

Fertilisation azotée, une étape clé pour la betterave

Une betterave sucrière productive, une récolte de qualité, exigent une alimentation azotée bien équilibrée, ni trop d'azote minéral, ni trop peu. Cette exigence d'équilibre est liée aux caractéristiques physiologiques de la culture, au devenir de l'azote dans la plante et son incidence sur les composantes du rendement : vitesse d'établissement du bouquet foliaire, rapport feuilles sur racines, poids racines et richesse saccharine. L'azote est un facteur de productivité, c'est aussi un facteur de qualité, car il influe sur la facilité d'extraction industrielle du sucre stocké dans la racine. Nous proposons ici d'aborder ces relations entre azote et composantes du rendement, puis l'établissement d'une dose d'azote minéral bien ajustée, complété par des conseils généraux pour une bonne maîtrise de la fertilisation azotée.



L'azote pilote l'équilibre feuille-racine

La culture a besoin d'azote pour assurer sa productivité, besoins totaux établis à 220 kg/ha plante entière. Environ la moitié de ces besoins portent sur la première partie du cycle, au printemps, pour la mise en place du bouquet foliaire jusqu'à pleine couverture. C'est pendant cette

phase qu'un manque de disponibilité en azote minéral sera le plus préjudiciable, avec pour conséquence un bouquet foliaire insuffisamment développé, pâle et peu concentré en chlorophylle. C'est un symptôme de début d'été. Cependant, dès le démarrage de la croissance du pivot, la quantité d'azote prélevé par la plante détermine l'équilibre entre croissance du bouquet foliaire et croissance de la

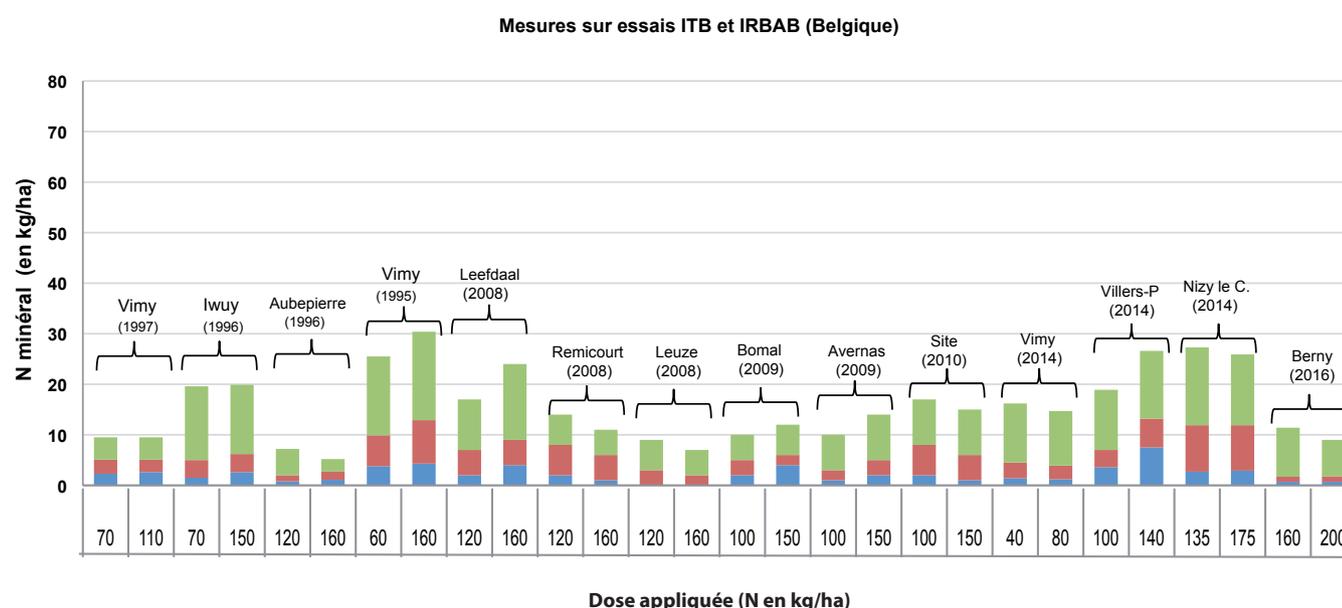
racine pivotante. Un excès d'azote entraînera un sur-développement du bouquet foliaire, qui se fera aux dépens du pivot, donc aux dépens du rendement racines. De plus, l'azote en excédent, stocké dans le bouquet foliaire en cours de printemps, sera un facteur de dégradation de la qualité technologique. Il réduira la facilité d'extraction du sucre des betteraves récoltées dans le process industriel.

Plus tard, en saison estivale, pendant la pleine croissance de la racine et la fabrication intensive de sucre, une libération tardive d'azote minéral dans le sol a un effet similaire, c'est-à-dire qu'elle peut relancer le développement des feuilles par le même mécanisme physiologique. A ce stade, cette production de feuilles se fera aux dépens de la fabrication de sucre, et c'est directement la richesse qui sera pénalisée. Donc l'ajustement de la dose d'azote minéral détermine le rendement, contrôle l'équilibre entre feuilles et racines, et détermine le bon équilibre entre croissance racinaire, richesse saccharine, et qualité technologique.

L'autre caractéristique à considérer pour la culture est la longue période de végétation de la betterave sucrière, de sept à huit mois, pendant laquelle sa capacité à prélever l'azote minéral présent dans le sol est maintenue. C'est d'ailleurs un constat régulièrement vérifié, que les reliquats d'azote minéral restant dans le sol après récolte de betterave sont très faibles, y compris dans les horizons profonds, et même pour des niveaux de fertilisation minérale excédentaires (figure 1).

Ce comportement de la culture est positif, dans la mesure où il garantit un stock d'azote lessivable faible au début de l'hiver

1 Effet des surfertilisations sur les reliquats d'azote minéral dans le sol après récolte



Des mesures des quantités d'azote minéral résiduel après récolte des betteraves ont été effectuées dans des parcelles expérimentales, par l'ITB et par l'Institut royal belge de la betterave (IRBAB).

Dans toutes les situations, malgré des surfertilisations parfois élevées, ce reliquat post-récolte reste très modéré. C'est un constat positif sur le plan environnemental. En revanche, il montre que la betterave a une forte capacité de prélèvement, qui peut pénaliser richesse et qualité de la récolte si la disponibilité en azote est excessive.

Le logiciel Azofert® (Inra-Ldar) validé à plus de 75 %

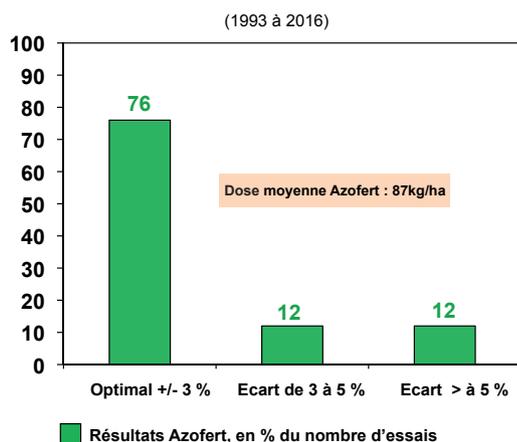
L'ITB contrôle tous les ans, dans une série d'essais répartis en toutes régions, la qualité de conseil établie par le logiciel Azofert®.

L'antériorité de ce travail de validation permet d'établir une évaluation sur un grand nombre de situations.

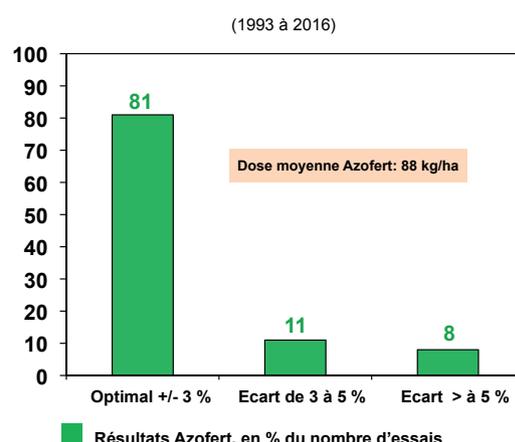
Les graphiques ci-dessous, construits à partir de ces résultats d'essais, montrent la qualité d'ajustement du conseil, avec l'obtention d'un rendement optimal pour la grande majorité des situations, et dans toutes les régions. On remarquera que les essais ne privilégient pas des situations où le conseil est facile, mais que beaucoup de références, en particulier dans les régions Hauts-de-France et Normandie, sont établies

sur des parcelles recevant des apports organiques. On constate que le conseil d'Azofert® est remis en cause lorsque l'on a à faire à des situations complexes, par exemple avec l'utilisation de produits organiques au comportement aléatoire. La prise en compte des multiples types de produits organiques qui sont épandus en parcelles betteravières reste un enjeu pour l'amélioration du conseil.

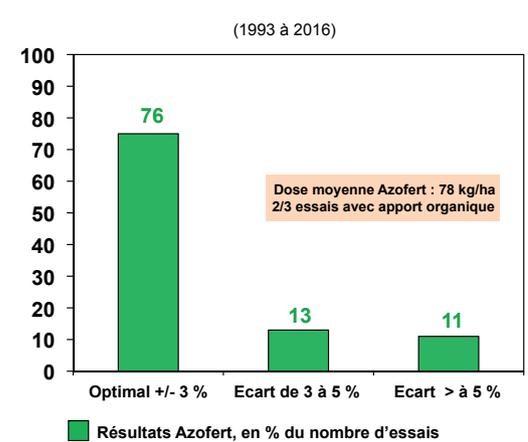
Synthèse de 57 essais ITB Champagne



Synthèse de 69 essais ITB Centre et Ile-de-France



Synthèse de 188 essais ITB Hauts-de-France et Normandie



qui suit la récolte, et diminue le risque d'entraînement d'azote vers la nappe phréatique. Par contre, il signifie que la plante, en prélevant tout l'azote minéral disponible, ne régule pas d'elle-même ses prélèvements d'azote minéral, d'où un besoin de bien maîtriser la disponibilité.

La dose d'engrais minéral doit être déterminée avec précision

L'ajustement de la dose d'azote minéral repose sur l'application de la méthode du bilan prévisionnel, dans le but d'équilibrer le plus exactement possible besoins de la plante et disponibilité en azote minéral dans le sol.

Le premier poste qui sera pris en compte est le reliquat d'azote minéral présent dans le sol en sortie d'hiver. Il représente entre 15 et 40 % des fournitures totales. Compte tenu de sa forte contribution dans l'alimentation

de la plante, il est indispensable de le mesurer avec précision, en fin d'hiver, sur trois horizons jusqu'à 90 cm (sauf sol exceptionnellement superficiel) et mesure effectuée dans la parcelle. Les valeurs moyennes auxquelles on peut avoir recours régionalement pour le même précédent cultural et le même type de sol, risquent de ne pas correspondre à la quantité réellement présente dans sa parcelle. La date de mesure sera la date d'ouverture du bilan. Le calcul par la méthode du bilan prévisionnel devra évaluer avec précision les quantités d'azote minéral qui vont être libérées par minéralisation en cours de végétation, venant de l'humus, des apports organiques, des résidus de culture précédente et des couverts d'interculture.

Le logiciel Azofert® (Inra-Ldar) a été développé pour calculer ces postes de bilan en s'appuyant sur des modèles dynamiques qui prennent en compte les caractéristiques du sol, qui établissent les quantités de résidus ou de

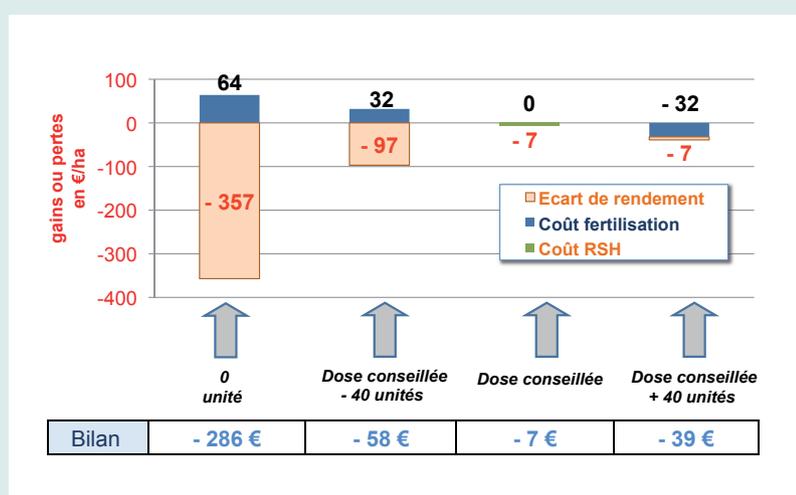
produits organiques déjà minéralisés ou encore disponibles à l'ouverture du bilan, et ce en se basant sur les paramètres climatiques locaux.

Il est aujourd'hui le logiciel le plus utilisé pour l'établissement des doses en betterave sucrière, et permet d'établir un conseil sur toutes les cultures. L'ITB a validé le logiciel Azofert® sur betterave sucrière depuis sa sortie en 2006, sur la base des données d'expérimentations d'années précédentes. Ce travail de validation est maintenu, par le test de doses calculées dans quinze à vingt sites expérimentaux annuellement. Il permet de vérifier la qualité du conseil, et l'encadré ci-dessus présente les résultats synthétisés pour les principales régions de production.

Pour conclure, l'ajustement de la fertilisation azotée est aussi un facteur de rentabilité de la culture, comme le montre la figure 2.

2

Intérêt économique du bon ajustement de dose d'azote à la parcelle



Le bilan économique présenté dans ce graphique est établi à partir des résultats d'essais récents de validation des doses d'azote calculées par Azofert® en région Hauts-de-France.

Il montre, en traduisant les pertes de rendements en pertes en euros, que le coût de la mesure du reliquat de sortie hiver (RSH) à la parcelle est très faible (7 euros) au regard de la perte économique entraînée par mauvais ajustement de dose. Les calculs sont faits avec un prix de l'unité d'azote de 0,8 € et un prix moyen de la récolte de 25 €/t.

Quelques conseils pour une fertilisation azotée maîtrisée

- Réalisez dès maintenant une mesure de reliquat d'azote minéral sur chaque parcelle, en respectant la règle de trois horizons jusqu'à 90 cm pour tous les sols profonds, y compris les sols de craie de Champagne.
- Spécifiez au laboratoire que vous souhaitez réaliser le calcul avec le logiciel Azofert®.
- Renseignez avec précision la fiche de renseignement Azofert®.
- Joignez une analyse de produit organique pour les produits importés sur l'exploitation.
- Evitez de générer des situations qui rendent la maîtrise aléatoire et le calcul de dose délicat : apports de plusieurs produits organiques cumulés, apports de fortes quantités de produits organiques.



Raisonnement et adaptation du désherbage pour 2017

Le printemps 2016 très humide a permis d'obtenir une qualité de désherbage acceptables sur les betteraves avec 82 % de parcelles notées satisfaisantes à très satisfaisantes contre 18 % de parcelles notées insuffisantes (voir la Technique Betteravière du n°1049 du 20 décembre 2016). L'humidité du printemps 2016 a permis dans la majorité des cas une bonne efficacité des produits herbicides. Mais le climat et le retard de végétation ont aussi permis de nombreuses relevées d'adventices et quelques difficultés de désherbage dans les régions Sud et en Champagne. Une fois de plus, le désherbage démontre son importance dans la conduite de la culture et confirme qu'il faut le raisonner et l'adapter de façon permanente à la situation de la parcelle. Nous vous proposons dans les deux pages suivantes de revenir sur les principaux conseils de l'institut en termes de désherbage.

LES ENJEUX DU DÉSHERBAGE

Le désherbage représente pour la betterave une étape très importante car la culture est particulièrement sensible à la concurrence des adventices de la levée jusqu'au stade de la couverture du sol. Même si la qualité du désherbage reste acceptable à l'échelle nationale, 18 % de parcelles ont été jugées non acceptables. Dans ces 18 % de parcelles "sales", on retrouve des adventices mal contrôlées

comme les chénopodes, les chardons, puis viennent ensuite les ombellifères, les graminées et les matricaires. L'arroche ou l'atriplex ne figure pas dans les résultats de l'enquête mais constitue une mauvaise herbe présente et difficile à contrôler. Plusieurs raisons peuvent en être la cause, un mauvais choix des produits et donc du programme herbicide pour

maîtriser la flore présente dans la parcelle, des quantités de produits mal adaptées, le premier traitement de post-émergence réalisé trop tardivement, un laps de temps trop important entre 2 traitements, un arrêt trop précoce des traitements et une croissance lente des betteraves, du fait d'un printemps froid et humide, pour atteindre la couverture du sol.

RAISONNEMENT DU DÉSHERBAGE

Quelle matière active pour quelle adventice ?

1^{RE} ÉTAPE : La connaissance et l'observation de ses parcelles

Afin d'obtenir des parcelles propres pour une culture compétitive, il est primordial d'avoir une bonne connaissance de ses parcelles. Ainsi, l'observation régulière de celles-ci sera le meilleur moyen pour intervenir dès l'apparition des jeunes adventices de manière à pouvoir appliquer des doses adaptées et de faire le choix des bons produits. Cette première étape est essentielle puisqu'elle consiste à identifier les adventices présentes dans les parcelles afin de faire le choix des bons produits qui contrôleront la flore. Pour cette étape, l'ITB met à disposition divers outils d'aide à la reconnaissance des adventices disponibles sur le site internet de l'ITB (www.itbfr.org) : Betsy, Diagbet et Infloweb.

2^E ÉTAPE : L'identification des matières actives utiles et la construction d'un mélange simplifié

Une fois les adventices identifiées, l'objectif est de choisir uniquement les matières actives efficaces pour contrôler la flore. Se reporter au tableau d'efficacité des herbicides pour raisonner au mieux le choix des produits afin de construire son programme de désherbage. Cette étape permet de combiner les différents modes d'action, foliaires et racinaires, et d'identifier les interactions entre produits dans le but de limiter les quantités utilisés.

Matières actives	Exemple de spécialités	Dose homologuée	Amarante	Ammi-Majus	Atriplex	Chénopode	Colza	Ethuse	Fumétère	Gaillet	Matricaire	Mercuriale	Morelle	Mouron blanc	P, S, D	Pensée	Ren. oiseaux	Ren. persicaire	Ren. liseron	Ravenelle	Sanve	Véronique fdl
Phenmédiphame 160 g/l (PMP)	Fasnet SC, Bettapham ...	6 l/ha																				
Ethofumésate 500 g/l (ETHO)	Boxer SC500, Tramaf F ...	2 l/ha																				
Métamitron 70% (METAM)	Goltix 70UD	4 kg/ha																				
Lénacile 80 % (LEN)	Venzar, Varape ...	1 kg/ha																				
Triflusaluron méthyl 50%	Safari	0,06 kg/ha																				
Clomazone 360 g/l	Centium 36CS	0,2 l/ha																				
Diméthénamid-P 720 g/l	Isard	1 l/ha																				
S-Métolachlor 960 g/l	Mercantor Gold	0,6 l/ha		-																		
Chloridazone 65% (CHLORI)	Better DF	2 kg/ha																				
Clopyralid 720 g/kg	Lontrel SG	0,174 kg/ha																				
Desméthiphame 160 g/l (DMP)	Pas de spécialité homologuée	/																				
Quinmécac 500 g/l (QUINM)	Pas de spécialité homologuée	/																				

Spécialités à plusieurs voies																						
PMP, DMP, ETHO	Betanal Booster	4 l/ha																				
METAM, CHLORI	Menhir FL	5 l/ha																				
PMP, DMP	Beet Up Compact	4,5 l/ha																				
CHLORI, QUINM	Zeppelin	5 l/ha																				
PMP, DMP, ETHO, LEN	Betanal MaxxPro	4,5 l/ha																				
ETHO, METAM	Goltix Duo	3,4 l/ha																				

Comment lire ce tableau : il présente les matières actives efficaces pour lutter contre la flore adventice mais également celles qui sont inefficaces. Le code couleur permet une lecture simple et rapide afin de faire le choix des produits à utiliser afin de composer son programme herbicide. Les couleurs

vertes représentent les produits qui seront efficaces et très efficaces, les couleurs orange et rouge représentent des produits qui seront inefficaces. La couleur verte/jaune représente des produits qui ont eu des efficacités irrégulières pendant ces années d'expérimentations.

Efficacité très satisfaisante		Efficacité faible	
Efficacité satisfaisante		Efficacité insuffisante	
Efficacité irrégulière		En cours de référencement	-

Pendant 4 années, l'ITB a travaillé la gamme des herbicides un à un afin d'évaluer l'efficacité des matières actives présentes dans chaque produit commercial sur la flore adventice présente. Le but étant de mieux comprendre « *Quelle matière active fait quoi ?* » lorsqu'on compose un programme de post-émergence herbicides.

Afin d'obtenir une parcelle propre, il est nécessaire de diversifier les programmes dans le temps en utilisant plusieurs substances actives ayant des modes d'actions différents.

L'expérimentation des produits composés de plusieurs matières actives, appelés produits à "plusieurs voies" a également été réalisée.

Ces produits présentent deux avantages avec un spectre d'efficacité plus large et une facilité d'emploi avec moins

d'erreurs de manipulation et moins d'exposition pour les utilisateurs. Cependant, ces produits sont plus chers que les produits avec une seule matière active.

3^E ÉTAPE : Choix des doses en fonction du stade des adventices

Une fois les produits choisis, il sera nécessaire d'adapter la dose en fonction du stade des adventices et des conditions climatiques.

L'objectif sera d'intervenir sur des adventices au stade point vert à cotylédons. Il est nécessaire également d'ajouter 0,5 à 1 l d'huile au mélange choisi.

Intervenir 2-3 semaines après le semis sur adventices au stade cotylédons jusqu'à 70 % de couverture des betteraves.

Pour les produits racinaires, la meilleure efficacité sera obtenue si l'application se fait sur sol humide ou si elle est suivie de précipitations dans les jours suivants.

Pré-levée : non justifiée dans la majorité des cas. Seules les parcelles à forte infestation d'éthuse ou d'ammi majus requièrent une application de Zeppelin à 3 l.

4^E ÉTAPE : Intégrer le désherbage mécanique autant que possible

Le désherbage mécanique complémentaire du désherbage chimique permettra de diminuer les quantités d'herbicides chimiques tout en obtenant des parcelles propres. Cette opération sera fortement dépendante des conditions météorologiques.

Adapter la dose de produit/ha/par passage en fonction du stade des adventices

Stade des adventices Les fourchettes de doses correspondent aux stades des adventices	Fasnet SC, Bettapham (1)	Boxer SC500, Trammat F (2)	Betanal Booster (3)	Goltix UD (4)	Zeppelin (5)	Venzar Varape (6)	Safari (7)	Menhir (8)	Goltix Duo (9)	Mercantor Gold (10)*	Isard (11)**	Centium 36CS (12)***
Point vert à cotylédons étalés	0,6 - 0,8 l/ha	0,15 l/ha	0,6 - 0,8 l/ha	0,3-0,5 kg/ha	0,6 - 0,8 l/ha	0,1 kg/ha	0,015-0,020 kg/ha	0,6 - 0,8 l/ha	0,8 l/ha	0,2 - 0,3 l/ha	0,2 - 0,3 l/ha	0,035 - 0,05 l/ha
2 feuilles naissantes à 2 feuilles vraies	0,8 - 1,2 l/ha	0,2 l/ha	1,0 l/ha	0,5-0,7 kg/ha	0,8 - 1,0 l/ha	0,1 kg/ha	0,020-0,030 kg/ha	1,0 l/ha	1,0 l/ha	0,2 - 0,3 l/ha	0,3 l/ha	0,05 - 0,1 l/ha
Plus de 4 feuilles	binage											

* maximum 0,6 l dans le programme; ** maximum 1,0 l dans le programme; *** maximum 0,2 l dans le programme

- | | |
|---|-------------------------------|
| (1) phenmédiaphane | (7) triflusaluron-méthyl |
| (2) éthofumésate 500 g/l | (8) chloridazone |
| (3) phenmédiaphane + éthofumésate + desmédiaphane | + métamitron |
| (4) métamitron 70 % | (9) éthofumésate + métamitron |
| (5) quinmérac + chloridazone | (10) s-métolachlor |
| (6) lénacile | (11) diméthénamid-P |
| | (12) clomazone |

Exemple d'adaptation des doses d'un produit de contact (Fasnet SC) pour le contrôle du chénopode



0,6 l/ha



0,8 l/ha



1,2 l/ha



Intervention mécanique

Optimiser les traitements herbicides

- Intervenir sur des adventices jeunes, point vert à cotylédons étalés, de manière à pouvoir appliquer des doses réduites. Si les adventices sont plus développées, augmenter les doses de produits de contact, phenmédiaphane et éthofumésate. Réaliser les traitements en bonnes conditions d'hygrométrie, au moins 70 %, et avec un vent inférieur à 19 km/h, règle de force 3 Beaufort obligatoire.
- Utiliser un volume d'eau de 80 à 150 l/ha garantit une efficacité optimum. Le recours à des volumes inférieurs est possible à la condition d'optimiser plus les conditions d'application.
- Utiliser des buses classiques à fente ou des buses à pastille de calibrage qui assurent la meilleure répartition de la bouillie et un nombre d'impacts au moins égal à 50/cm², nombre minimum reconnu pour les produits de contact. Réserver l'usage de buses à injection d'air aux situations où l'on sou-

haite réduire la ZNT (Zone non traitée), dans ce cas appliquer un volume au moins égal à 150 l/ha.

- Ajouter entre 0,5 et 1 l/ha d'huile au mélange herbicide pour régulariser l'efficacité.
- Les herbicides graminicides seront utilisés de préférence seuls afin d'obtenir une meilleure efficacité. Avec ce type d'herbicides, une dose d'huile de 1 l/ha améliore l'efficacité.
- Dans tous les cas, consulter BETSY, outil interactif d'aide à la décision au désherbage, accessible sur le site internet de l'ITB : www.itbfr.org
- Intégrer le désherbage mécanique, par exemple avec le passage d'une bineuse en le substituant au dernier passage chimique. Les interventions mécaniques permettent dans beaucoup de situations d'éviter l'application d'un traitement chimique si les conditions climatiques sont favorables.

Information réglementaire

En juillet 2015, la Commission européenne a classé la matière active lénacile en H 351 (« Susceptible de provoquer le cancer »).

Depuis le 1^{er} janvier 2017, le mélange à base de lénacile 80 % (Venzar, Varape, Betanal maxxpro,...) et de triflusaluron méthyl 50 % (Safari) n'est plus autorisé.