

L'enfouissement localisé de l'azote est toujours d'actualité

L'ajustement de la dose calculée par la méthode du bilan est la première règle pour une gestion économique de la fertilisation. Les modalités d'application ont aussi leur importance, et sont aussi une source d'économie. Elles conditionnent le devenir de l'engrais dans le sol, son efficacité dans l'alimentation de la plante et peuvent être un moyen de limiter la dose d'engrais tout en respectant une productivité optimale. L'enfouissement localisé de l'azote au semis est une technique qui favorise la mise à disposition de l'engrais minéral pour la plante tout en limitant les pertes. Elle a été testée par l'ITB dans des conditions variées, et reste une technique prioritaire dans l'objectif de limitation des intrants.



Équipement de localisation d'azote avec cuve portée sur croskille avant. (Photo ITB Somme)

Mode d'apport et efficacité de l'engrais

L'efficacité de l'engrais est conditionnée par le taux de pertes par volatilisation de la fraction ammoniacale. Ces pertes sont quasiment annulées si l'engrais est rapidement incorporé après apport. L'enfouissement doit intervenir dans les heures qui suivent l'épandage. Très généralement, le premier passage de préparation intervient plusieurs jours, voire une semaine après l'apport, donc avec très peu d'effet pour limiter la volatilisation.

Par ailleurs, la compétition existant entre la microflore du sol et la plante pour utiliser l'azote disponible fait que l'efficacité de la fertilisation est améliorée lorsque la mise à disposition de l'engrais est proche de la période de prélèvement par la plante. Un délai important entre l'apport et l'utilisation laisse l'engrais en contact avec le sol et favorise sa consommation partielle par la microflore. Cette fraction consommée ne sera remise à disposition que partiellement et tardivement à la culture. Les périodes d'apport des fertilisants azotés avant betterave ont évolué dans la pratique en se rapprochant des périodes de semis. Le délai apport - semis est aujourd'hui de l'ordre de 8 à 12 jours, selon l'enquête ITB Site, délai relativement incompressible, nécessaire pour éviter le placement des graines dans une couche de terre où l'engrais sera resté concentré. Les réglementations en zones vulnérables n'autorisent plus d'apport de fertilisant minéral avant mi-février, voire début mars (dé-

partement de la Marne). Ces évolutions vont dans le sens d'une meilleure disponibilité de la fertilisation. Il reste cependant difficile d'envisager une fertilisation au plus près des besoins de la culture. Les expérimentations conduites pour comparer des modalités d'apports ont montré la difficulté de maîtriser et de valoriser les fertilisations réalisées après levée ou en végétation. Plusieurs points peuvent l'expliquer : Un apport tardif n'évite pas les pertes par volatilisation, le type d'enracinement pivotant de la culture a une faible aptitude à prélever un engrais en surface, enfin la croissance végétative de la betterave ne passe pas par des stades critiques vis-à-vis de l'azote. Les références expérimentales montrent que la plante réagit à de brusques mises à disposition d'azote, par un stockage dans les feuilles, puis dans les racines en fin de végétation où il est mis en réserve sous forme d'acides aminés avec une dégradation consécutive de la qualité industrielle. Le tableau 1 montre l'effet préjudiciable sur le rendement d'apports retardés, comparativement à un apport conventionnel avant semis. On voit que le même constat peut être fait pour des apports post-semis que pour des apports post levée.

Enfouissement localisé et ajustement de dose

Les expérimentations ITB réalisées avec un engrais marqué (azote N15) indiquent que le taux d'utilisation de l'engrais est augmenté par des apports localisés, avec un gain moyen de 13% comparativement à un apport conventionnel en plein avant semis. En conséquence, la localisation amène logiquement à réduire la dose.

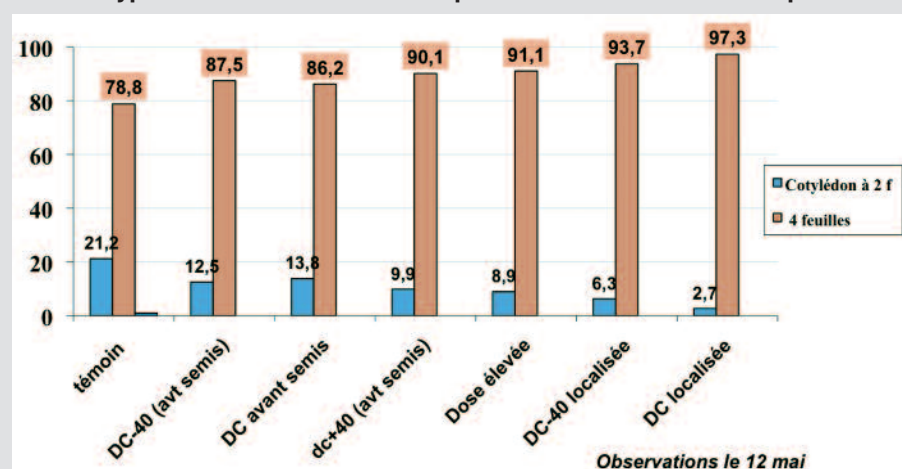
Le premier effet de l'enfouissement localisé est de supprimer les pertes par volatilisation. L'ordre de grandeur de ces pertes en application conventionnelle avant semis est de 5 à 25 kg/ha, dépendant de la dose appliquée et des conditions de sol (pH, humidité). Cette absence de volatilisation est la source d'économie qui justifie une réduction de dose équivalente. Lorsque le calcul de dose est réalisé avec le logiciel Azofert®, cette réduction est intégrée dans le calcul dès que le mode d'apport "enfouissement localisé" est indiqué sur la fiche de renseignements. Avec d'autres modes de calcul, principalement ceux réalisés avec le logiciel antérieur Azobil, les modalités de réduction sont proposées par l'ITB en considérant des critères supplémentaires non pris en compte dans ce logiciel,

Tableau 1 - Essai ITB comparant apport conventionnel, apport sur semis et apport entre levée et 6 feuilles

essais	Rendement RACINES		Rendement SUCRE		N-alpha-aminés	
	[semis-levée]	2 à 6 feuilles	[semis-levée]	2 à 6 feuilles	[semis-levée]	2 à 6 feuilles
Ribemont 1998 Mont Saint Sulpice 1998 Norrey en Bessin 1998 Saulon La Chapelle 1998 Egigny 1998 Chailly en Brie 1998 Therdonne 1998 Bonneville 1998 Lenharree 1997	99%	98%	98%	95%	105%	116%

Les chiffres ci-dessus sont les résultats moyens de rendement et teneurs en N alpha aminé (azote préjudiciable à l'extraction du sucre) établis dans 9 essais ITB. Ils sont exprimés en % de la référence (apport conventionnel avant semis).

Figure 1 - Essai à Mauregard (77), 1998, différences de stades observés selon le type de fertilisation azotée (répartition en % du nombre de plantes)



L'efficacité de l'azote appliqué en localisé peut se traduire par une nette avance en végétation, comme mesuré ici dans un essai ITB en Ile-de-France.

et permettant de caractériser le niveau de mise à disposition d'azote de la parcelle en relais de l'engrais minéral apporté au semis (tableau 2).

L'assurance de l'alimentation azotée

Il faut considérer l'enfouissement localisé non seulement comme une technique de réduction des doses, mais aussi comme une technique d'assurance d'une bonne alimentation azotée de la plante. L'engrais est placé à proximité de la jeune plante, alors que le chevelu racinaire n'explore pas complètement le volume de sol entre rangs. Cette proximité favorise l'utilisation de l'engrais. Elle peut se concrétiser aussi par une avance de végétation, qui a pu être confirmée par des observations de stades des plantes en début de croissance (figure 1). De plus, l'apport localisé répartit l'engrais très régulièrement. L'ensemble des plantes reçoit une dose égale, et cette régularité donne à la population un développement homogène.

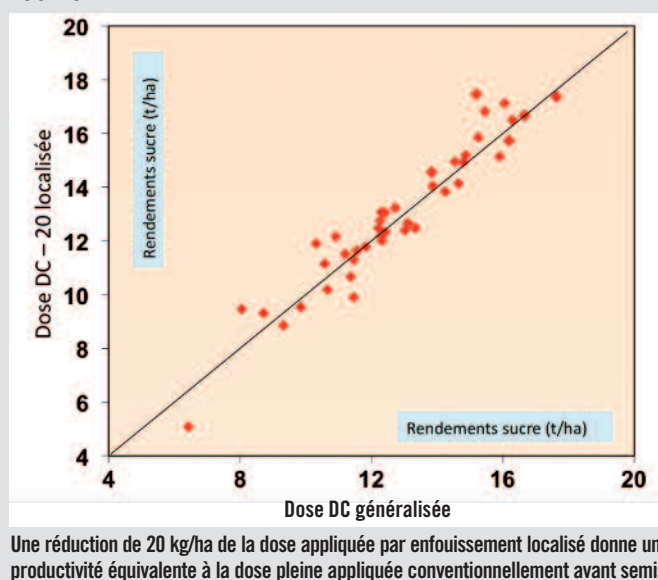
Une méthode éprouvée

LITB avait réalisé une expérimentation élargie en toutes régions et sur plusieurs années. La figure 2 présente une synthèse, qui valide une réduction moyenne de dose de 20 kg/ha. Ces essais, conduits dans des situations variées, avaient montré que la technique donne des résultats comparables dans tous les types de sols, limons et sols de craie, mais aussi sols argileux de Beauce. Dans des types de sols argileux, la localisation a le gros intérêt de ne pas marquer les parcelles par des passages de roues avant préparations et semis.

Des matériels variés

Les principaux constructeurs de semoirs, comme Ribouleau, Kuhn, Amazone, proposent des équipements d'enfouissement localisé en application liquide et solide. Les sociétés comme Agronomic et Dorez conçoivent des équipements fiables pouvant répondre à des demandes diverses, en fertilisation liquide (voir photos ci-dessous). Un localisateur d'azote peut aussi être réalisé à partir d'éléments acquis séparément et assemblés à l'exploitation sur le semoir existant. LITB peut mettre à disposition des descriptifs d'équipements conçus par des agriculteurs pour divers types de semoirs, en 6 rangs et 12 rangs.

Figure 2 - Productivité des doses localisées réduites (DC-20 localisée comparée à Dose Conseillée DC appliquée avant semis)



Lors de l'achat ou de la conception d'un matériel, plusieurs points doivent être envisagés. Déjà, le type d'enfouisseur devra être adapté au type de sol et aux conditions rencontrées généralement lors des semis. Les disques sont adaptés à des sols de limon, limons sableux, sols crayeux. On leur préférera des coutres pour des sols plus collants. En sols argileux, le coutre devra être fin et pouvoir être réglé en profondeur pour travailler à la limite basse du lit de semence. La distribution d'engrais liquide peut être assurée par une pompe mécanique à galets (péristaltique), mais les matériels actuels sont le plus souvent proposés avec des pompes volumétriques, éventuellement complétées par des contrôles en cabine. Un point important est le volume de la trémie, qui déterminera l'autonomie entre deux ravitaillements. Il sera fonction du parcellaire, et surtout de la longueur de rayage. Les volumes importants, supérieurs à 800 litres, demanderont que l'équipement pneumatique du tracteur soit adapté, en jumelage ou pneus larges. Pour les exploitations apportant régu-

lièrement des effluents d'élevage ou d'autres fertilisants organiques, où les conseils de doses d'azote pour betteraves seront modérés, un volume de 400 ou 600 litres laissera une autonomie suffisante. Pour faciliter le ravitaillement, une cuve d'appoint peut être placée en bout de champ. Le délai de ravitaillement sera alors très court, de l'ordre de quelques minutes.

Les équipements d'enfouissement localisé représentent un investissement initial. Le retour sur investissement sera obtenu par l'économie d'engrais relativement à un apport conventionnel. Le tableau 3 présente une évaluation du délai de retour sur investissement selon le niveau d'investissement et les conditions d'utilisation. Il montre que le choix de la localisation est très rapidement rentable.

Quelques conseils pratiques

On peut rappeler ici quelques conseils lors d'une première mise en œuvre d'un nouvel équipement de localisation : l'enfouissement doit respecter une distance horizontale de 7 cm par rapport à la ligne de semis, qui doit être vérifiée systématiquement. Cette distance sera également vérifiée en cours de semis, surtout si la parcelle présente un dévers. La profondeur d'enfouissement doit être située un peu au-delà de la profondeur d'enterrage des graines. On aura aussi vérifié préalablement que le débit est respecté au niveau de chacun des coutres ou disques enfouisseurs. Les distributions par pompe péristaltique doivent être entretenues, et on veillera à détendre les galets pour éviter une déformation des tuyaux distributeurs.

En conclusion, l'enfouissement localisé doit être envisagé comme une technique présentant une vraie économie, une assurance de valorisation de l'engrais, sans remise en question majeure de l'organisation de travail habituelle des semis. De nombreux équipements sont utilisés dans toutes les régions betteravières, grâce à une offre en matériels qui peut s'adapter facilement aux conditions de chaque exploitation.

Tableau 2 - Ajustement de doses pour une application localisée au semis

Caractéristiques culturales	Type de sol		
	Limons, Limons sableux, Limons argileux	Sols de craie, cranettes	Sols argileux, sols argilo-calcaires
Tous précédents, avec apports de fumier, lisiers, vinasses	80 % de la dose conseillée	80 %	80 %
Précédents légumineuses (pois, luzerne...)	80 %	80 %	90 %
Précédent céréale sans apport organique	85 %	85 %	90 %
Parcelles irriguées	75 %	80 %	80 %

Ce tableau propose des réductions de doses en référence à un conseil initial de 120 kg/ha, établi selon la méthode du bilan avec un logiciel de calcul Azobil ou équivalent. Si le calcul est issu de Azofert, il n'y a pas de correction à faire si le mode d'apport de l'engrais a bien été spécifié sur la fiche de renseignement.

Tableau 3 - Temps de retour sur investissement pour l'acquisition d'un équipement de fertilisation azotée localisée (équipement sur semoir)

Equipement	12 rangs liquide avec installation, cuves et pompe à membrane + régulation Dpa ou pompe péristaltique, enfouisseurs		12 rangs engrais solide avec installation, trémies + socs enfouisseurs		12 rangs engrais liquide, achats éléments séparés et installation personnelle		6 rangs liquide avec installation, pompe péristaltique
	Valeur basse	Valeur haute	Valeur basse	Valeur haute	Valeur basse	Valeur haute	Valeur moyenne
Coût d'équipement (en euros)	6000	10000	4100	6500	1500	3500	4500
15 ha de betteraves	11 ans	> 15 ans	7 ans	11 ans	3 ans	6 ans	8 ans
30 ha de betteraves	6 ans	9 ans	4 ans	6 ans	1 an	3 ans	4 ans
50 ha de betteraves	3 ans	5 ans	2 ans	3 ans	1 an	2 ans	--

Hypothèses de calcul : Prix moyen betteraves de 23 €/t, prix moyen azote de 0.8 €, gain de rendement de 1% par rapport à une fertilisation classique.

Matériels commercialisés

