

Introduction

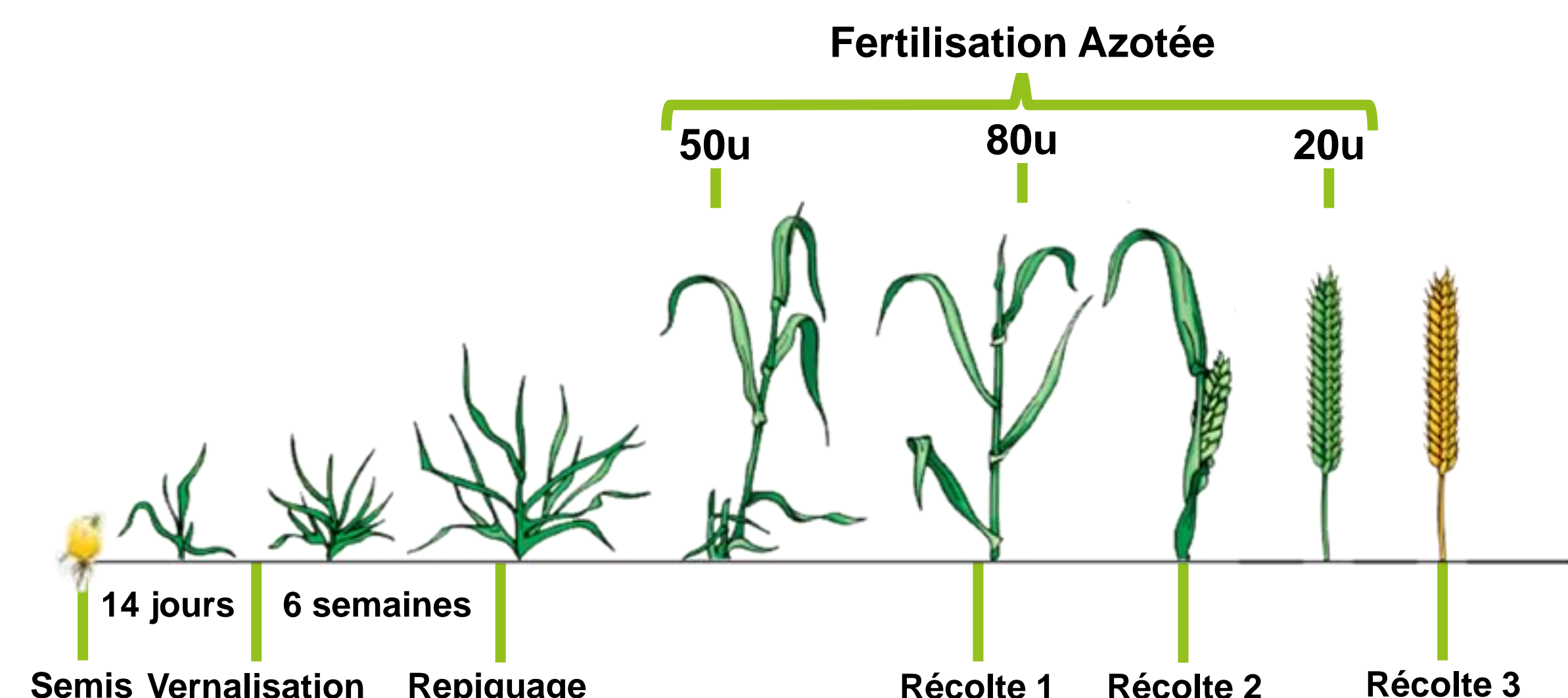
Indispensable pour optimiser la productivité des systèmes agricoles, l'utilisation d'engrais azotés (N) peut entraîner un risque de pertes par volatilisation (NH₃), de lixiviation des nitrates (NO₃⁻) et des émissions de N₂O. Ces fuites ont des impacts environnementaux et des conséquences économiques importantes pour l'agriculteur. Il existe actuellement des solutions telles que les inhibiteurs d'uréase et de la nitrification. Cependant, peu d'additifs aux engrais azotés agissant sur le métabolisme de la plante sont disponibles sur le marché. Pourtant, l'amélioration de l'efficacité d'usage de l'azote (EUA) et d'autres éléments, en particulier lors de la remobilisation, est essentielle pour assurer la production et la qualité du grain de blé tendre.

Le but de cette étude est de tester de nouveaux additifs incorporés aux engrais azotés sur l'efficacité d'usage de l'azote, le rendement et la qualité du blé.

Matériels et Méthodes

Du blé d'hiver cv. Récital (*Triticum aestivum* L.) a été cultivé dans des conditions contrôlées. Deux semaines après semis, les plantules sont vernalisées (6°C, photopériode 8h) pendant 6 semaines. Le repiquage a été effectué dans des tubes (Ø: 8 cm, H: 33 cm, 2 plantes/pot) contenant un substrat neutre sable:perlite (1:1, v:v) pour obtenir une densité de semis similaire aux conditions de plein champ (250 graines par m²).

Une solution nutritive Hoagland 25%, associée à un système de recyclage du percolât, alimentait les tubes 3 fois par jour. La fertilisation N a été appliquée en 3 apports: 50 unités au stade «tallage», 80 unités au stade «épi 2,5 cm» et 20 unités au stade «épiaison». La Glutacétine et 4 formulations (F1 à F4) mélangées à l'engrais azoté ont été testées au cours de ce criblage puis comparées à un témoin (engrais azoté seul). 3 doses (D1, D2, et D3) ont été apportées. La formulation Glutacétine a été appliquée en foliaire uniquement lors du dernier apport d'azote (les deux premières applications ont été effectuées au sol sans Glutacétine). L'indice de chlorophylles a été suivi par le fluorimètre Multiplex®. Les plantes ont été récoltées (n=3) à 3 stades: dernière feuille étalée (St39, Récolte 1), épiaison (St59, Récolte 2) et maturité (St89, Récolte 3). Les biomasses (Matière Sèche : MS), les composantes de rendement et les teneurs en azote ont ensuite été déterminées.



Effets après les 1^{er} et 2^{ème} apports d'azote

Au stade St39, seule F4D1 a significativement amélioré sa biomasse foliaire. Cependant, au stade St59, F1D1 a augmenté la MS des épis (+26%) et des feuilles sénescentes (+68%) par rapport au témoin, ce qui a amélioré la MS des parties végétatives (+18%) et finalement la MS de la plante (+23%). F4D1 a augmenté également la MS des feuilles sénescentes (+64%) mais diminue la MS des épis (-34%). Cela pourrait être dû à un retard de remobilisation des réserves des feuilles vers les épis. La MS totale de la plante et particulièrement la MS des épis a été réduite par F1 et F4 à la dose 2 (-43% et -46% respectivement).

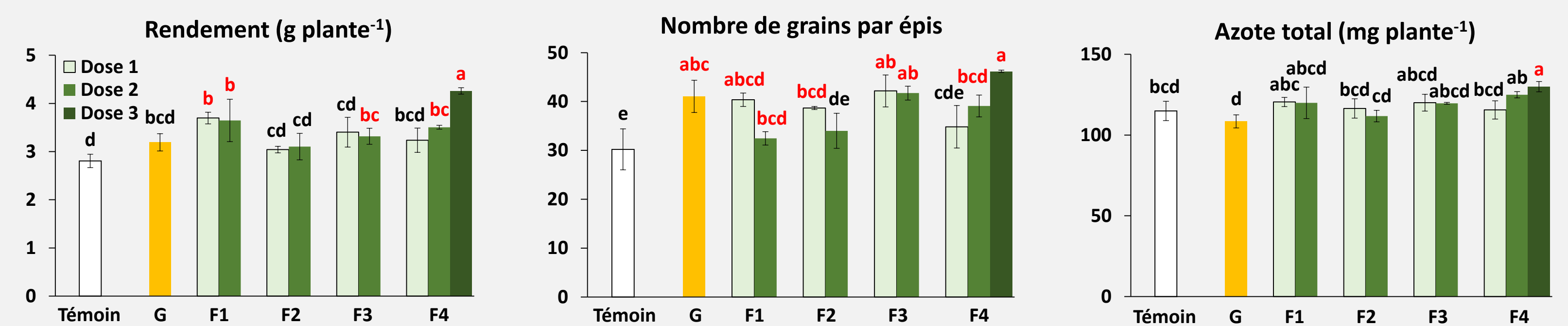
La quantité de N dans les épis est significativement réduite par F1D2, F4 (D1 et D2) alors qu'elle était plus élevée dans les feuilles sénescentes. F1D2 et F4D2 diminuent également la quantité totale de N. Étonnamment, F2D1 a significativement augmenté l'absorption de N. Cependant, en ce qui concerne les autres formulations, il n'y a pas eu de changement significatif au stade épiaison.

Récolte à St59	Biomasse (g MS plante ⁻¹)					
	Épis	Feuilles Sénescentes	Parties végétatives	Racines	Plante entière	
Témoin	0,59 ± 0,02bc	0,31 ± 0,05bc	2,40 ± 0,20bcd	0,53 ± 0,04abcd	3,52 ± 0,27bc	
F1	Dose 1	0,74 ± 0,07a	0,52 ± 0,07a	2,94 ± 0,30a	0,65 ± 0,11ab	4,33 ± 0,47a
	Dose 2	0,33 ± 0,04e	0,35 ± 0,07bc	2,06 ± 0,05cd	0,37 ± 0,03d	2,76 ± 0,13d
F2	Dose 1	0,73 ± 0,02ab	0,27 ± 0,04c	2,73 ± 0,15ab	0,58 ± 0,05abc	4,03 ± 0,18ab
	Dose 2	0,53 ± 0,08cd	0,32 ± 0,04bc	2,42 ± 0,15bc	0,69 ± 0,15a	3,64 ± 0,37bc
F3	Dose 1	0,66 ± 0,09abc	0,35 ± 0,03bc	2,58 ± 0,09ab	0,54 ± 0,08abcd	3,77 ± 0,24abc
	Dose 2	0,62 ± 0,09abc	0,31 ± 0,09bc	2,68 ± 0,11ab	0,65 ± 0,04ab	3,94 ± 0,23ab
F4	Dose 1	0,39 ± 0,04de	0,51 ± 0,03a	2,35 ± 0,07bcd	0,49 ± 0,06bcd	3,23 ± 0,17cd
	Dose 2	0,31 ± 0,07e	0,40 ± 0,04ab	2,03 ± 0,22d	0,44 ± 0,09cd	2,78 ± 0,36d
	Dose 3	0,62 ± 0,05abc	0,27 ± 0,02c	2,58 ± 0,12ab	0,55 ± 0,09abcd	3,74 ± 0,21abc

Récolte à St59	Quantité d'N (mg plante ⁻¹)					
	Épis	Feuilles Sénescentes	Parties végétatives	Racines	Plante entière	
Témoin	12,76 ± 0,64ab	3,45 ± 0,59cd	52,58 ± 3,99ab	11,53 ± 0,61bc	83,28 ± 5,92ab	
F1	Dose 1	14,96 ± 0,64a	6,49 ± 0,70ab	61,85 ± 3,28a	11,28 ± 0,24bc	88,09 ± 3,48ab
	Dose 2	7,48 ± 0,87d	5,59 ± 1,57abc	56,27 ± 1,10ab	9,62 ± 0,91c	73,38 ± 2,06c
F2	Dose 1	13,62 ± 1,57ab	4,44 ± 0,83bcd	60,86 ± 2,08ab	11,26 ± 1,15bc	85,75 ± 1,35ab
	Dose 2	13,46 ± 1,36ab	3,19 ± 1,05d	60,90 ± 0,50a	12,90 ± 0,55ab	87,27 ± 1,31ab
F3	Dose 1	15,00 ± 0,20a	2,70 ± 0,56d	62,87 ± 1,79a	14,44 ± 2,22a	92,31 ± 1,05a
	Dose 2	11,66 ± 1,75bc	4,31 ± 1,32bcd	62,78 ± 6,10a	12,74 ± 0,62ab	87,18 ± 6,50ab
F4	Dose 1	9,08 ± 1,08cd	6,81 ± 0,42a	61,13 ± 1,93a	9,76 ± 0,95c	79,97 ± 3,58bc
	Dose 2	7,41 ± 1,75d	6,01 ± 1,41ab	53,07 ± 3,80b	10,45 ± 2,04bc	70,93 ± 7,31c
	Dose 3	12,08 ± 0,69b	3,28 ± 0,51cd	61,06 ± 1,68a	10,65 ± 0,85bc	83,78 ± 0,25ab

Résultats

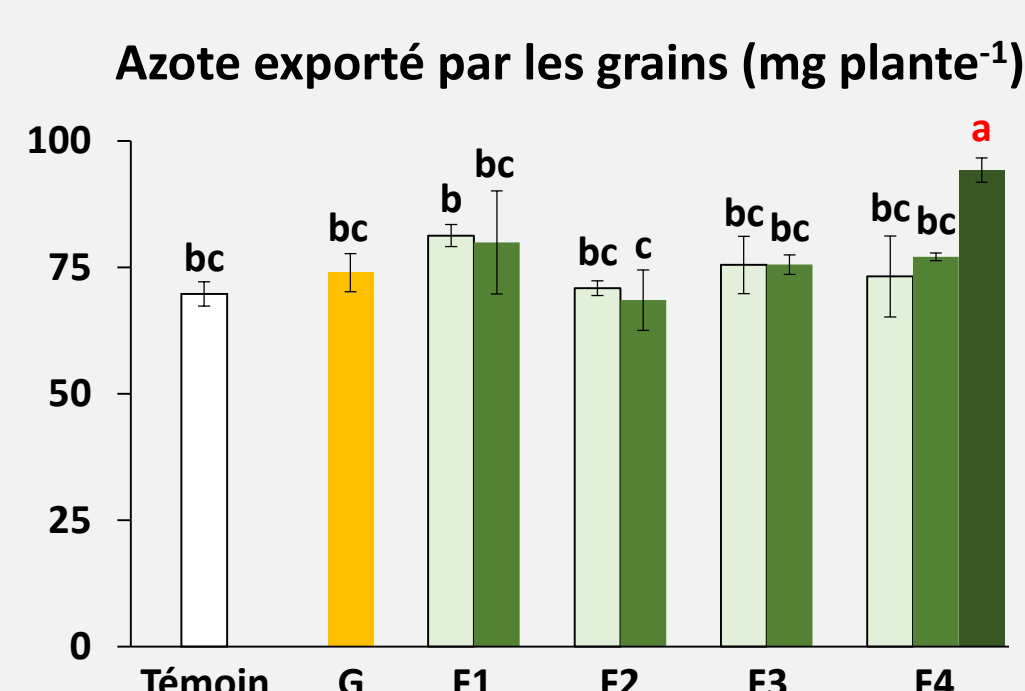
Effets à maturité : rendement et efficacité de l'azote



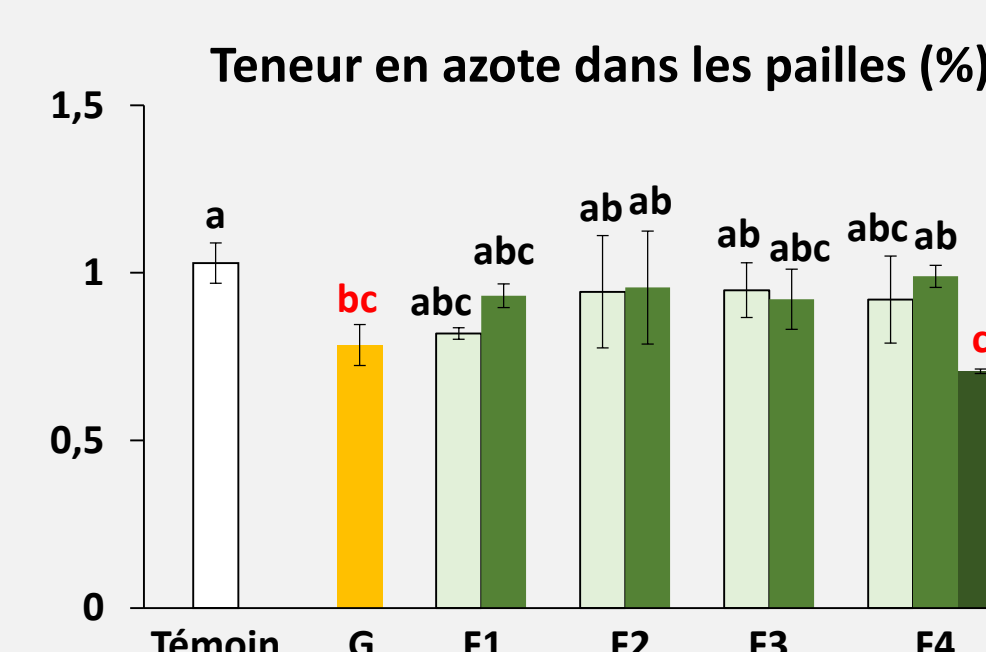
A maturité, F1 (+32 et +30%), F3D2 (+18%), F4 (D2 : +25% - D3 : +52%) ont augmenté de manière significative le rendement.

Les rendements s'expliquent par une augmentation du nombre de grains par épi pour presque toutes les formulations.

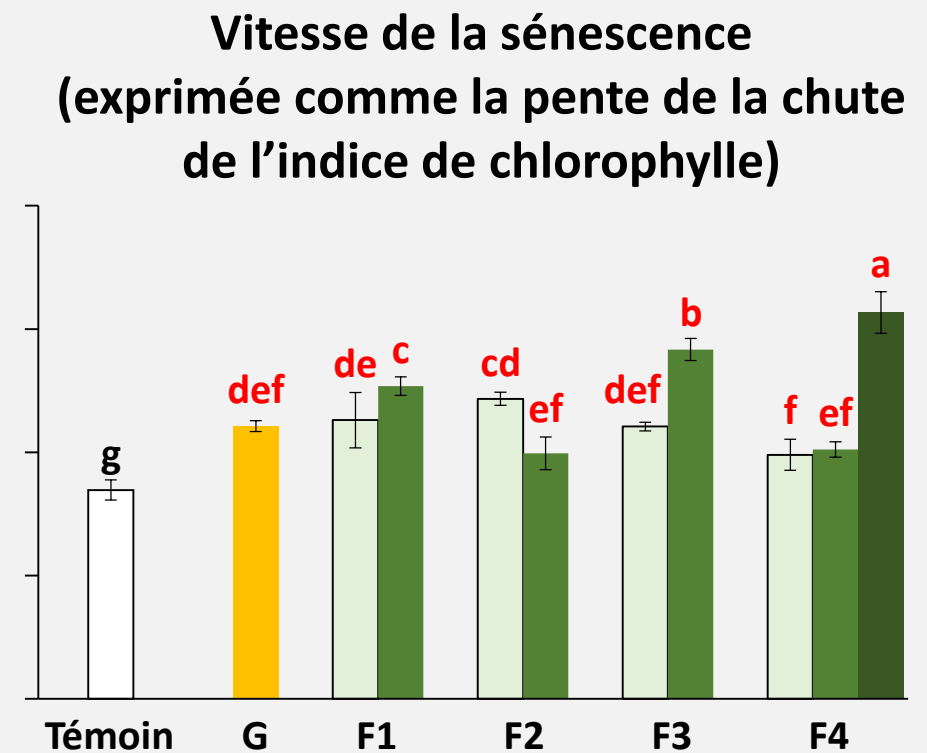
F4D3 a également augmenté la quantité totale d'azote (+13,1%).



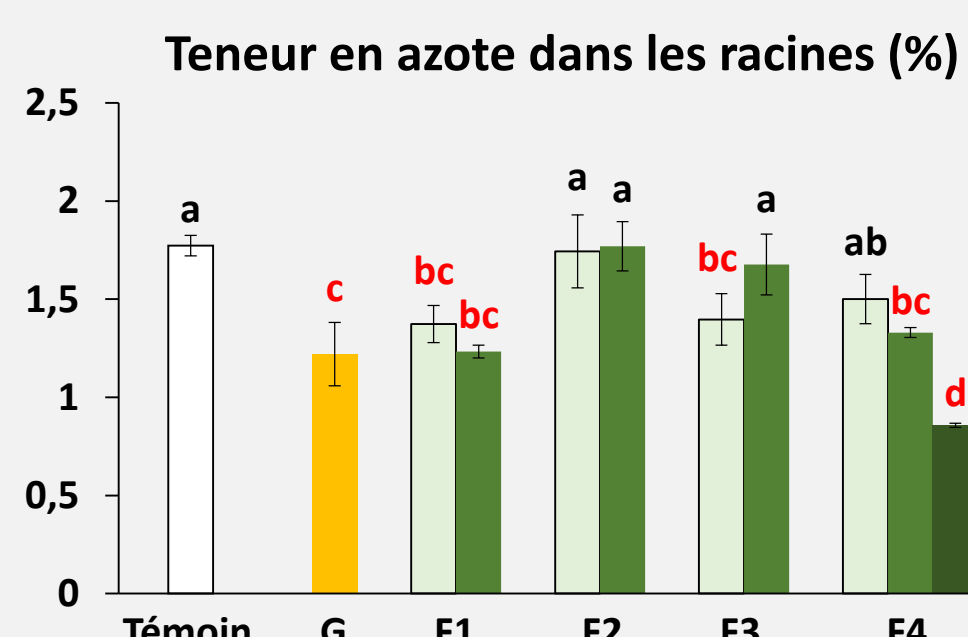
F4D3 a significativement amélioré la quantité de N dans le grain (+35%).



La Glutacétine et F4D3 ont fortement réduit la teneur en azote dans les pailles (-24 et -31% respectivement). Ceci est lié à une remobilisation efficace de l'azote de cet organe vers les grains.



Toutes les formulations ont augmenté la vitesse de sénescence suggérant une forte remobilisation de l'azote pendant le processus.



La Glutacétine, F1, F3D1 et F4 (D2 et D3) ont également diminué de manière significative la teneur en azote (-31, -23, -30, -21, -25 et -52% respectivement) dans les racines, améliorant l'efficacité de la remobilisation de l'azote.

Conclusions et Discussion

Cette étude a montré une augmentation de la MS des plantes au stade DFE uniquement grâce à F4D1. Au stade floraison, nous avons observé différentes biomasses et quantités d'azote dues à une différence de croissance principalement pour F1 et F4 (D1 et D2). Par ailleurs, F4 (D2 et D3) ont augmenté l'absorption d'azote post-épiaison. L'évolution de l'indice de chlorophylle met en évidence une accélération significative de la sénescence pour toutes les formulations. A maturité, cette induction de la sénescence est confirmée par une meilleure remobilisation de l'azote avec la Glutacétine, F1 et F4 en fin de cycle. Ces

formulations ont en effet induit une forte remobilisation de l'azote des racines et des pailles vers les grains. Cette remobilisation efficace a permis d'augmenter le rendement et l'indice de récolte en azote alors que seul F4D3 augmentait la quantité totale d'azote et l'efficacité d'utilisation de l'azote. Nous avons également observé des indices de récolte plus élevés pour d'autres éléments et une diminution des phytates dans les grains, un paramètre important pour la qualité nutritionnelle. Tous ces résultats montrent que ces additifs aux engrais azotés améliorent l'efficacité d'usage de l'azote, le rendement et la qualité du grain de blé.

Références

- Citepa. « Les composés atmosphériques de l'azote NOx, NH3, N2O Des défis à court terme », 2018.
- Abalos et al. « Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency ». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 189 (2014): 136-44.
- Kong et al. « Remobilization of Vegetative Nitrogen to Developing Grain in Wheat (*Triticum Aestivum* L.) ». *Field Crops Research* 196 (2016): 134-44.
- Masclaux-Daubresse et al. « Nitrogen Uptake, Assimilation and Remobilization in Plants: Challenges for Sustainable and Productive Agriculture ». *Annals of Botany* 105, no 7 (2010)
- Hawkesford et al. « Nutrient Dynamics in Wheat ». In *Annual Plant Reviews Online*, 1-14. American Cancer Society, 2018.