



# physiologie

## Stimulation de la nutrition azotée des plantes

# Mécanismes d'action de l'extrait d'algue GA7

Olivier Klarzynski\*, D. Esnault\*\*, M. Euzen\*\*\*, Jean-Marie Joubert\*\*\*\*

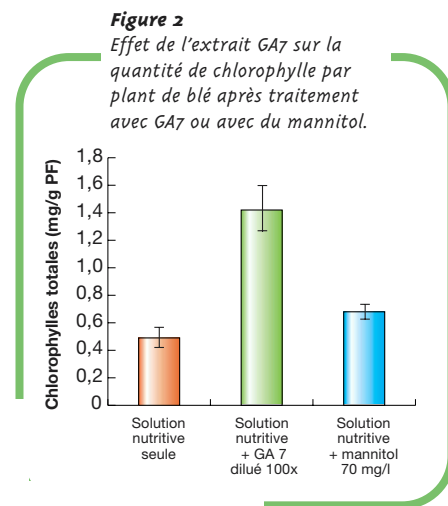
L'extrait d'algue GA7 est le constituant du produit *Optéine* autorisé, pour la société Goëmar, en tant que stimulant de la nutrition azotée du blé. En effet, alors qu'il ne constitue pas une source d'azote significative par lui-même, on constate une meilleure nutrition azotée des blés traités avec cet extrait, ce qui suggère fortement que son mode d'action serait de stimuler les processus naturels d'absorption d'azote de la plante. Cet article présente les résultats de l'étude faite par la société Goëmar afin d'apporter des éléments permettant de clarifier le mode d'action d'*Optéine*.

Le taux de protéines est un critère important de qualité et de valeur commerciale du blé. L'azote, composant essentiel des protéines, est un des éléments-clés de valorisation des récoltes. Si la fertilisation azotée permet d'éviter les carences au cours de la culture, il a été démontré que le niveau d'absorption de l'azote est principalement régulé par la plante elle-même (Morot-Gaudry, 1997), selon ses besoins, quelle que soit la quantité d'azote apportée.

## L'extrait d'algue GA7 comme stimulant de la nutrition azotée du blé

La possibilité de stimuler ces processus d'absorption d'azote contrôlés par la plante présente donc une voie de développement très intéressante : mieux valoriser les apports de ce minéral pour conjuguer efficacement exigence de qualité et pratiques raisonnées.

L'extrait d'algue GA 7 est obtenu par broyage et filtration de l'algue côtière *Ascophyllum*



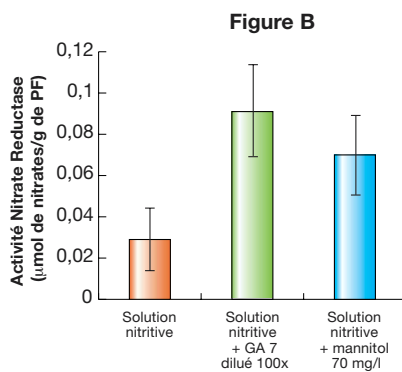
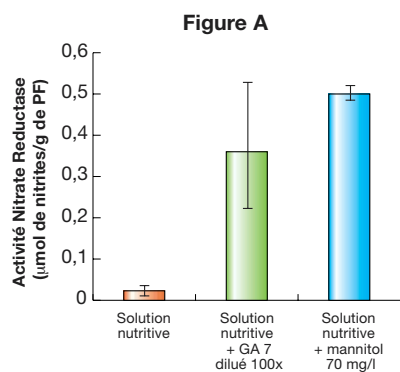
*nodosum*. Cet extrait, qui constitue 49,6 % du produit commercial *Optéine*, agit comme biostimulant des processus d'absorption de l'azote par la plante.

Les travaux de Goëmar sur le mode d'action de GA7 ont révélé que cet extrait, apporté notamment par arrosage, est capable de stimuler l'activité de la Nitrate Réductase (NR, Figure 1).

La NR est un élément-clé de la nutrition azotée des plantes. Elle est en effet responsable de la première étape nécessaire à l'assimilation du nitrate absorbé par les racines (Morot-Gaudry, 1997).

La nutrition azotée conditionne la synthèse de chlorophylle dans la plante. Or, les mesures complémentaires que nous avons réalisées ont confirmé que le traitement avec GA7 induit également un taux de chlorophylle plus élevé que dans les plants témoins (Figure 2). Ces résultats indiquent que GA7 induit une stimulation significative de la NR à l'échelle de la

**Figure 1**  
Stimulation de l'activité Nitrate Réductase au niveau des tissus racinaires (a) et foliaires (b) de tomates après traitement avec GA7 ou avec du mannitol.



\* Directeur du laboratoire de physiologie végétale Goëmar à Saint-Pol-de-Léon.

\*\* Ingénieur développement Goëmar.

\*\*\* Assistant ingénieur Goëmar.

\*\*\*\* Directeur développement Goëmar.

plante entière, qui se traduit par une augmentation de la chlorophylle, un des éléments-clés pour la croissance.

Enfin, nous avons observé que la stimulation de la NR par GA7 entraîne également une meilleure croissance des plants de blé (Figure 3).

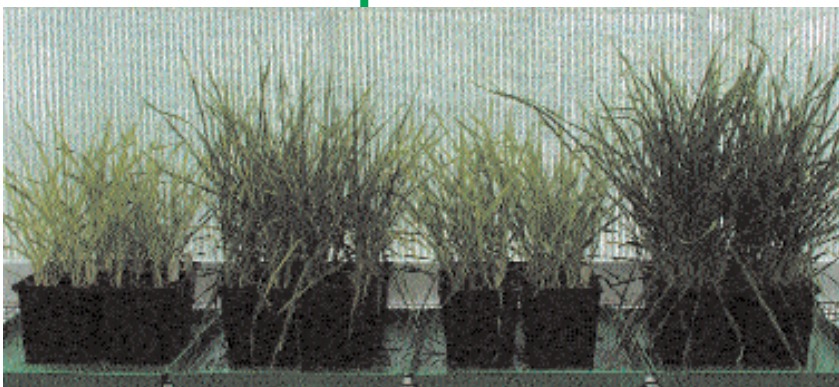
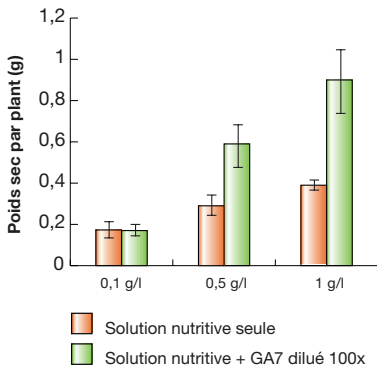
Ces résultats montrent que l'apport de GA7 permet de réduire la dose d'engrais en obtenant une meilleure croissance (comparer la croissance obtenue avec le mélange solution nutritive 0,5g/l+GA7 et la croissance avec solution nutritive 1g/L seule). D'autre part, l'extrait GA7 n'est efficace qu'en complément d'une fertilisation suffisante (supérieure à 0,1 g/l).

## Composants actifs de GA7

Après avoir caractérisé les effets de GA 7 sur la nutrition azotée, nous avons cherché à identifier là où les matières actives contenues dans cet extrait pour comprendre la raison de son activité.

On trouve dans la bibliographie de nombreuses études dont le but a été d'isoler des substances à effet direct sur la plante, contenues dans les extraits d'algues, comme les hormones végétales. Souvent, les résultats révèlent des teneurs trop faibles pour expliquer l'éventail

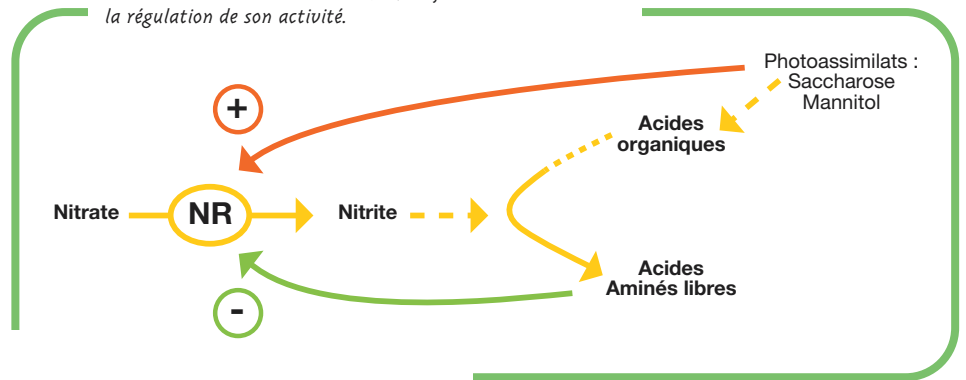
**Figure 3**  
Effet de l'extrait GA7 sur la croissance des plants de blé.



Solution nutritive 0,5 g/l      Solution nutritive 0,5 g/l + GA7 dilué 100x      Solution nutritive 1 g/l      Solution nutritive 1 g/l + GA7 dilué 100x

**Figure 4**

Action de la Nitrate Réductase (NR) et facteurs entrant dans la régulation de son activité.



des effets observés. La concentration d'une substance active dans l'extrait GA 7 est donc un point important pour la compréhension des effets de ce dernier.

Plusieurs travaux ont montré que la nutrition azotée est un phénomène sensible à des signaux régulateurs internes à la plante, comme l'abondance de photo-assimilats ou de certains acides aminés libres (Figure 4).

En effet, la disponibilité plus importante de photoassimilats (qui jouent le rôle de squelettes carbonés fixant l'azote) est un facteur favorisant l'assimilation de nitrate. Il a été montré plus précisément que l'activité de la NR elle-même était stimulée par des glucides (Kaiser et Hubert, 2001). À l'inverse, l'accumulation de certains acides aminés libres freine la nutrition azotée car elle révèle un surplus dans la plante, qui ne nécessite pas d'azote supplémentaire. Ces deux exemples montrent que l'absorption d'azote est étroitement pilotée par la plante en fonction de ses besoins.

Nous nous sommes inspirés de ces éléments connus sur la régulation interne de l'absorption azotée pour déterminer si l'extrait GA7 contient des signaux similaires.

Un problème qui peut se présenter au cours de l'étude des substances actives présentes dans les algues, est le manque de tests biologiques suffisamment discriminants pour distinguer

les effets d'une molécule donnée. Dans notre étude, nous avons utilisé la méthodologie de mesure de la stimulation de la NR développée en interne, comme crible de sélection de molécules capables d'agir sur la nutrition azotée.

Parmi les molécules présentes dans l'extrait GA7, nous avons observé que le mannitol présent à 7 g/l dans l'extrait, soit 14 % de la matière sèche du produit formulé, stimule le niveau d'activité de la NR de la plante (Figure 1). Cette molécule est donc capable, à une dose similaire à celle présente dans l'extrait d'algue, de stimuler l'activité de cette enzyme.

La figure 2 montre que le traitement avec du mannitol induit également une plus forte teneur en chlorophylle dans les tissus. Chacun de ces résultats montre l'activité du mannitol sur la plante. On note que l'effet du mannitol sur le taux de chlorophylle, bien que significativement différent du témoin, est nettement plus faible que celui de GA7. Ainsi le mannitol n'agirait pas seul mais en complément, voir synergie, avec d'autres constituants de l'extrait.

Le rôle du mannitol dans la résistance des plantes aux stress est bien documenté. De nombreux travaux ont montré que son accumulation dans certaines plantes était induite par les stress salin et hydrique ; cette accumulation offre une meilleure résistance des végétaux à ces stress.

Mais aucune étude n'a montré à ce jour d'effet du mannitol sur la nutrition des plantes. Or plusieurs éléments permettent d'avancer l'hypothèse que la molécule pourrait agir en tant que signal endogène d'activation de ce processus. En effet, le mannitol est avant tout synthétisé comme photoassimilat, en parallèle du saccharose, par plus de cent espèces de plantes vasculaires. Par exemple, 50 % du dioxyde de carbone fixé au cours de la photosynthèse chez le céleri sert à former du mannitol. Nos travaux apportent les premiers indices suggérant que le mannitol, comme le saccharose, soit un photoassimilat activateur de la NR.

Il a par ailleurs été démontré que même les plantes qui ne synthétisent pas naturellement de grandes quantités de mannitol sont capables de l'absorber et que l'une d'entre elles

## Bibliographie

- Kaiser et Hubert, 2001 - Post-translational regulation of nitrate reductase : mechanism, physiological relevance and environmental triggers. Journal of Experimental Botany, Vol. 52, pp 1981-1989.
- Morot-Gaudry, 1997 - Assimilation de l'azote chez les plantes, INRA Éditions.

## Résumé

La stimulation des processus d'absorption d'azote de la plante est une technique prometteuse pour améliorer le taux de protéine du blé récolté et progresser dans le raisonnement des pratiques. *Optéine* est un extrait d'algue qui stimule la nutrition azotée du blé. Le résultat de nos études sur la compréhension de ce produit identifie le mannitol comme une des matières actives principales, et caractérise son mode d'action sur le processus nutritionnel.

**Mots-clés :** algue, nitrate réductase, chlorophylle, protéine, mannitol, azote, blé.

## Summary

La stimulation des processus d'absorption d'azote de la plante est une technique prometteuse pour améliorer le taux de protéine du blé récolté et progresser dans le raisonnement des pratiques. *Optéine* est un extrait d'algue qui stimule la nutrition azotée du blé. Le résultat de nos études sur la compréhension de ce produit identifie le mannitol comme une des matières actives principales, et caractérise son mode d'action sur le processus nutritionnel.

(*Arabidopsis thaliana*, la seule étudiée sous cet angle) est capable de percevoir et répondre à ce signal. La répartition importante du mannitol dans le monde végétal, notamment chez les algues, indique que cette molécule est probablement apparue tôt au cours de l'évolution des végétaux ce qui va dans le sens d'un spectre d'activité large chez les plantes.

## Applications agronomiques

*Optéine*, homologué en 2001 comme matière fertilisante, a fait l'objet de 6 années d'observation au champ. Ces expérimentations ont permis de mesurer son effet sur la nutrition azotée du blé ainsi que son impact sur la qualité en protéine et le rendement.

L'effet sur la nutrition azotée du blé a fait l'objet d'une étude en 2001. Deux observations distinctes ont été faites.

La première concerne une plus grande capacité de la plante à extraire l'azote du sol.

La seconde est le transfert de cet azote supplémentaire au grain.

Ces unités additionnelles contenues dans les grains s'expriment sur les valeurs du couple rendement-taux de protéine, sans qu'il ait été besoin d'apport complémentaire d'azote. L'ensemble des résultats de cette étude est paru dans le n°552 de *Phytoma-LDV* (septembre 2002).

Un large réseau d'essais a été mis en place depuis 2001 pour confirmer l'efficacité du produit dans des situations pédo-climatiques variées. Deux dispositifs ont été choisis. Le premier est un dispositif classique de micro-parcelles avec répétitions. Le deuxième est un dispositif à large bande dans les conditions de la pratique agriculteur. Pour ce dernier dispositif, les essais sont implantés dans les

parcelles de l'agriculteur, suivis par ce dernier avec le soutien de son technicien.

Quel que soit le dispositif, *Optéine* a été pulvérisé entre les stades fin gonflement et début floraison à la dose de 1 l/ha. Chaque essai était piloté au niveau de l'alimentation azotée par la méthode des bilans ainsi que par des outils de réajustement en cours de saison (*Jubil*, *Ramsès*, *Ntesteur*).

Les variables observées sont le taux de protéines dans les grains de blé (pourcentage de protéines totales via mesures Infratec®) et le rendement (rendement aux normes en quintaux par hectare). Ces deux variables permettent de calculer l'azote exporté dans les grains [(Rendement x taux de protéine en %) : 5,7] x 0,85].

Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats de ces réseaux. Pour chacune des années, ces dispositifs mettent en évidence l'augmentation des valeurs rendement et taux de protéine suite à la pulvérisation d'*Optéine*. Au final, l'azote exporté dans le grain correspond à 8 à 10 unités d'azote supplémentaires.

**Tableau 1 - Calculs des rendements et des taux de protéines du blé suite à la pulvérisation d'Optéine. (Réseau de micro-parcelles avec répétitions)**

Réseau micro-parcelles	Témoin			Optéine			Azote exporté (U/ha) Optéine-témoin
	Rendement (q/ha)	Taux protéines (%)	Azote exporté (U/ha)	Rendement (q/ha)	Taux protéines (%)	Azote exporté (U/ha)	
2001 (8 essais)	99,60	11,17	166	100,96	11,49	173	7
2002 (13 essais)	96,98	11,54	167	98,55	11,75	173	6
2003 (9 essais)	68,53	13,75	141	71,68	14,28	153	12
Moyenne	88,37	12,15	158	90,39	12,51	166	
Différence				2,02	0,35	8	

**Tableau 2 - Calculs des rendements et des taux de protéine du blé suite à la pulvérisation d'Optéine. (Réseau pratique de l'agriculteur, avec larges bandes implantées dans les parcelles agriculteur)**

Réseau bandes (agriculteur)	Témoin			Optéine			Azote exporté (U/ha) Optéine-témoin
	Rendement (q/ha)	Taux protéines (%)	Azote exporté (U/ha)	Rendement (q/ha)	Taux protéines (%)	Azote exporté (U/ha)	
2001 (11 essais)	85,47	11,32	143	88,81	11,72	154	11
2002 (49 essais)	88,66	11,95	156	92,21	12,17	166	10
2003 (9 essais)	78,29	11,98	140	79,97	12,48	149	9
Moyenne	84,14	11,75	147	87,00	12,12	156	
Différence				2,86	0,37	10	

## Conclusions

Les résultats des essais au champ confirment qu'*Optéine* permet d'optimiser la récolte aussi bien au niveau qualitatif que quantitatif et d'améliorer le bilan environnemental de la stratégie de nutrition azotée.

Les résultats de cette étude clarifient les propriétés biologiques de l'extrait d'algue *Optéine*. Connue pour ces propriétés de protection contre les stress hydrique et salin, le mannitol, qui est largement présent dans ce produit, agit comme signal d'activation de l'assimilation de l'azote.

Nous savons que cette molécule n'est pas responsable de tous les effets de l'extrait d'algue. Mais elle est directement impliquée dans la stimulation de l'enzyme-clé de l'absorption de l'azote, la Nitrate Réductase, et elle influence notamment le taux de chlorophylle de la plante. Le mannitol est donc un constituant essentiel dans l'extrait d'algue. Il explique une part importante de son effet sur la nutrition azotée. La découverte de cette activité lève une partie du voile sur le mode d'action d'*Optéine*.