résultats peut s'expliquer par une assez forte variabilité des écarts avec le témoin sans biostimulant autour de ces valeurs moyennes. Concernant les teneurs en protéines (figure 3.b), aucune tendance ne semble se dégager : les écarts avec le témoin

sans biostimulants sont très faibles à nuls, sauf peut-être pour le Fertiactyl Starter (+0.11%, non significatif).

Au-delà des performances techniques (effets sur le rendement et la teneur en protéines), il est essentiel de tenir compte du retour sur investissement de ces produits. Pour un gain de rendement de 1q/ha, le surcoût lié à l'application de ces produits (coût du produit + d'éventuelles charges de mécanisation supplémentaires) ne doit pas dépasser 15 à 20 €/ha. Pour des gains de rendements plus conséquents, de 2 q/ha, ce surcoût reste acceptable jusqu'à 30 voire 40€/ha suivant le cours du blé.

Figure 3 : Rendements (a) et teneurs en protéines (b) du blé avec ou sans application de biostimulants



Synthèse pluriannuelle sur 2 années d'essais (6 essais AGRIAL, ARVALIS, NORIAP et VAL'ÉPI, récoltes 2018 et 2019). Comparaisons sur tous les apports (8 points pour Agr'Optim, Fertiactyl Starter, Mégatérhiz et Rise P, 10 points pour Carpoès et 11 points pour Free N 100). Performances moyennes toutes situations (cf. encadré pour les légendes statistiques)