

Cultivar

Le mensuel



Moissonneuses-batteuses

L'embarras du choix



ÉCONOMIE : les bonnes raisons d'utiliser
le marché à terme

CULTURE : le sol raconte son histoire

UN NOUVEAU STATUT POUR LA FERTILISATION AZOTE

Xavier BRIAND, Docteur en physiologie végétale - Directeur des laboratoires Biotechnologies Marines - France.

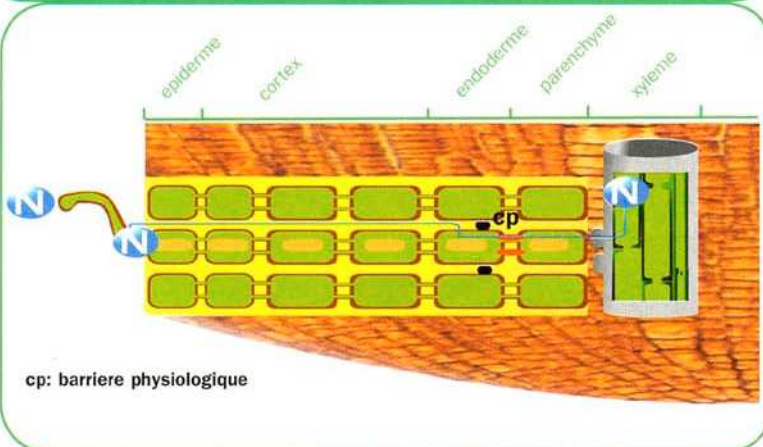
La recherche d'une fertilisation azotée optimisée en vue de satisfaire les exigences économiques, qualitatives et environnementales est devenue aujourd'hui un enjeu majeur pour l'agriculture. Dans ce domaine, la recherche d'une meilleure régulation de l'absorption du nitrate et de sa transformation en azote organique a révélé l'implication de certains dérivés naturels Indol dans ce processus. Ces substances à haute activité biologique identifiées chez une espèce végétale marine par une équipe de l'Université de Paris (Sotta, 1992) ont fait l'objet d'un vaste programme de recherche et d'expérimentations agronomiques. La découverte de leurs propriétés originales sur les systèmes d'activation des "pompes à nitrates" au niveau racinaire ainsi que ceux d'activation des gènes codant la nitratre réductase (INRA, 1997) ouvrent de nouvelles perspectives en matière de gestion de la fertilisation azotée.



Amélioration de la capacité d'absorption de l'azote

L'étude des mécanismes de régulation de l'absorption du nitrate du sol vers l'intérieur de la racine indique que ce processus se fait en deux temps. Dans un premier temps, le transport de l'eau et du nitrate s'effectue naturellement dans la zone la plus externe de la racine. L'azote a facilement accès aux cellules hémiperméables ou aux espaces intercellulaires. Dans un second temps, ce transport vers les vaisseaux de la sève brute, est interrompu dans la zone la plus interne de la racine par une barrière physiologique. On sait en effet que la sève contenue dans le xylème montre une plus forte concentration en minéraux que le sol où baignent les racines. Un mécanisme actif de transport doit donc intervenir entre les deux zones pour assurer la conduction de l'azote. Celui-ci est alors réalisé par des cellules de transfert, équipées de " pompes ". Ces pompes sont activées par l'intermédiaire des substances indoliques présentes au niveau de la racine. Grâce à ce système, l'azote pénètre dans les éléments conducteurs de la sève brute pour être acheminé vers l'appareil végétatif.

Transport de l'azote à travers la racine



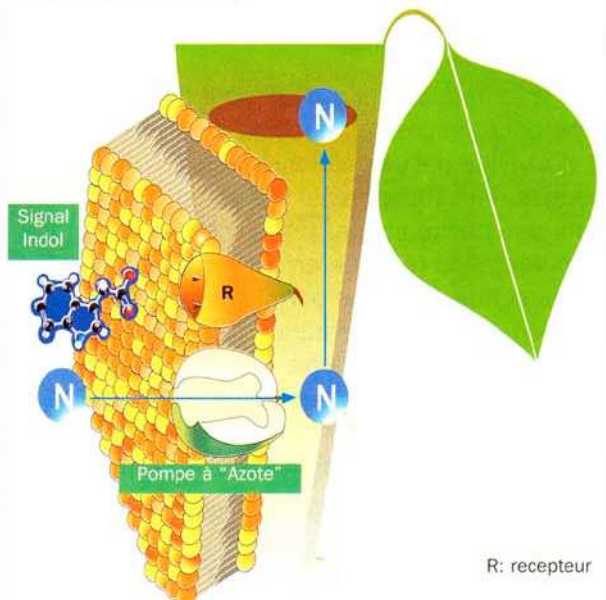
cp: barrière physiologique

Activation du transport racinaire de l'azote par le signal Indol



Concentration en Azote total (N SAVITAL) dans le flux de sève

+19%



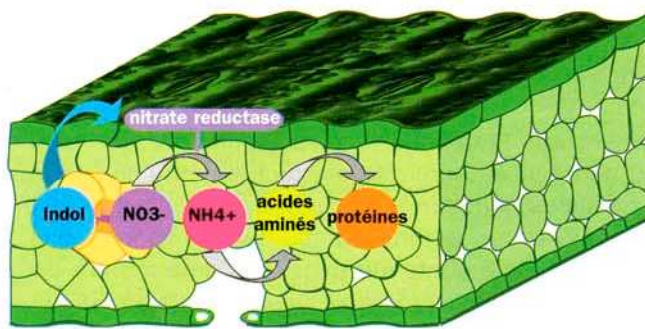
R: récepteur

L'association de la fertilisation azotée avec les substances indoliques favorise ainsi l'activation des " pompes " même si les conditions d'environnement deviennent défavorables. Différentes expérimentations agronomiques menées sur plusieurs cultures ont montré que cette activation entraîne une amélioration de l'absorption de l'azote par la plante. Cette meilleure valorisation de l'azote concerne aussi bien celui provenant des réserves du sol que de la fertilisation. Chez le blé par exemple, la fertilisation N-Indol par rapport à un témoin cultivé dans les mêmes conditions de fertilisation azotée a permis d'améliorer de 19 % la concentration de l'azote dans la sève (Europe sols, 1997).

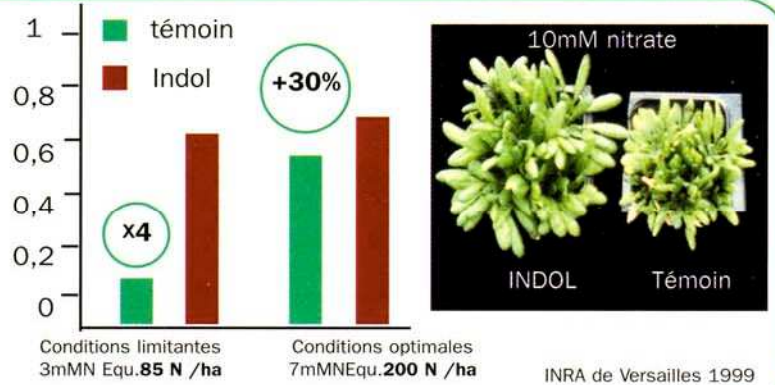
Amélioration de la transformation de l'azote nitrique en azote organique

L'étape d'absorption ne constitue pas une fin en soi. Une fois dans les racines ou dans les feuilles, le nitrate n'est pas utilisable directement par la plante. Son assimilation nécessite sa conversion en ammonium qui, à son tour, sera transformé en acides aminés, précurseurs des protéines. L'incorporation de l'azote fourni par le nitrate dans les molécules organiques de la plante, est réalisée par des enzymes. L'une d'elle, la nitrate réductase (NR) déterminante dans la transformation du nitrate en ammonium peut être considérée dans certaines conditions (azote limitant, déficit photosynthétique, temps couvert, ...) comme un facteur limitant de la transformation de l'azote. Cette transformation exigeante en énergie se fait au niveau racinaire ainsi qu'au niveau des organes verts, responsables de la photosynthèse, en particulier sous l'épiderme supérieur des feuilles. Lors d'apports excessifs, la totalité du nitrate absorbé n'est pas transformée en ammoniac. Une partie est mise en réserve dans les vacuoles cellulaires. Le nitrate peut être ainsi stocké sans dommage apparent pour la plante jusqu'à des concentrations cent fois supérieures à celle des sols après fertilisation.

Transformation du nitrate dans la plante



Effet de l'Indol sur la synthèse de Nitrate Reductase

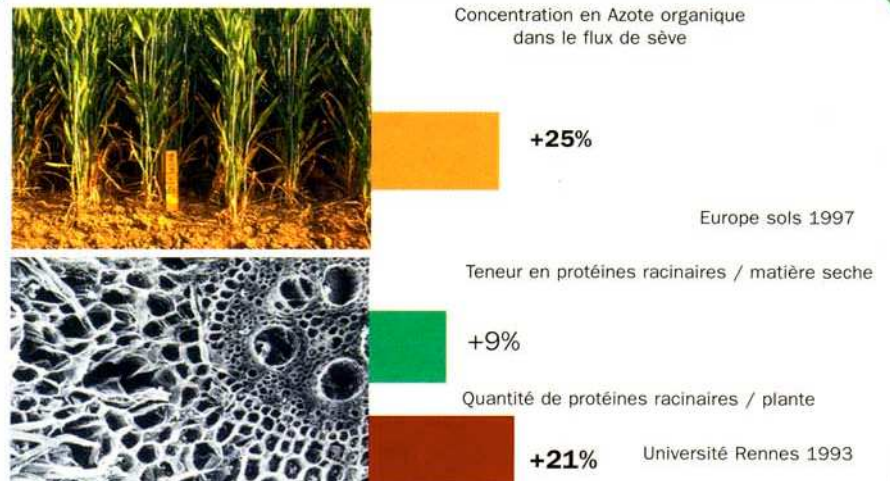


A ce stade, l'ammonium et la nitrate réductase apparaissent donc comme des intermédiaires essentiels du métabolisme azoté de la plante. Des travaux menés en collaboration avec l'INRA ont mis en évidence l'effet remarquable des substances indoliques marines sur l'expression du gène NIA2 codant pour la nitrate réductase (INRA, 2000). Cette meilleure expression entraîne une augmentation de la synthèse de la nitrate réductase. Ainsi, en conditions optimales de nutrition azotée, les dérivés Indol marins ont augmenté de 30% l'activité nitrate réductase par rapport au témoin. L'effet est encore plus remarquable en conditions limitantes en azote. Dans cet exemple, l'activité NR est 4 fois plus importante pour le N-Indol que pour le témoin. Cette différence traduit en fait une chute brutale de l'activité NR dans le cas du témoin et un maintien de celle-ci à son niveau quasi optimal pour le N-Indol.

La stimulation de l'activité NR peut s'exprimer de différentes façons ; soit par une augmentation des protéines racinaires ou par une augmentation de l'azote organique soluble dans les jus de tige. Ainsi l'équipe du laboratoire de physiologie de Rennes (1993) a montré chez le maïs que les dérivés indoliques augmentaient, après 6 semaines de culture, la teneur en protéines dans les racines de 9% et la quantité de protéines racinaires de 21%. Cet aspect est particulièrement important chez les plantes prairiales. Ainsi, chez le Ray-Grass, l'azote est stocké temporairement sous forme de

protéines de réserve dans les racines grâce à l'action de la nitrate réductase. Après la coupe, ces protéines sont hydrolysées pour assurer les besoins en azote des nouvelles parties aériennes en repousse, influençant ainsi les rendements de chaque coupe. Une seconde expérimentation réalisée en plein champ sur une culture de blé a permis de mettre en évidence une augmentation de 25 % de l'azote organique soluble (acides aminés, peptides, ...) dans les jus de tige (méthode Savital- Europe sols, 1997) et donc de la nutrition de la plante.

Effets du N-Indol sur les protéines racinaires (maïs) et sur l'Azote organique du jus de sève (blé)

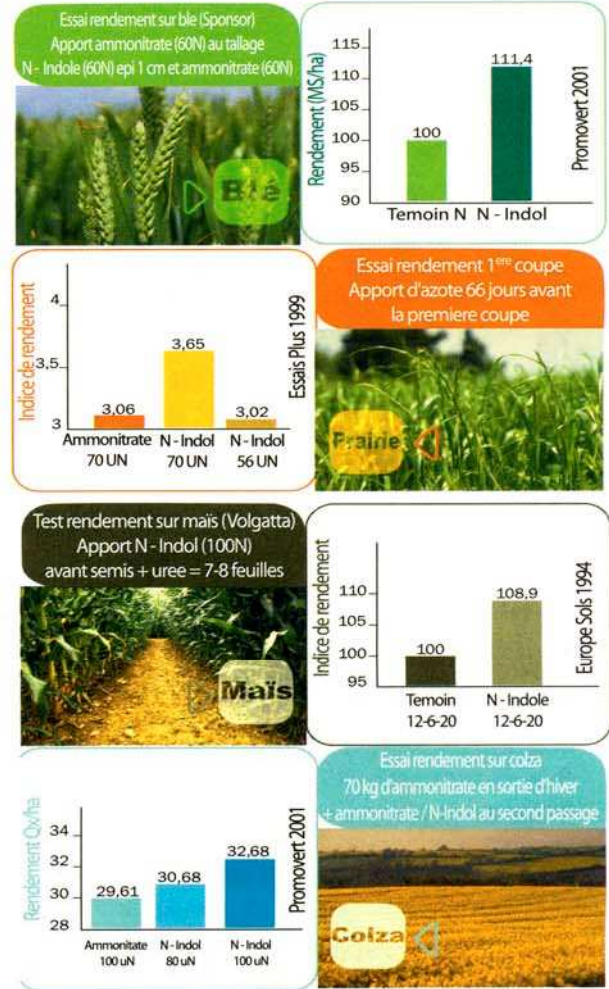


Un bilan environnemental pour un système performant de production

L'effet des substances indoliques sur les mécanismes de régulation de l'azote au niveau des systèmes absorption-transformation permettrait à l'agriculteur d'optimiser sa fertilisation en réduisant les effets des contraintes liées à l'hétérogénéité sol-plante, soit à certaines conditions d'environnement défavorables.

On sait par exemple, sans qu'on puisse aujourd'hui vraiment l'expliquer que le système racinaire recouvre d'importantes hétérogénéités de capacité d'absorption. Ainsi, seule une fraction racinaire, et non la totalité, participe à l'absorption du nitrate. Cette capacité d'absorption est également réduite dans les sols à structure compacte. Les conditions climatiques comme les précipitations peuvent de même créer une hétérogénéité de la teneur en nitrate autour de la racine. Le système N-indol assurera via l'activation des systèmes de pompe et de la nitrate réductase une amélioration de la capacité d'absorption de la partie racinaire active ainsi qu'une meilleure valorisation de cet azote. La fertilisation indolique aura donc pour conséquence une production d'azote organique accrue pour les besoins de croissance de la culture. Cette meilleure valorisation s'exprimera selon les conditions de culture, soit par une amélioration du rendement, soit par une meilleure valeur nutritionnelle des cultures. Le programme d'expérimentations agronomiques mené sur différentes cultures a montré les effets bénéfiques sur la productivité végétale.

La découverte des propriétés de ces dérivés Indol d'origine marine permet d'envisager un nouveau modèle pour la fertilisation azotée, prenant en compte les impacts environnementaux tout en assurant un niveau de performance optimal pour l'agriculteur.



Les dérivés naturels Indol, indice de fertilité des sols

Les dérivés Indol font partie des substances naturelles de la matière organique dont la teneur constitue l'une des caractéristiques du degré de fertilité du sol. Ces substances sont produites par les microorganismes du sol et par les racines des plantes. De ce fait, leur production est particulièrement importante au niveau de la rhizosphère. Il a ainsi été montré que leur concentration dans la fraction du sol située à proximité de la racine (< 0,2 mm) est 3 à 15 fois supérieure à la fraction la plus éloignée (> 2 mm). Ces composés sont connus pour jouer de nombreux rôles dans la croissance et le développement végétal. Le CETIOM et l'université de Paris ont montré que les teneurs des cultures en dérivés indoliques fluctuent en fonction des stades de développement. Ainsi, chez le colza, les besoins sont particulièrement importants aux moments où la nutrition de la plante est décisive pour l'expression du rendement et la qualité de la récolte. Cela concerne notamment les stades de mise en place des fleurs, reprise de végétation, détermination du nombre de graines et leur remplissage.

