

RÉSULTATS D'ESSAI

Essai de Miermaigne : de nouvelles références pour la fertilisation P, K

L'essai longue durée de Miermaigne pour l'étude de la fertilisation phospho-potassique, conduit par la Chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, est en place depuis 1976.

En 2017, la Chambre d'agriculture et l'ITB Centre se sont associés pour intégrer la betterave sucrière dans l'essai de Miermaigne afin d'étudier son comportement selon différents niveaux de disponibilités en phosphore et en potassium.

Quelques rappels sur le raisonnement de la fertilisation phospho-potassique

Le phosphore joue un rôle majeur dans le fonctionnement biologique des plantes. Il est

notamment impliqué dans le métabolisme énergétique, et il est un constituant de l'ADN et des membranes cellulaires. En fin de cycle, il est essentiellement stocké dans la racine de la betterave et est donc exporté (45 kg/ha en moyenne). Les récoltes successives tendent donc à diminuer le stock en phosphore du sol. A la différence de l'azote, le phosphore est majoritairement présent sous forme inorganique dans les sols cultivés de longue date, et son devenir est principalement lié à des processus physico-chimiques. Il est faiblement présent dans la solution du sol car majoritairement stocké dans la phase solide du sol au sein de minéraux phosphatés, et de groupements de phosphates associés aux constituants du sol. La plante capte le phosphore uniquement dans la solution du sol, réalimentée par la phase solide. Selon la forme et les interactions avec le sol du phosphore stocké, celui-ci est libéré dans

SITUATION DE CARENCE

Plus de 40 ans

sans apport de phosphore et de potassium pour tester la réponse des cultures à des situations de carence.

la solution du sol à des vitesses variées, déterminant ainsi la biodisponibilité pour la plante. Ainsi, le conseil de fertilisation en phosphore est basé sur des analyses de teneurs d'éléments biodisponibles (Olsen, Joret-Hebert), interprétées selon le type de sol et l'exigence de la culture, et couplées aux besoins de la culture. L'exigence, sensibilité de la plante aux situations carencées, est considérée comme élevée pour la betterave.

Les apports peuvent être réalisés à l'automne ou au printemps. Cependant, pour des teneurs relativement faibles, notamment en sols de craie, un apport de printemps sera préférable. Les engrais avec une bonne solubilité dans l'eau, de type superphosphates, sont à privilégier. Le potassium est, lui, principalement impliqué dans la régulation osmotique, dans la synthèse protéique et dans l'activation d'enzymes. Il joue un rôle important dans le contrôle de l'ouverture des stomates. Les exportations de potassium liées à la récolte de betterave sont très conséquentes, de l'ordre de 150 kg/ha contre 45 kg/ha pour le phosphore. Contrairement à l'azote, il ne nécessite pas d'hydrolyse organique et quitte donc rapidement les résidus de culture.

Le potassium est un élément abondant dans les sols, stocké en grande partie dans les feuillettes d'argile. Comme pour le phosphore, le potassium biodisponible est celui présent dans la solution du sol au cours du cycle de la plante. Le conseil repose donc aussi sur une valeur de teneur en potassium échangeable, couplé au type de sol, à l'exigence et aux besoins de la plante. La betterave est classée dans les cultures d'exigence élevée.

Les apports peuvent être réalisés au printemps ou à l'automne. Pour une dose élevée, compte tenu du risque de désagrégation des mottes, un apport à l'automne sera à privilégier. En cas de forte fertilisation potassique (>250kg/ha), un apport de magnésium devra être fait au printemps (30-40 kg/ha).

Tableau 1 - Modalités d'apport de phosphore de l'essai de Miermaigne

| Modalités d'apport de phosphore | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| P0 | P1 | P2 | P3 |
| Pas d'apport depuis 1976 | 60 U/ha/an de phosphore depuis 1976 | 120 U/ha/an de phosphore depuis 1976 | Pas de phosphore depuis 1993 (210 U/ha/an de 1976 à 1993) |

Fig. 1 - Rendement en sucre selon les apports de phosphore

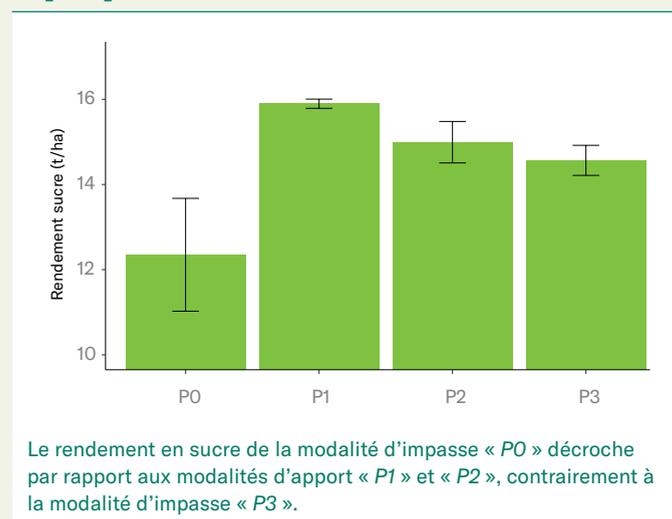
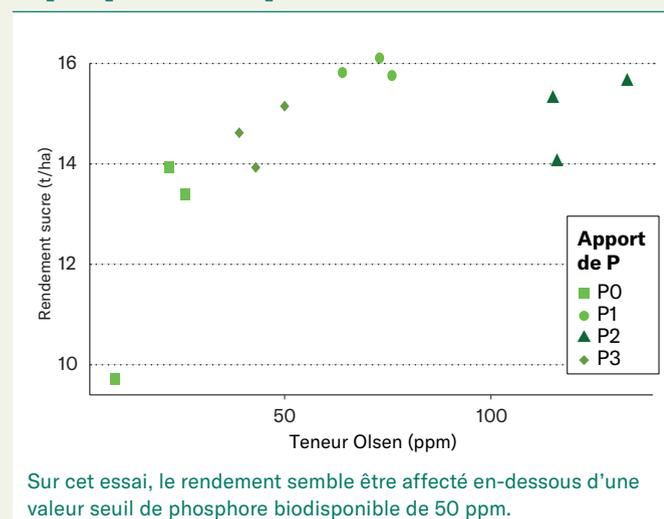


Fig. 2 - Rendement en sucre en fonction des teneurs en phosphore bio-disponible au stade 2-6 feuilles



FERTIBET, L'OUTIL POUR LA FERTILISATION PHOSPHO-POTASSIQUE

Retrouvez Fertibet dans la rubrique « Outils » du site www.itbfr.org. Il vous permettra de déterminer la bonne dose à apporter en fonction de votre type de sol, de vos teneurs en phosphore et potassium, et des cultures précédentes.

Pour plus d'informations, vous pouvez aussi vous référer au guide de culture de l'ITB disponible sur ce même site internet dans la rubrique « Publications ».



Un essai qui révèle l'effet des teneurs en phosphore sur le rendement betteravier

Dans cet essai mené par la délégation ITB Centre, le constat est fait d'un effet modéré sur le rendement de faibles valeurs de disponibilité en phosphore. Ceci relativise le classement de la betterave par le Comifer comme une culture exigeante vis-à-vis du phosphore. Cet essai longue durée, positionné sur des limons lessivés, présente deux modalités d'impasse sur l'apport de phosphore depuis plusieurs dizaines d'années (cf. tableau 1).

Les résultats sont donnés dans les figures 1 et 2. La première figure donne le rendement en sucre en fonction de la modalité d'apport de phosphore, la seconde en fonction de la teneur Olsen au stade 2-6 feuilles, stade auquel les états de carence sont généralement les plus marqués et auquel le retard de croissance se joue.

La modalité « P0 », sans apport depuis 1976, décroche avec un rendement sucre moyen aux alentours de 12 t/ha. Ce décrochage est principalement dû à une parcelle avec une teneur en phosphore biodisponible très faible à 9 ppm (cf. fig. 2).

Il est cependant étonnant de noter les très faibles écarts entre les modalités « P1 », « P2 » et « P3 ». Certes, la modalité « P3 » a reçu de fortes doses de phosphore avant 1993, mais depuis, aucun apport n'a été réalisé. Il en résulte des teneurs en phosphore biodisponibles légèrement moindres que pour les deux autres modalités mais insuffisantes pour détecter un écart de rendement conséquent.

En bref, cet essai est très parlant car il nous offre une large gamme de valeurs de biodisponibilité en phosphore dans le sol. Il fait ressortir une valeur seuil aux alentours de 50 ppm en-dessous de laquelle le rendement peut être affecté. Bien entendu, ce seuil ne peut en aucun cas être généralisé à toutes les situations et doit être confronté à d'autres résultats expérimentaux. De plus, il est important de

modérer les conclusions par rapport aux teneurs en éléments disponibles et aux apports réalisés au cours du temps. En effet, de légers phénomènes de pollution dus aux effets de bordure peuvent se produire entre les micro-parcelles de l'essai. Ces dernières ne sont donc pas des représentations exactes de parcelles sur lesquelles aucun apport n'aurait été réalisé pendant deux ou quatre décennies. Cependant, l'homogénéité des valeurs de teneurs les rend tout à fait exploitables vis-à-vis de l'analyse de l'exigence de la betterave pour le phosphore. Un travail de synthèse des expérimentations récentes pourrait amener à reconsidérer l'exigence de la culture et les préconisations associées.

Une réponse au potassium assez faible

De même que pour le phosphore, quatre modalités d'apport sont présentes sur l'essai, dont deux correspondent à des impasses (cf. tableau 2).

Les résultats sont présentés dans les figures 3 et 4. Les modalités « K1 » et « K2 » présentent un rendement sucre légèrement supérieur aux modalités « K0 » et « K3 » (fig. 3), du fait d'une richesse plus élevée. Cependant, il est étonnant de constater que la betterave ne décroche que très peu pour la modalité « K0 » alors que les teneurs observées sont relativement faibles (fig. 4), et que le décrochage de la modalité « K3 » est à relier à une teneur en K échangeable correcte, aux alentours de 270 ppm (ou 0,270g/kg). Là encore, il est nécessaire de modérer les conclusions de ces résultats. En effet, l'essai est positionné sur des limons lessivés, avec une teneur en argile qui augmente avec la profondeur. La betterave, au cours de son développement, va donc accéder à une réserve en potassium plus importante, non prise en compte dans l'analyse faite sur 0-20 cm. Cette caractéristique particulière du sol de Miermaigne sort du champ d'application de la méthode Comifer. Elle autorise une impasse durable.

RENDEMENT

- 40%

perte de rendement maximale observée pour la betterave en 2017 sur l'essai, du fait d'une carence en phosphore.

- 3%

l'écart de rendement moyen entre une modalité d'apport de 60 U de phosphore par an et une modalité d'impasse depuis 20 ans sur un sol précédemment surfertilisé.

EXPERTISE « Symptômes de carence en phosphore : halte aux idées reçues ! »

Patricia Huet et Thierry Savoie de la Chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir reviennent sur leurs observations de carence en phosphore sur l'essai de Miermaigne.



Dans l'expérimentation de Miermaigne, pour les témoins sans apport de phosphore depuis 1976, avec une teneur aux alentours de 20 ppm (méthode Olsen), nous n'avons jamais observé ces symptômes de rougissement. Les carences se sont exprimées par une biomasse beaucoup plus faible des plantes sans retard de stade. En 2017, sur betterave, le constat a été identique, comme l'illustrent les photographies.

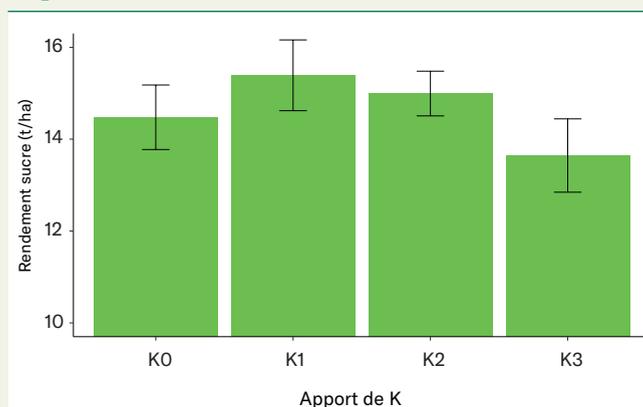
Au 20 mai, les betteraves étaient au stade 6 feuilles. Nous avons observé des carences bien visibles uniquement sur les micro-parcelles avec impasse de phosphore depuis 1976 : les betteraves sont au même stade, de couleur verte, mais ont un développement végétatif beaucoup plus faible que les autres modalités.



Tableau 2 - Modalités d'apport de potassium

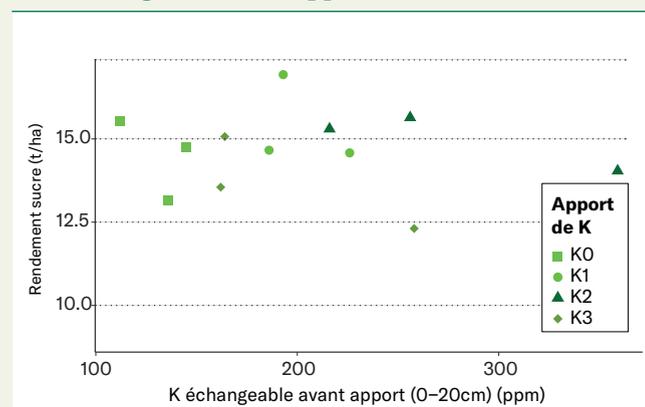
| Modalités d'apport de potassium | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|---|
| K0 | K1 | K2 | K3 |
| Pas d'apport depuis 1976 | 50 U/ha/an depuis 1976 | 100 U/ha/an depuis 1976 | Pas de potasse depuis 1993 (370 U/ha/an de 1976 à 1993) |

Fig. 3 - Rendement en sucre selon les apports de potassium



Les modalités d'impasse (« K0 » et « K3 ») présentent des rendements en sucre plus faibles que les deux autres modalités du fait d'une richesse en sucre moindre.

Fig. 4 - Rendement en sucre en fonction des teneurs en K échangeable avant apport



La teneur en argile augmentant avec la profondeur sur le site de Miermaigne, le rendement n'est pas affecté par des teneurs en potassium échangeable faibles mesurées sur l'horizon 0-20cm.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Analyses de sol.** Les doses de fertilisants dépendent du sol et des analyses de teneur en éléments disponibles
- **Type d'engrais.** Choisir pour le phosphore des formes d'engrais très solubles, de type superphosphates.
- **Fertibet.** L'outil pour la fertilisation phospho-potassique.
- **Recherche.** Des travaux sont à mener pour recalibrer les exigences de la betterave en phosphore et potassium, en s'appuyant sur les références expérimentales de l'ITB.

CONSEIL DE SAISON

Désherbage mécanique

La betterave est une culture exigeante et souffre de la moindre concurrence des adventices. L'ITB étudie différentes méthodes afin de réduire les usages d'herbicides tout en conservant des parcelles propres et sans adventices.

Stratégies herbicides et désherbage mécanique

Il est possible de réduire les quantités d'herbicides sur betteraves grâce à différentes stratégies de désherbage. De nombreux itinéraires permettent de concilier les deux objectifs que sont la réduction d'herbicides et la propreté finale des parcelles. Deux types de stratégies de désherbage correspondent aux deux objectifs :

1/Le désherbage mécanique sur le rang

Après deux à trois traitements de post-émergence (à partir du stade 4 feuilles de la betterave), biner sur toute la largeur (rang et inter-rang) devient possible avec des matériels spécifiques (houe rotative, herse étrille avec réglages des dents par ressort, bineuse équipée de moulinsets ou rotoétrilles).

Les passages de ces machines présentent des risques de pertes de plantes lorsqu'ils sont réalisés avant le stade 4 feuilles de la culture, de l'ordre de 5 à 20 % selon les situations. Il convient donc d'intervenir avec des herbicides chimiques jusqu'à ce stade pour contenir les levées d'adventices. Au-delà du stade 10-12 feuilles, les machines occasionnent des dégâts sur les betteraves.

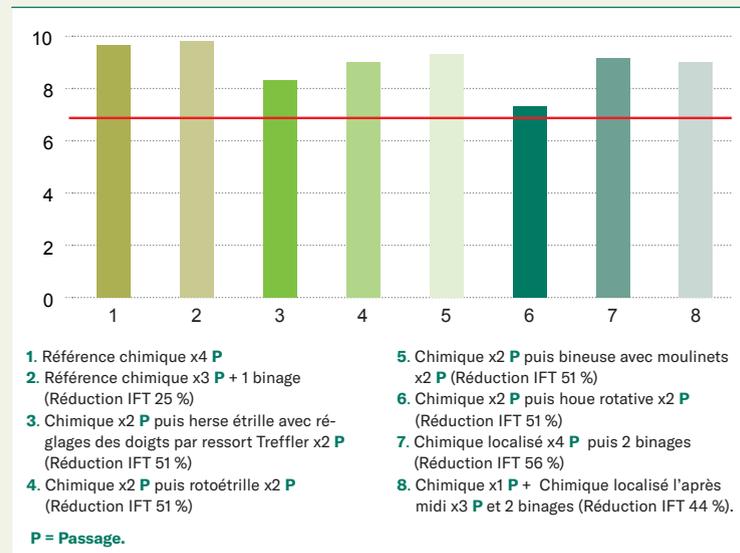
Les passages mécaniques exigent un bon nivellement du sol et l'efficacité des interventions est largement tributaire des conditions météorologiques. Les résultats sont peu probants si les sols sont trop secs mais un minimum de temps sec est nécessaire après le passage mécanique (2 à 3 jours).

L'efficacité des machines travaillant sur le rang des betteraves est très dépendante du stade des adventices au moment de l'intervention. Elle est bonne avant le stade 2 feuilles des adventices et peut chuter rapidement lorsque les adventices le dépassent. L'efficacité de ces machines est faible sur les adventices vivaces et les graminées qui doivent être gérées dans la rotation et maîtrisées dans la culture par les traitements herbicides spécifiques.

2/La localisation des herbicides

Cette deuxième technique complétée par du binage sur l'inter-rang amène une plus forte réduction d'IFT (Indice de fréquence de traitements). Cette méthode permet de traiter uniquement le rang des betteraves avec une rampe localisée. Les traitements sont effectués avec les mêmes produits, mêmes doses rapportées à la surface traitée et aux mêmes stades d'interventions que le traitement généralisé.

Notation d'efficacité sur 10 des différentes modalités de désherbage mécanique (7 sur 10 étant la limite de satisfaction)



Présentation d'un essai ITB de désherbage mécanique combiné

Un essai de désherbage mécanique combiné a été mis en place lors de Désherb'Avenir IV en Normandie (2015). Les résultats montrent que lorsque le climat n'est pas limitant, il existe des possibilités de réduction de l'utilisation des herbicides avec le désherbage mécanique combiné sans compromettre la propreté des parcelles. Les interventions ont pu être réalisées au bon moment et dans de bonnes conditions sur des adventices jeunes, favorisant l'efficacité des différents matériels.

Le remplacement de la dernière post-émergence par un passage de bineuse dans l'inter-rang permet de réduire l'IFT herbicide de 25 % avec une note d'efficacité similaire au tout chimique. Cela confirme les résultats des années antérieures. Dans cet essai et comme souvent dans les essais des dernières années, la bineuse équipée de moulinsets présente la meilleure efficacité.

En ce qui concerne la dernière modalité, la première post-émergence appliquée en généralisé a facilité le contrôle des adventices sur l'inter-rang par la bineuse. Dans cette modalité, les traitements localisés sur le rang l'après-midi n'ont pas montré de baisse d'efficacité contrairement à d'autres résultats d'essais.

Vous trouverez dans la page suivante les caractéristiques des différents types de matériels permettant le désherbage mécanique combiné sur betteraves.

CHIFFRES CLÉS

50%

Diminution de l'IFT avec les techniques de désherbage mécanique combiné.

2019

6^e édition de la manifestation Désherb'Avenir dans la Somme.

L'EXEMPLE DE LA NORMANDIE

L'ITB Normandie constate que ces dernières années, dans la région normande, des investissements ont été réalisés sur des bineuses équipées de moulinsets. Le retour d'expérience est très différent suivant les années. Les conditions météorologiques sont prépondérantes afin d'intervenir au bon moment, c'est-à-dire sur des betteraves entre 4 et 12 feuilles et des adventices jusqu'au stade cotylédons. En connaissant ces contraintes, il est primordial d'observer régulièrement la présence et le niveau de développement des adventices (dès le stade fil blanc) et d'anticiper pour pouvoir profiter des fenêtres météo favorables. Le réglage du matériel, en particulier les moulinsets, est également essentiel pour obtenir un résultat satisfaisant. Les résultats d'essais mis en place depuis 2010 sur la région, ont montré une efficacité très satisfaisante de cette technique.

Une autre possibilité qui est trop peu utilisée aujourd'hui est la suppression du dernier traitement herbicide de post-émergence grâce à un ou deux binages d'inter-rang. Cette technique est plus facile à mettre en œuvre (efficace sur des adventices plus développées, jusqu'à 4-6 feuilles) avec un investissement limité même si la réduction finale est moindre.



CE QU'IL FAUT RETENIR

- L'intégration de moulinsets peut remplacer plusieurs traitements chimiques et permet de très bons résultats.
- Les houes rotatives, herses étrilles avec réglages des dents par ressort ou les roto-étrilles moins spécifiques à la betterave peuvent également travailler sur d'autres cultures.
- Localiser les herbicides permet d'obtenir également de bons résultats techniques en terme de propreté et de réduction d'IFT.
- De bonnes conditions météorologiques sont essentielles pour un bon travail.
- Être réactif afin de profiter des fenêtres météorologiques favorables.
- Réduction de l'IFT entre 20 et 60 % suivant les machines.

FICHE PRATIQUE

Quel matériel
pour un désherbage
combiné ?

Un passage de bineuse réalisé en fin de période de désherbage en remplacement du dernier traitement chimique permet une réduction de l'Indice de fréquence de traitement (IFT) de -20%. Pour aller plus loin, il existe plusieurs options techniques : en désherbant

mécaniquement ses betteraves sur le rang ou en localisant la bouillie sur le rang. En fonction de son contexte pédo-climatique et de son système de culture, un matériel de désherbage mécanique ou de localisation peut être plus adapté qu'un autre.

Traitement localisé



Cet outil pulvérise les produits herbicides sur le rang. Cela permet de diminuer les quantités de matières actives par hectare. Plusieurs binages de l'inter-rang sont nécessaires.

Rampe de localisation

Avantages

- Bonne maîtrise des adventices présentes sur le rang.
- Réduction de l'IFT de 50 à 66 %.
- Grandes fenêtres de travail.
- Moins de dérive, matières actives mieux valorisées.

Inconvénients

- Nombre d'interventions plus élevé, ce qui augmente le temps de travail à l'hectare.
- Les fenêtres climatiques pour le binage peuvent être limitées en cas de printemps humide.

Désherbage mécanique sur le rang



Cet outil se compose de bras montés sur ressorts, sur lesquels reposent des « étoiles ». Les bras sont réglables hydrauliquement depuis la cabine, pour régler l'agressivité du travail au stade de la betterave.

Roto-étrille

Avantages

- Travail sur toute la largeur de l'outil.
- Utilisable sur d'autres cultures.
- Peut travailler en présence de résidus de culture.
- Réduction possible de l'IFT de 25 à 50 %.

Inconvénients

- Non efficace sur les graminées.
- Agressif sur les betteraves à un stade inférieur à 4 feuilles.
- Pertes de pieds importantes si mauvais réglages.
- Non efficace sur les adventices développées.



Une herse étrille avec réglage de la pression des dents par ressort se compose de fines dents qui travaillent le sol en surface. Chaque dent est réglée par un ressort individuel.

Herse étrille avec
réglages des dents
par ressort

Avantages

- Polyvalente, car utilisable sur d'autres cultures en lignes ainsi que sur céréales.
- Réglages fins possibles.
- Réduction de l'IFT de 40 à 50 %.
- Largeur de travail élevée.

Inconvénients

- Agressif sur les betteraves à un stade inférieur à 4 feuilles.
- Non efficace sur les adventices développées et les graminées.



Cet outil se compose d'une bineuse traditionnelle, qui travaille l'inter-rang. Elle peut être complétée par des dispositifs permettant de protéger les plantes à un stade jeune. Afin de travailler sur le rang, cette bineuse est équipée de moulins en caoutchouc.

Bineuse traditionnelle
(avec moulins)

Avantages

- Efficace sur l'inter-rang.
- Efficace sur le rang avec un réglage précis sur des adventices au stade cotylédons.
- Réduction possible de l'IFT de 40 à 50 %.

Inconvénients

- Moulins agressifs sur des betteraves à un stade inférieur à 4 feuilles.
- Très peu efficace contre les graminées sur le rang notamment.
- Prix d'investissement du matériel (moulins notamment).



La houe rotative travaille sur toute la largeur de l'outil, elle est constituée de roues en forme d'étoile équipées de cuillères. Ces dernières vont s'enfoncer et projeter des particules de sol en travaillant à grande vitesse, ce qui va déraciner et détruire les adventices.

Houe rotative

Avantages

- Polyvalent, ce matériel est utilisable sur d'autres cultures.
- Important débit de chantier grâce à la vitesse de travail (15-18 km/h).
- Réduction de l'IFT de 40 à 50 %.

Inconvénients

- Outil agressif sur les betteraves avant le stade 4 feuilles.
- Non efficace sur les graminées.
- Efficacité plus faible que les autres matériels
- Nécessite de travailler sur un sol bien rattaché.