

EXPERTISE

Des solutions alternatives de désherbage

L'ITB, en partenariat avec un groupe d'agriculteurs innovants de la Marne et la FRCUMA, a testé en 2019 de nouvelles techniques alternatives de désherbage.

L'objectif de cette étude était d'anticiper les contraintes liées aux nouveaux enjeux environnementaux et aux attentes sociétales. La disponibilité en main-d'œuvre dans les exploitations est également au centre des réflexions. De nouvelles techniques peuvent être mises en avant dans ce contexte.

Du conventionnel au tout mécanique

La recherche d'itinéraires inédits s'est réalisée en plein champ. Les agriculteurs impliqués dans le projet ont apporté leur expertise dans l'identification des leviers en alternative au tout chimique. Les itinéraires testés sont résumés dans les graphiques ci-dessous.

Dans les conditions climatiques de 2019, les fenêtres pour les interventions mécaniques étaient nombreuses et ont permis de comparer différents itinéraires, du conventionnel au tout mécanique. Les différents passages d'outils réalisés entre 2 à 12 feuilles des betteraves n'ont pas entraîné de perte de population. La modalité conventionnelle aurait nécessité un traitement chimique supplémentaire au vu de la pression adventice. Les résultats satisfaisants des nouveaux itinéraires ont été confirmés par l'absence de salissement estival. Ces deux dernières modalités ont toutefois nécessité un complément manuel (estimé à huit heures par hectare) pour parfaire le nettoyage des parcelles. Cette expérimentation a validé l'intérêt

CHIFFRES CLÉS

8/10

Notation de satisfaction du désherbage tout mécanique dans l'essai de 2019.

9

Nombre de passages de désherbage mécanique après le semis pour l'itinéraire tout mécanique.

du faux semis grâce à une préparation anticipée de quinze jours, suivie d'un nettoyage à la herse étrille avant la réalisation du semis des betteraves.

De même, la technique du passage de herse étrille dit « à l'aveugle » (soit en post-semis-prélevée) a pu être mise en œuvre dans cet essai avec satisfaction tant au niveau de la sélectivité que de l'efficacité procurée. Cette pratique requiert toutefois beaucoup de soins pour être appliquée : nécessité d'une préparation de sol correctement nivelée et rappuyée de manière à réaliser un semis de qualité (profondeur constante). Une surveillance assidue de l'état de germination est obligatoire pour ne pas déranger l'implantation de la culture et pénaliser la population.

Des résultats à confirmer

Cette étude demande à être reconduite dès la campagne 2020 pour valider ces résultats encourageants. Ces nouvelles techniques doivent être validées par les agriculteurs afin d'attester la faisabilité de ces changements dans l'organisation des exploitations. L'accompagnement des agriculteurs dans ces nouvelles techniques est essentiel, comme ce fut le cas lors de l'arrivée du désherbage chimique.

PAROLE D'EXPERT : PASCAL AMETTE, DÉLÉGUÉ RÉGIONAL CHAMPAGNE-YONNE

Dans ces nouveaux itinéraires, il semble délicat de s'affranchir d'interventions manuelles afin de peaufiner le nettoyage sur la ligne de semis. Les diverses expériences montrent que réaliser ces interventions précocement est indispensable (moindre pénibilité, destruction plus aisée des jeunes adventices, etc.), qu'une bonne

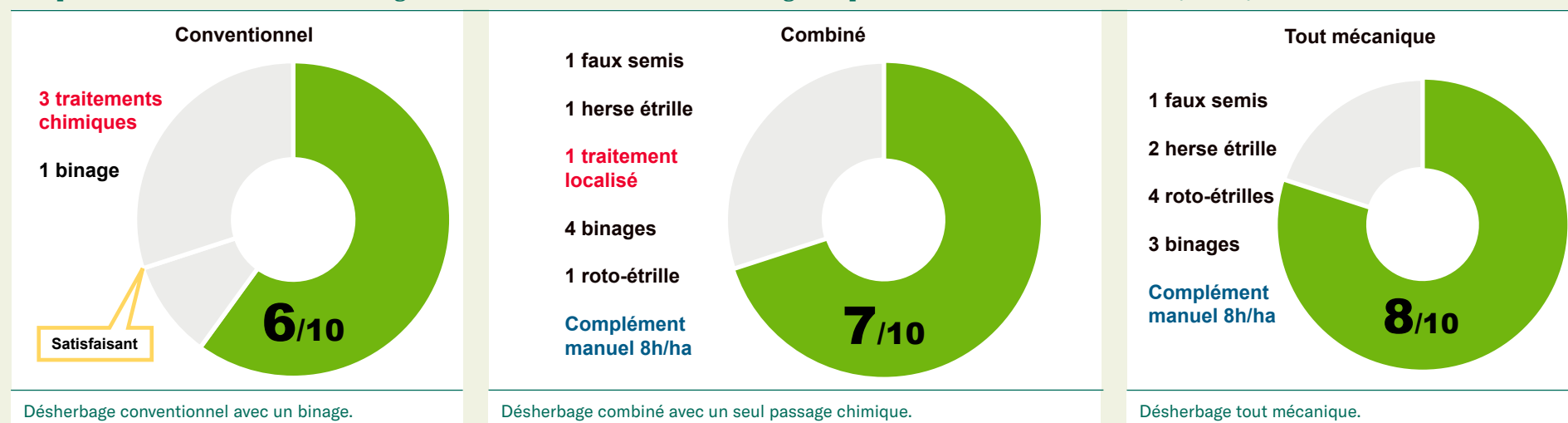
connaissance du stock grainier de la parcelle est capitale et qu'il est très délicat d'obtenir satisfaction en présence de forte population de graminées, dont les repousses de céréales. La gestion des cultures intermédiaires pièges à nitrates (Cipan) est également un facteur clé de réussite des interventions mécaniques précoces, ces

dernières pouvant occasionner des bourrages, voire des repiquages avec certaines espèces. Les réflexions sur la succession des cultures et les travaux pendant l'interculture doivent être mises en avant pour faciliter la mise en place de ces nouvelles techniques d'entretien des cultures.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Le suivi conventionnel** aurait nécessité un traitement chimique supplémentaire.
- **L'expérience de 2019** montre que le désherbage combiné et le tout mécanique sont satisfaisants.
- **Les conditions climatiques** étaient favorables aux nombreux passages mécaniques.
- **Les différents passages d'outils** ont montré une bonne efficacité de 2 à 12 feuilles des betteraves.
- **Le désherbage manuel** est indispensable.

Comparaison d'itinéraires de désherbage et note finale d'efficacité du désherbage – Expérimentation de Saint-Memmie (Marne) en 2019



FICHE PRATIQUE

Désherbage mécanique : choisir le bon matériel

Le désherbage mécanique peut s'effectuer en complément du désherbage chimique. Le remplacement de passages chimiques par du mécanique permet de réduire l'IFT de la culture.

Réussir son désherbage mécanique

Un sol nivelé et rappuyé dès le semis ainsi qu'une population homogène faciliteront le réglage des outils et favoriseront l'efficacité du désherbage mécanique. Pour réussir à désherber mécaniquement le rang de betterave il est nécessaire de créer un décalage de stades entre les betteraves et les adventices en réalisant un ou deux traitements chimiques en plein ou localisé. Les réglages des outils de désherbage mécanique doivent être ajustés selon le type de sol et le stade de la culture. La plage optimale de réalisation d'un désherbage mécanique sur le rang est entre 4 et 10-12 feuilles vraies de la betterave. Avant il y a un risque de perte de pieds, au-delà un risque de blesser des feuilles, qui freinerait le développement de la culture. L'efficacité sur le rang dépend du stade des adventices, elle sera bonne jusqu'au stade cotylédons des adventices. Il est recommandé d'attendre un ressuyage suffisant du sol en cas de pluie pour désherber mécaniquement. Par exemple pour une pluie inférieure à 15 mm il est nécessaire d'attendre un jour pour un limon et jusqu'à quatre jours pour un limon battant.

L'intervention doit avoir lieu en absence de pluie et sans pluies prévues dans les 48 heures suivantes pour éviter un repiquage des adventices.

Efficacité et coût des différentes stratégies

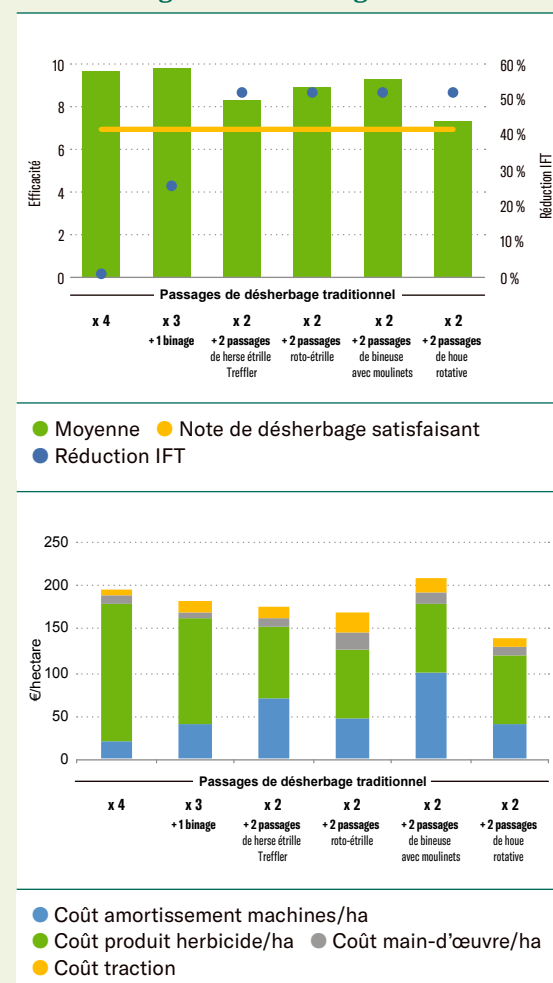
Les graphiques présentés ci-contre montrent l'efficacité, la réduction d'indicateur de fréquence de traitement (IFT) et le coût de six stratégies de désherbage alliant chimique et mécanique. Il est possible d'atteindre jusqu'à 50 % de réduction d'IFT pour les stratégies où deux passages chimiques sont remplacés par deux passages mécaniques. Les coûts pour les stratégies combinées – chimique et mécanique – varient entre 140 € et 208 € par hectare. L'amortissement est calculé sur 50 ha de betteraves pour une durée de quinze ans (dix ans pour les moulinets), avec une estimation d'utilisation selon les conditions climatiques de sept années sur dix. Les coûts sont calculés pour une utilisation uniquement sur betteraves. Il est cependant possible de les réduire en utilisant les outils sur d'autres cultures : la bineuse sur d'autres cultures sarclées et les autres outils sur toutes cultures.

CHIFFRE CLÉ

50 %

Réduction de l'IFT en réalisant deux traitements chimiques et deux passages mécaniques.

Efficacité et coût d'utilisation à l'hectare de six stratégies de désherbage combiné

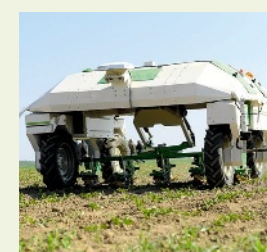


CE QU'IL FAUT RETENIR

- Une population homogène et un sol bien préparé facilitent le désherbage mécanique.
- Intervenir sur un sol ressuyé et sans pluie prévue dans les 48 heures suivantes.
- Adapter le réglage et les équipements au type de sol et au stade de la culture pour un résultat optimal.

ET LES ROBOTS DÉSHERBEURS

Lors de Désherb'Avenir VI à Berny-en-Santerre (Somme) en 2019, le robot de désherbage mécanique du constructeur Naïo Technologies de la Ferme 3.0 était présenté pour biner des betteraves. Ce robot bine de manière autonome les cultures sarclées. Il a l'avantage de limiter le besoin en main-d'œuvre, en revanche le débit de chantier (environ 5 ha par jour) peut être limitant dans certaines



situations. L'ITB continue de suivre des expérimentations avec des robots qui seront présentés lors de la prochaine édition de Désherb'Avenir, en 2021, à La Brosse, Santeau (Loiret).

Conditions d'utilisation des différents outils de désherbage mécanique

	① Bineuse avec moulinets	② Houe rotative	③ Herse étrille avec réglages des dents par ressort	④ Roto-étrille
Stade minimum	4 feuilles	4 feuilles	4 feuilles	4 feuilles
Stade maximum	12 feuilles voire plus en écartant les moulinets	10 feuilles	10 feuilles	10 feuilles
Stade optimum d'intervention sur les adventices	Avant cotylédons étalés	Avant cotylédons étalés	Avant cotylédons étalés	Avant cotylédons étalés
Efficacité sur dicotylédones	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Efficacité sur graminées	Faible sur le rang	Faible	Faible	Faible
Type de sol	Tous sauf cailloux	Éviter en terre de craie ou avec cailloux	Tous sauf cailloux	Tous sauf cailloux
Vitesse de travail	4 à 12 km/h	15 à 20 km/h	4 à 7 km/h	4 à 7 km/h



Bineuse avec moulinets.



Houe rotative.



Herse étrille avec réglages des dents par ressort.



Roto-étrille.

CONSEILS DE SAISON

Les préconisations de l'ITB pour le bore

La betterave présente la spécificité d'avoir des exigences fortes en bore. Il convient d'anticiper des situations de carence, impossibles à rattraper une fois les symptômes observés.

La première étape indispensable pour conduire correctement la fertilisation boratée est de réaliser régulièrement une analyse de sol. Celle-ci renseignera une teneur en bore estimant la biodisponibilité de l'élément pour la culture. En effet, le bore est présent sous différentes formes dans le sol, et toutes ne sont pas accessibles aux plantes. Le conseil de l'ITB repose sur la méthode d'extraction à l'eau chaude (NF X31-122) : attention donc à bien vérifier l'analyse réalisée par le laboratoire. La betterave étant une culture exigeante, il est conseillé de réaliser cette analyse avant son implantation, d'autant plus que le bore est soumis au lessivage. Ainsi est-il primordial d'avoir une valeur de la teneur la plus actualisée possible pour adapter au mieux les apports. Le résultat de cette analyse de sol est croisé avec des facteurs de risque afin d'établir un conseil d'apport (cf. tableau ci-dessous). Le pH et la teneur en carbonates de calcium sont parmi les facteurs les

plus influents pour la disponibilité de cet élément. C'est pourquoi les apports sont majorés dans les situations avec un pH élevé et sont systématisés en cas d'amendement calcaire récent. La texture du sol joue aussi un rôle important. Pour les sols sableux, le bore est davantage soumis au lessivage et les apports sont dès lors également systématisés. Pour des argiles, le bore tend à se trouver majoritairement dans des formes non disponibles pour les plantes : afin d'être corrigées, les situations de carence nécessitent donc des apports plus conséquents que pour les autres types de sol. Pour les apports de bore au sol, les tétraborates de sodium sont les plus adaptés, tandis que pour les apports en végétation, les sels de bore sont assez équivalents entre eux. Pour ces derniers il convient de les réaliser au plus tôt autour de 70 % de couverture : si les calendriers coïncident, les apports de bore sont compatibles avec les produits dés herbants.

- 1 Le noircissement et la mort du point de croissance sont les premiers signes de carence.
- 2 Des carences peuvent conduire au craquellement du feuillage.
- 3 Sous l'effet de carences, la racine se creuse et favorise le développement de pourritures opportunistes.



Préconisations pour la fertilisation bore (figure 1)

1 - le sol	2 - le pH	3 - la teneur du sol en bore soluble (analyse récente)				
		Moins de 0,2 ppm	De 0,2 à 0,3 ppm	De 0,3 à 0,4 ppm	De 0,4 à 0,5 ppm	Plus de 0,5 ppm
Argile, limon argileux	Supérieur à 7,5	Sol 2 kg/ha + vég 0,5 kg/ha	Vég : 2 x 0,5 kg/ha	Vég 1 x 0,5 kg/ha (vég 2 x 0,5 kg/ha si stress hydrique)	Pas d'apport (vég 0,5 kg/ha si stress hydrique)	Pas d'apport
	Inférieur à 7,5	Sol 2 kg/ha + vég 0,5 kg/ha (si stress hydrique)	Sol 1 kg/ha (+ vég 0,5 kg/ha si stress hydrique) ou vég 2 x 0,5 kg/ha	Pas d'apport (vég 0,5 kg/ha si stress hydrique)	Pas d'apport	
Limon moyen	Supérieur à 7,5	Sol 1,5 kg/ha + vég 0,5 kg/ha ou vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 1 x 0,5 kg/ha (+ vég 2 x 0,5 kg/ha si stress hydrique)	Pas d'apport (vég 0,5 kg/ha si hiver ou printemps pluvieux)	Pas d'apport	Pas d'apport
	Inférieur à 7,5	Sol 1,5 kg/ha + vég 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha			
Limon sableux	Supérieur à 7,5	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha	Pas d'apport (vég 0,5 kg/ha si hiver ou printemps pluvieux)	Pas d'apport	Pas d'apport
	Inférieur à 7,5	Sol 1 kg/ha + vég 0,5 kg/ha ou vég 2 x 0,5 kg/ha	Sol 1 kg/ha + vég 0,5 kg/ha			
Sol sableux		Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha
Amendement calcaire très récent (tous types de sol)		Sol 1 kg/ha + vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha
Craie, cranettes		Sol 1 kg/ha + vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 2 x 0,5 kg/ha	Vég 0,5 kg/ha	Pas d'apport (vég 0,5 kg/ha si hiver ou printemps pluvieux)	Pas d'apport

« Sol » = apport à réaliser au sol avec incorporation avant semis
« Vég » = apport par application sur le feuillage, à 70 % de couverture (et deuxième apport éventuel décalé de 2 à 3 semaines).

Attention
Les valeurs seuils des teneurs du sol en bore soluble sont valables pour des analyses de terre obtenues par la méthode normalisée NF X31-122. Cette méthode normalisée est

appliquée par les laboratoires LDAR, Galys, SAS Agro-Systèmes, laboratoire de la chambre d'agriculture du Loiret et laboratoire CAMA.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Réaliser une analyse de teneur en bore avant betterave.** Le conseil de l'ITB se fonde sur la méthode d'extraction à l'eau chaude (NF X31-122) évaluant la biodisponibilité pour les plantes.
- **Croiser cette analyse avec la situation de la parcelle.** Le conseil dépend du type de sol, du pH et de l'apport récent ou non d'amendements calcaires.
- **Intervenir au bon moment.** Une fois les symptômes constatés, la situation est difficilement rattrapable : il est alors nécessaire de bien anticiper les interventions. Les apports en végétation doivent être réalisés au plus tôt autour de 70 % de couverture.

EXPERTISE

Atouts de la betterave dans les rotations culturales



La rotation des cultures est une règle primordiale de la productivité et de la rentabilité des exploitations. Les caractéristiques de chaque culture leur attribuent implicitement une fonction dans la rotation. Quels sont les atouts de la betterave sucrière ?

L'atout alternance

Les alternances de cultures de printemps et d'hiver sont favorables au bon état sanitaire des parcelles. Le retour régulier de la betterave dans une succession de cultures d'hiver perturbe l'installation progressive d'une flore adventice automnale spécialisée. Vis-à-vis du désherbage, la gamme de produits disponibles pour la betterave, ainsi que le développement actuel des techniques de désherbage mécanique complémentaire, permettent d'obtenir des états de propreté parcellaire très satisfaisants (voir BF n° 1098). La qualité du désherbage réalisé dans la culture a un effet positif durable sur la propreté ultérieure de la parcelle. L'alternance de cultures élargit la palette des herbicides disponibles pour une même flore, et prévient donc le risque de résistance des adventices. Face à des populations de ray-grass ou de vulpins, l'Avadex 480 (groupe HRAC^[1] N), Mercantor Gold ou Isard (groupe HRAC K3) diversifient efficacement les modes d'action. Plusieurs herbicides antidi-cotylédones homologués en betterave appartiennent à des groupes HRAC peu représentés dans les autres cultures.

L'atout interculture

La culture de betterave est précédée d'une interculture longue qui peut être mise à profit pour la

Les feuilles de betteraves restituées au sol entretiennent sa fertilité et contribuent à la restitution de carbone organique.

destruction d'adventices vivaces. La perspective de limitations d'usages du glyphosate renforce cet intérêt. Le labour de fin d'automne enfouit des adventices levées sous le couvert d'interculture et participe efficacement à la limitation du développement des graminées dans la rotation. Le couvert piège à nitrates peut aussi prendre une fonction de plante de service et jouer un rôle agronomique : restitution d'azote par une légumineuse associée, apport de carbone au sol, fonctions sanitaires (nématodes, rhizoctone). L'interculture longue est également utile pour réaliser les apports de phosphore et de potasse, de fertilisants organiques et d'amendements minéraux basiques.

L'atout fertilisation

La culture de betterave restitue une part importante des éléments minéraux prélevés, majoritairement contenus dans les feuilles. Si la culture laisse peu d'azote minéral dans le sol après récolte, elle contribue pourtant directement à l'alimentation de la culture suivante par le retour au sol des feuilles, soit entre 100 et 120 kg/ha. Les feuilles fournissent ainsi plusieurs dizaines de kilos d'azote par hectare, selon la période de récolte et la culture qui suit. Les feuilles laissées au champ recyclent également 30 à 35 kg/ha de pentoxyde de phosphore (P_2O_5) et plus de 250 kg/ha d'oxyde de potassium (K_2O).

L'atout carbone

Indépendamment de la production d'agrocarburants substitués aux énergies fossiles, la culture de betterave participe dans des proportions non négligeables à l'apport de carbone et au maintien de la teneur en matière organique du sol. Si les cultures de céréales ou de colza sont les plus

fortes contributrices – environ 10 t/ha de matière sèche restituées par les pailles –, les feuilles de betterave représentent un retour au champ de 5 à 5,5 t/ha. Si on y ajoute la contribution du couvert d'interculture, l'apport total se situe entre 5,5 et 7,5 t/ha de matière sèche.

L'atout enracinement profond

Si le risque de compactage lors de récoltes en conditions humides ne peut être négligé, il tend à faire oublier que la betterave se caractérise par un enracinement profond, pouvant descendre à plus de 1,5 m, un chevelu racinaire développé, et une période de végétation estivale qui maximise la restructuration des horizons profonds par effet de dessiccation des horizons prospectés. La culture de betterave peut donc être un bon outil pour la restructuration du sol en profondeur.

L'atout gestion de l'eau

La betterave sucrière est cultivée sans apports d'eau par irrigation pour plus de 85 % des surfaces. Dans les régions de production du sud de Paris, où l'irrigation est nécessaire, la betterave valorise les équipements en été sans être toujours prioritaire vis-à-vis d'autres cultures d'été comme le maïs, mais en valorisant des apports d'eau opportunistes et ponctuels. En conditions non irriguées, la consommation d'eau par la culture et sa longue durée de végétation ne génèrent pas pour autant un risque de déficit en eau pour la culture qui suit. Pour un sol profond, représentant une réserve utile (RU) de 180 mm, le suivi par modèle de la réserve en eau pendant la culture de betterave jusqu'à la récolte fin octobre, puis pendant les premiers mois de mise en place du blé suivant, montre que la réserve en eau du sol sera complètement reconstituée à la fin février neuf années sur dix en régions Île-de-France et Beauce, et tous les ans en région Hauts-de-France (évaluation sur dix ans, de 1997 à 2006).

[1] Lettres distinctives des groupes herbicides, établies par le Comité d'action pour les résistances aux herbicides (HRAC).

CE QU'IL FAUT RETENIR

- La betterave sucrière diversifie la rotation et élargit la palette des produits herbicides.
- L'interculture qui la précède est une opportunité pour la destruction d'adventices, pour les apports de fertilisants minéraux et organiques et amendements basiques.
- La betterave recycle une part importante des éléments prélevés par restitution des feuilles au sol.
- La betterave contribue au stock organique du sol.
- Elle agit favorablement sur la structure profonde et ne génère pas de déficit en eau pour la culture suivante.