

Fertilisation azotée : la bonne dose au bon moment

L'amélioration des pratiques a contribué à diviser par 3,5 le nombre d'unités d'azote minéral apportées pour la production d'une tonne de sucre au champ sur les trente dernières années. Optimiser l'efficacité de l'azote reste encore à ce jour un objectif important. Les pages qui suivent donnent les enseignements d'une campagne 2017 particulière, avec des reliquats en sortie d'hiver très élevés, et font le point, entre autres, sur les apports d'azote au semis en localisé et en post-semis.

LES ENSEIGNEMENTS DES ESSAIS DE L'ITB ET LES CONSEILS POUR LA CAMPAGNE À VENIR

Un outil Azofert® bien calibré

Depuis plusieurs années, l'ITB teste l'outil Azofert® qui permet d'indiquer la dose d'azote minéral à apporter. Les figures 1 et 2 donnent les principaux résultats de 79 essais menés de 2014 à 2017 sur les doses apportées. Quatre modalités sont étudiées à savoir la dose conseillée par Azofert® (DC), cette même dose à laquelle on retire 40 unités (DC-40), à laquelle on ajoute 40 unités (DC+40) et un témoin sans azote (0N).

La figure 1 indique qu'une sous-fertilisation (DC-40) nuit significativement au rendement en sucre de la betterave (baisse de l'ordre de 3 %), tandis qu'une surfertilisation (DC+40) n'a pas d'impact significatif sur le rendement en sucre. Cependant, la figure 2 montre bien qu'une surfertilisation entraîne une baisse de la richesse en sucre et donc une potentielle dégradation du prix de vente de la betterave, en plus des charges majorées par les unités d'azote inutiles apportées. De plus, comme l'ont montré

des expérimentations antérieures de l'ITB, l'azote en excès est prélevé par la betterave (consommation de luxe) ce qui entraîne une surproduction de feuilles (au détriment de la production de racine et de sucre) et/ou un stockage d'azote d'abord dans les feuilles, puis dans la racine, dégradant ainsi la qualité technologique de la betterave. Il y a donc tout à perdre à surfertiliser la betterave.

Un apport tardif possible, mais pas trop tard

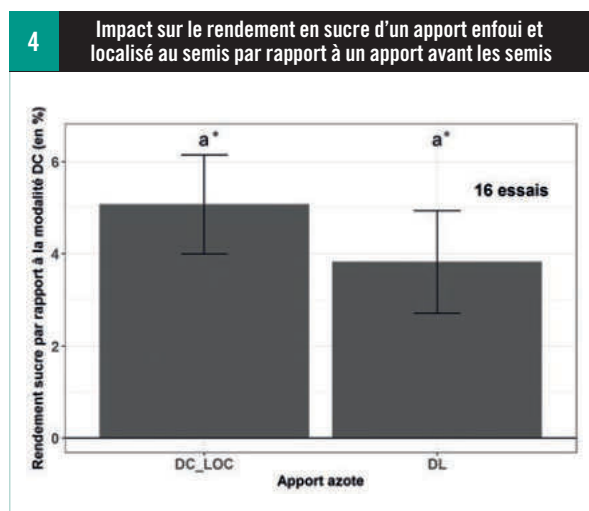
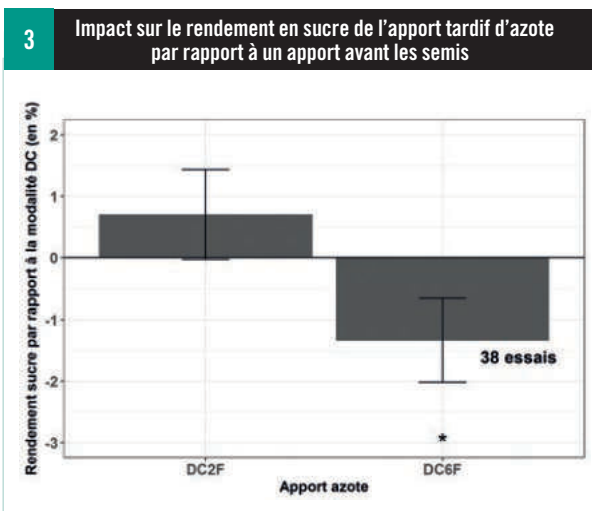
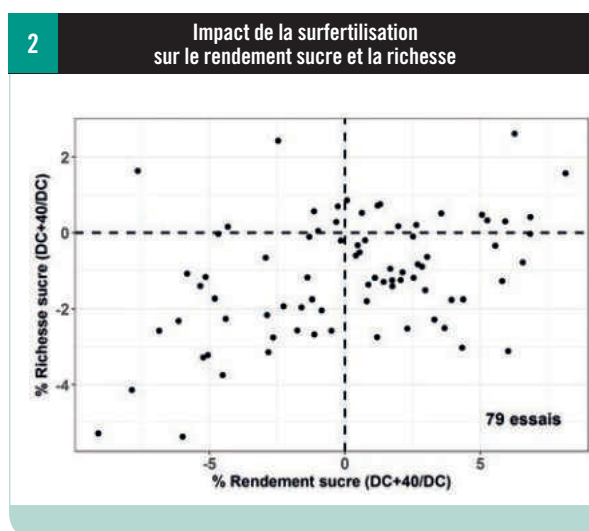
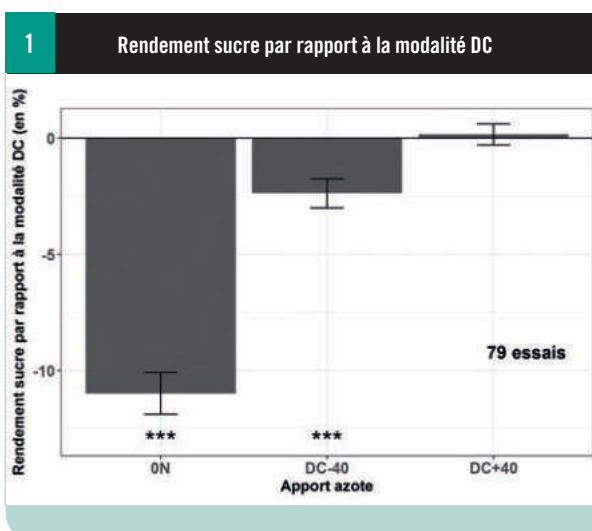
L'ITB travaille aussi sur l'impact que peut avoir un apport tardif sur le rendement. Deux modalités d'apport tardif sont étudiées ici à savoir un apport d'ammonitrate au stade 2 feuilles (DC2F) et un apport au stade 6 feuilles (DC6F). La dose apportée est la dose conseillée par Azofert®. Lorsque celle-ci excède 80 kg/ha, l'apport est réalisé en deux fois, avant semis sur sol nu et en végétation. La figure 3 compare ces modalités à un apport de la dose conseillée sur sol nu avant le semis (DC).

La figure 3 indique qu'un apport à deux feuilles n'a aucun impact significatif sur le rendement en sucre de la betterave tandis que l'apport plus tardif, à six feuilles, a un léger impact négatif sur le rendement en sucre du fait d'une baisse de la richesse. De plus, des pertes de rendement de l'ordre de 5 % peuvent être observées lorsque les conditions d'apport à 6 feuilles ne sont pas optimales (temps sec, assèchement du sol etc.). Il y a donc une certaine prise de risque à apporter trop tardivement l'azote.

Des précisions seront apportées sur l'optimisation de l'apport fractionné de l'azote dans la partie sur les conseils pour la fertilisation.

L'apport localisé au semis : une meilleure valorisation de l'azote par la betterave

L'enfouissement localisé d'azote au semis est une méthode mise en avant depuis plusieurs années par l'ITB. Et pour cause, chaque année les résultats des expérimentations menées ressortent des résultats très positifs de cette technique.



* Significativement différent de l'apport avant semis.

* Les deux modalités ne sont pas significativement différentes.

La *figure 4* recense les données recueillies sur les années 2014 à 2017 sur 16 essais. Deux doses d'incorporation sont testées : la dose conseillée par Azofert® lorsque l'apport localisé est indiqué sur la fiche de renseignements et qui considère qu'il n'y a aucune perte par volatilisation (DL), et la dose conseillée pour un apport sur sol nul mais apportée en localisé au semis (prise en compte de la volatilisation) (DC_LOC). Ces modalités sont comparées à un apport de la dose conseillée Azofert® sur sol nul avant semis (DC).

Pour la dose minorée de la volatilisation de l'azote (DL) comme cela est actuellement paramétré dans le modèle Azofert®, les résultats obtenus semblent être similaires aux résultats obtenus avec la dose non minorée (DC_LOC). Il faut retrancher à cela l'économie réalisée sur l'engrais. Ces expérimentations seront reconduites afin de consolider les résultats obtenus.

Le gain de rendement pour cette méthode est estimé aux alentours de 4 % par rapport à un apport sur sol nu. De plus, elle permet une répartition plus précise de l'engrais et donc un développement plus homogène du couvert. L'apport enfoui localisé est donc conseillé. Lors du remplissage de la fiche Azofert®, pensez à indiquer ce mode d'apport afin que la dose conseillée fournie en tienne compte et tranche la prise en compte de la volatilisation.

Une campagne 2017 marquée par des doses conseillées faibles

La campagne 2017, du fait de l'impact climatique de l'année 2016 sur les rendements céréaliers et de l'hiver sec limitant les pertes par lessivage, s'est distinguée par des reliquats azotés en sortie d'hiver très élevés. Les valeurs des doses conseillées Azofert® ont donc été en moyenne assez faibles (cf. *figure 5*).

Le caractère exceptionnel d'une situation où la dose conseillée est nulle ne doit pas conduire à rajouter de l'azote « pour se rassurer ». Comme le montre la *figure 6*, pour des doses faibles, l'apport de 40 unités d'azote supplémentaires n'entraîne pas une amélioration du poids valeur suffisante face au coût de l'azote. En accord avec les conclusions générales présentées précédemment, un apport d'azote « pour se rassurer » dans les situations de dose conseillée par Azofert® nulle ou faible, conduit à une dégradation de la richesse en sucre.

La fréquence de doses faibles pour la campagne 2018 devrait être moins élevée. Cependant, pour ces situations, il est bon de garder à l'esprit que rajouter de l'azote « pour se rassurer » ne fera que dégrader le résultat économique.

Un apport organique, s'il a lieu, qui doit être réfléchi

La réflexion sur la fertilisation doit se mener dès l'apport d'amendements organiques s'il a lieu. En effet, plusieurs précautions sont à prendre. Il est préférable de n'apporter qu'un seul type d'amendement organique afin de faciliter le calcul par Azofert® de la quantité d'azote minéralisé au moment du développement de la betterave.

Les apports d'automne doivent aussi être raisonnables et ne pas excéder les capacités d'absorption d'azote du couvert qui suivra, auquel cas des pertes d'azote par lessivage sont très probables. Le choix du couvert d'interculture et sa caractérisation sont aussi très importants pour

optimiser la quantité d'azote disponible et évaluer l'apport d'azote minéral.

Il s'agira enfin d'être le plus exact possible sur la nature, la dose et, si possible, la teneur en azote des produits apportés.

Bien estimer l'azote disponible pour la betterave

Une bonne évaluation de la disponibilité en azote minéral passe nécessairement par la réalisation d'un reliquat à la parcelle. La variabilité importante des situations fait qu'il y a de fortes chances de se tromper si l'on considère la moyenne théorique régionale des reliquats. A titre d'exemple, pour la campagne 2017, cette moyenne \pm 20 unités d'azote ne représentait que 34 % des situations en Champagne, soit près de deux chances sur trois de se tromper.

Ce reliquat doit toujours être réalisé sur 3 horizons, jusqu'à 90 cm de profondeur sauf en cas de sol trop superficiel. Un reliquat réalisé à 60 cm dans un sol profond fausse à la fois la valeur réelle du reliquat, donc de l'azote disponible, le reliquat post-récolte et la profondeur d'enracinement pris en compte dans le calcul.

L'évaluation de l'azote disponible prend en compte les cinétiques de minéralisation. Celles-ci dépendent des

caractéristiques physico-chimiques du sol. Une analyse de sol est donc nécessaire pour mener à bien cette estimation.

Le bon apport au bon moment

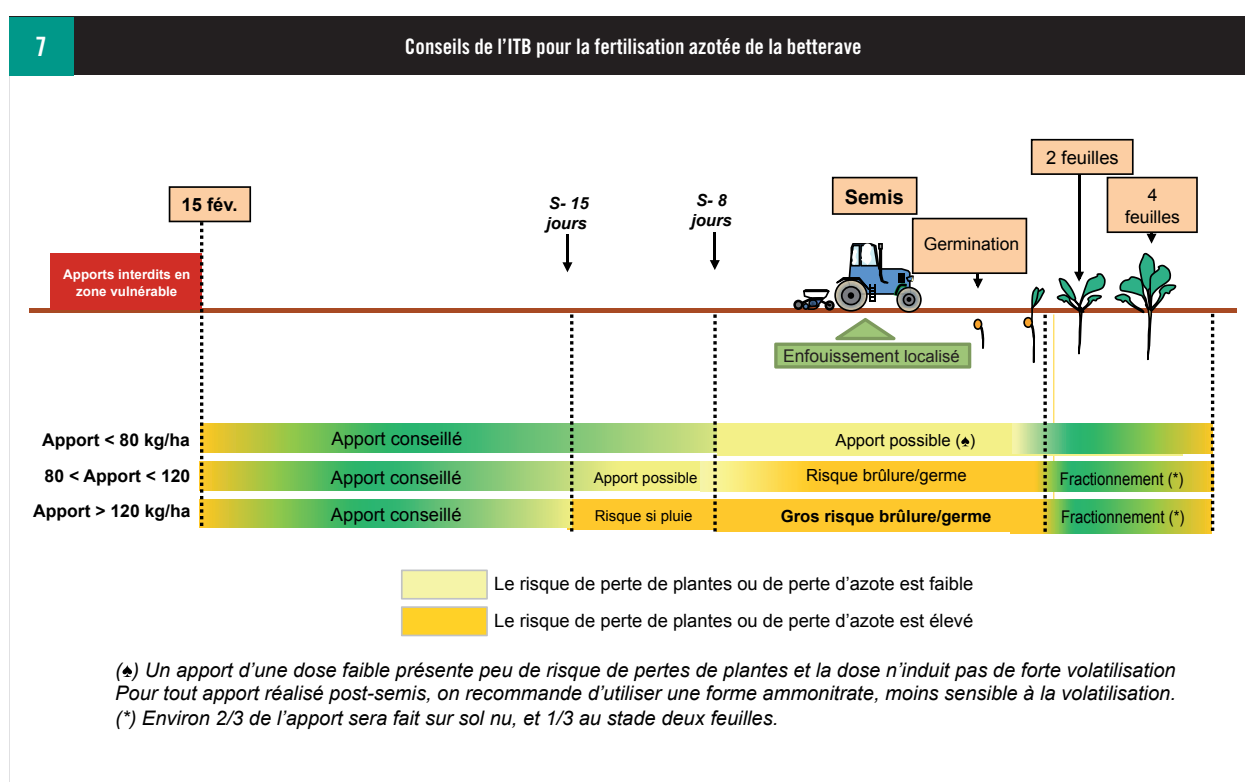
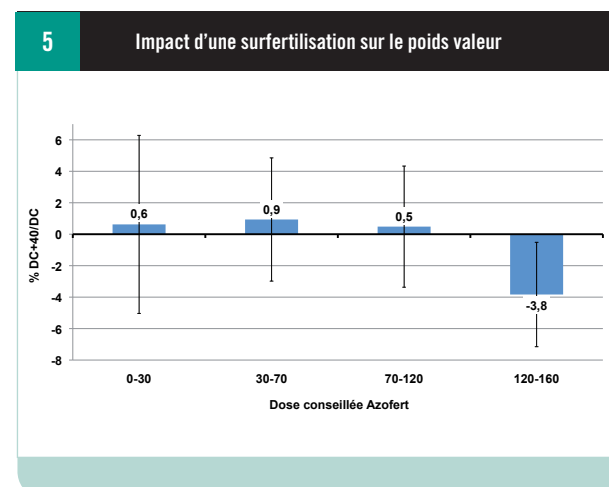
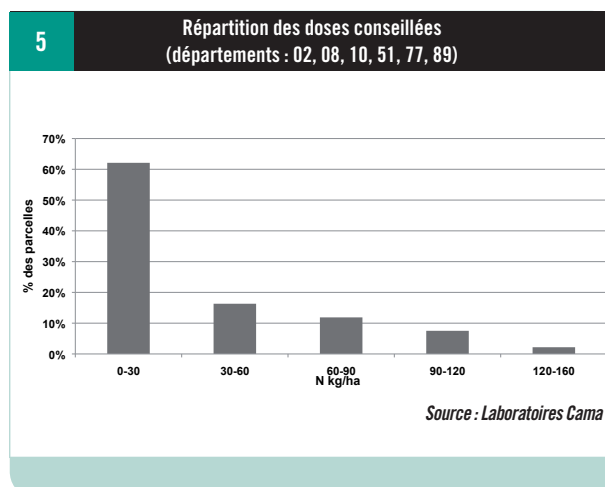
Une fois le travail d'estimation d'azote disponible pour la plante fait grâce à l'outil Azofert®, il ne reste plus qu'à appliquer la dose conseillée par le modèle.

Le meilleur apport possible est un enfouissement localisé de l'azote (en solution ou solide selon le matériel) au moment du semis.

Dans le cas où l'apport localisé au semis n'est pas possible, l'apport avant le semis est conseillé, et un apport au stade deux feuilles reste possible. En revanche, un apport entre le semis et le stade deux feuilles peut entraîner des risques de brûlure, et un apport au-delà du stade deux feuilles peut dégrader le rendement en sucre et notamment la richesse.

La date d'apport doit aussi tenir compte de la dose. Pour une dose élevée, il faudra prendre des précautions et apporter l'azote plus de 15 jours avant le semis, ou fractionner l'apport, avant le semis, et au stade deux feuilles. Dans le cas d'un apport tardif, il faut absolument privilégier l'apport sous forme ammonitrate.

L'ensemble des conseils de l'ITB pour la fertilisation azotée sont résumés dans la *Fig. 7*.



Raisonner et adapter son désherbage

En 2017, le désherbage des betteraves a été satisfaisant dans 83 % des parcelles (source : enquête annuelle ITB, voir la Technique Betteravière du n° 1063 du 24 octobre 2017). Le désherbage est une étape cruciale dans l'itinéraire technique de la betterave. C'est une pratique très technique qui mobilise beaucoup de temps et de savoir-faire. La réussite du désherbage en 2017 a été possible grâce à l'adaptation de la stratégie de désherbage aux conditions climatiques. Les échecs sont très coûteux du fait de la sensibilité de la betterave à la concurrence des adventices. C'est pour cette raison que, chaque année, l'ITB met en place dans son réseau d'expérimentation une série d'essais permettant d'ajuster les conseils de désherbage et de les adapter aux conditions de la parcelle.



Raisonner le désherbage

1^{re} étape : La connaissance et l'observation de ses parcelles

1. Connaître précisément la flore adventice présente dans la parcelle permettra de décider de la nécessité d'un traitement de pré-émergence en particulier en cas de fortes infestations d'ombellifères ;

2. Observer ses parcelles au cours de la croissance des betteraves permettra d'adapter le programme de désherbage en fonction des adventices présentes. La première intervention doit être effectuée 2 à 3 semaines après le semis sur adventices au stade cotylédons.

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.

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

L'ITB a mis au point le **tableau n° 1** : « *Quelle matière active pour quelle adventice ?* » lorsqu'on compose un programme de post-émergence herbicides.

Une fois les adventices identifiées, l'objectif est de choisir uniquement les matières actives efficaces pour contrôler la flore.

Le **tableau n° 1** présente l'efficacité des herbicides afin de raisonner au mieux le choix des produits et de construire son programme de désherbage. Un programme doit combiner différents modes d'action, foliaires et racinaires, et le

tableau permet d'identifier les interactions entre produits dans le but de limiter les quantités utilisées.

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 de contact composés de plusieurs matières actives, appelés produits à « *plusieurs voies* » a également été réalisée.

Ces produits présentent deux avantages : 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

Pré-levée : non justifiée dans la majorité des cas. Seules les parcelles à forte infestation d'éthuses ou d'*Ammi majus* requièrent une application de Zepplin à 2,5 litres.

Post-levée : une fois les produits choisis, il sera nécessaire d'adapter la dose en fonction du stade des adventices (voir tab. 2) et des conditions climatiques. L'objectif sera d'intervenir sur des adventices au stade point vert à cotylédons. Il est nécessaire également d'ajouter au mélange herbicide 0,5 l/ha d'huile pour les spécialités herbicides à plusieurs voies et 1 l/ha pour les produits génériques afin de régulariser l'efficacité. Le désherbage démarre 2-3 semaines après le semis sur adventices au stade cotylédons et se termine à 70 %

1 Quelle matière active pour quelle adventice ?

Matières actives	Exemple de spécialités	Dose homologuée par cycle cultural	Amiante	Ammi Majus	Atiplex	Chénopode	Colza	Ethuse	Fumeterre	Gaillet	Matricaire	Mercuriale	Morelle	Mouron blanc	P.S. D	Pensée	Ren. oseille	Ren. persicaire	Ren. liseron	Ravenelle	Saïve	Véronique fil
Phenmediphame 160 g/l (PMP)	Fasnet SC, Bettapham ...	6 l/ha																				
Ethofumesate 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																				
Triflusalifuron méthyl 50%	Safari	0.12 kg/ha																				
Clomazone 360 g/l	Centium 36CS	0.2 l/ha																				
Dimethenamid-P 720 g/l	Isard	1 l/ha																				
S-Metolachlor 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																				

> Efficacité des produits formulée par adventice

Spécialités à plusieurs voies		Dose	Amiante	Ammi Majus	Atiplex	Chénopode	Colza	Ethuse	Fumeterre	Gaillet	Matricaire	Mercuriale	Morelle	Mouron blanc	P.S. D	Pensée	Ren. oseille	Ren. persicaire	Ren. liseron	Ravenelle	Saïve	Véronique fil
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	Zepplin	2.5 l/ha																				
PMP, DMP, ETHO, LEN	Betanal MaxPro	4.5 l/ha																				
ETHO, METAM	Goltix Duo	3.4 l/ha																				

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

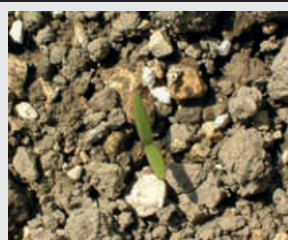
Comment lire ce tableau

Ce tableau 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 pour 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 dernières années d'expérimentations.

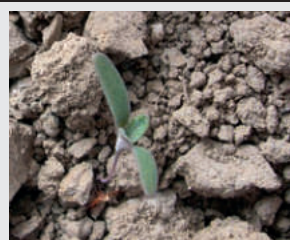
Stade des adventices <i>Les fourchettes de doses correspondent aux stades des adventices</i>	Fasnet SC Betapham (1)	Boxer 500 Tramat F (2)	Betanal Booster (3)	Goltix UD (4)	Zepplin (5)	Venzar Varape (6)	Safari (7)	Menhir (8)	Goltix Duo (9)	Mercantor Gold (10)	Isard (11)	Centium 36CS (12)
Point vert - 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 l/ha
2 feuilles naissantes à 2 feuilles vraies	0.8-1.2 l/ha	0.2 l/ha	1 l/ha	0.5 - 0.7 kg/ha	0.8 - 1 l/ha	0.1 kg/ha	0.020- 0.030 kg/ha	1 l/ha	1 l/ha	0.2 - 0.3 l/ha	0.3 l/ha	0.05-0.1 l/ha
Plus de 4 feuilles	binage											

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

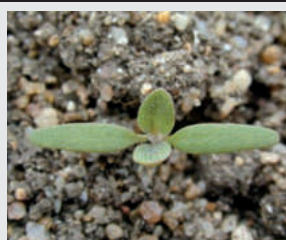
3 Exemple d'adaptation des doses d'un produit de contact (Fasnet SC) pour le contrôle du chénopode



0,6 l/ha



0,8 l/ha



1,2 l/ha



Intervention mécanique

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.

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 et de garantir la propreté des parcelles lorsque les conditions météorologiques sont favorables.

À retenir :

- Choisir les matières actives adaptées aux adventices de la parcelle.
- 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 des produits.

- Utiliser un volume d'eau de 80 à 150 l/ha garantit une efficacité optimum. Le recours à des volumes inférieurs est possible à condition d'optimiser les conditions d'applications.
- Utiliser des buses classiques à fente ou des buses à pastille de calibre.
- 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.
- Ajouter entre 0,5 et 1 l/ha d'huile au mélange herbicide.
- Les herbicides graminicides seront utilisés de préférence seuls afin d'obtenir une meilleure efficacité. Avec ce type d'herbicide, une dose d'huile de 1 à 2 l/ha améliore l'efficacité.
- Pratiquer un désherbage mécanique si les conditions sont favorables.

Optimiser l'utilisation du Centium 36CS

Depuis quelques années, l'ITB étudie le produit Centium 36CS à la dose de 0,035 l/ha. Lorsque les adventices sont au stade point vert – cotylédons étalés, l'utilisation du Centium 36CS à cette dose est possible dès le T2 (sauf en sol crayeux). Cette dose permet de diminuer les effets négatifs de la sélectivité, des blanchiments tout en conservant l'efficacité du produit.

Voici les programmes qui peuvent être recommandés dès le T2 (sauf en sol crayeux) en fonction de la flore adventice : BTC0.035G, BTC0.035S, BTC0.035Mh, BSC0.035G sur une population de betteraves homogènes et poussantes (hors parcelles avec levées échelonnées des betteraves). Il faut éviter le mélange du Centium 36CS avec la substance active lénacile (ex : Venzar, Varape...).

Accentuation des blanchiments :

- avec la technique de bas volume (augmentation de la concentration du produit dans la bouillie) ;
- en cas de délais importants entre la préparation et l'application.

Informations réglementaires concernant les herbicides

- Depuis le 1^{er} janvier 2017, le mélange à base de lénacile 80 % (Venzar, Varape, Betanal Maxxpro,...) et de triflusaluron méthyl 50 % (Safari, Scénario) n'est plus autorisé.
- Le produit Zepplin a été ré-homologué pendant l'année 2017. La dose d'emploi est désormais de 2,5 l/ha au lieu de 5 l/ha auparavant. L'intervalle entre deux applications est de 6 jours avec un maximum de 4 applications. L'utilisation du produit est d'une fois tous les 3 ans.
- Le produit Candi 500 SC à base d'éthofumésate n'est plus homologué sur betteraves. En conséquence, les produits à plusieurs voies Trisal Advance et Beta-Team qui contiennent ce produit ne sont plus homologués non plus. Un délai d'utilisation pour l'écoulement des stocks agriculteurs de ces trois produits est prévu jusqu'en octobre 2018.

Expérimenter le désherbage de demain

L'ITB est impliqué dans un dispositif d'expérimentation de plein champ baptisé "Digifermes" sur l'évaluation des technologies numériques pour l'agriculture, aux côtés d'Arvalis, de Terres Inovia et de l'IDEELE. C'est dans le cadre de ce dispositif qu'a été évalué en 2017 sur la Digifirme de Boigneville (91) le robot désherbeur créé par la société Ecorobotix.

Le robot applique une pulvérisation localisée sur les adventices grâce à ses deux bras mécaniques, après identification des adventices par une caméra placée à l'avant. Pour étudier la capacité du robot à détecter les adventices, un colorant à base de bleu de méthylène a remplacé l'application d'herbicide afin de repérer les plantes touchées et non touchées. Les résultats obtenus sont encourageants mais des ajustements sont encore nécessaires. La principale difficulté du désherbage de la betterave est la nécessité d'intervenir à des stades très précoces des adventices pour les contrôler efficacement. Les banques d'images doivent être enrichies pour une meilleure reconnaissance. L'essai se poursuivra l'an prochain avec un robot dont les performances devraient avoir été améliorées.

Ce robot présente l'intérêt d'être autonome grâce à ses panneaux solaires, et polyvalent ; il est également testé sur prairie (contre les rumex) et sur colza, dans le cadre des Digifermes.



Le robot de la société Ecorobotix lors de Désherb'avenir V.