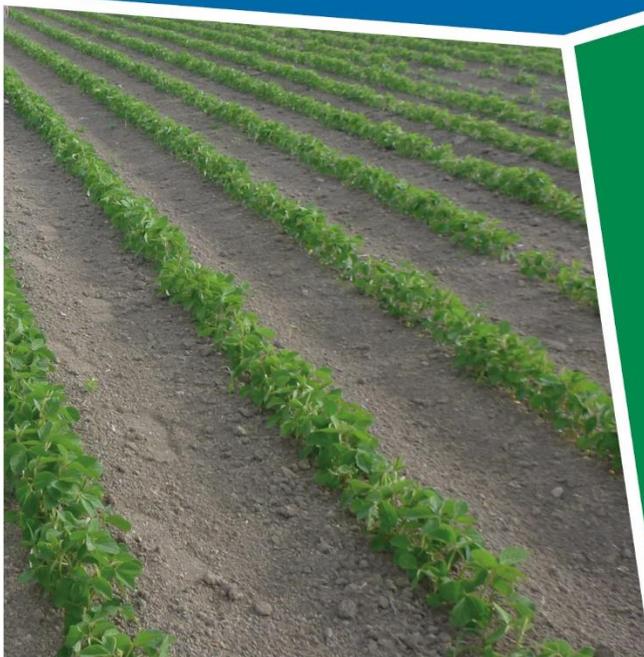




DÉSHERBAGE MÉCANIQUE
FICHE TECHNIQUE



LA HOUE ROTATIVE

Rédaction : Jofroi Desperrier-Roux, agronome et Anne Weill, Ph.D., agronome

Experts : Jean-Pierre Hivon, agronome, Murielle Bournival, agronome, Martine Amyot, agronome et Alexandre Tourigny, agronome

Révision : Martine Amyot, agronome, Jean Duval, Ph.D., agronome, Gilles Gagné, M.Sc., agronome et Denis La France, d.t.a.

Cette fiche a été réalisée grâce au soutien financier du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Nous remercions également de nombreuses entreprises agricoles en grandes cultures en mode biologique pour leurs importantes contributions aux développements et améliorations d'outils de désherbage mécanique.

Avril 2020, 1^{re} édition

TABLE DES MATIÈRES

Lien pour les vidéos	2
Pourquoi utiliser la houe rotative.....	3
Description.....	4
Le porte-outil et la barre transversale	5
Les supports.....	5
Les roues étoilées	5
Modèles conçus pour travailler en présence de résidus.....	5
Mode de fonctionnement	6
Conditions d'utilisation : état du sol et de la culture	9
Sols et résidus de culture	9
Préparation du sol	10
Précision du semis.....	11
Stratégies et stades des cultures.....	11
Ajustement de l'outil	14
Porte-outil.....	14
Profondeur des roues étoilées	14
Vitesse d'avancement	15
Dépannage.....	16

LIEN POUR LES VIDÉOS

Houe rotative simple par François Lalonde, Ferme Ancestrale 1793 inc.

<https://youtu.be/Se-Tp12gzh8>

Houe rotative double

<https://youtu.be/fiinqOByZl>

POURQUOI UTILISER LA HOUE ROTATIVE

La houe rotative, aussi appelée picotteuse, a d'abord été conçue pour briser la croûte de battance qui se forme à la surface de certains sols. Aujourd'hui, cet outil est largement utilisé pour le désherbage précoce sur les fermes de grandes cultures en mode biologique.

Comme la herse étrille, cet outil permet de désherber l'ensemble de la surface cultivée. On parle parfois de « désherbage à l'aveugle » puisque la précision n'est pas recherchée. Pourtant, son utilisation vise principalement à réprimer les mauvaises herbes sur le rang des cultures qui deviennent difficilement atteignables par la suite avec les sarclours d'entre-rangs. Les principaux avantages de la houe rotative sont les suivants :

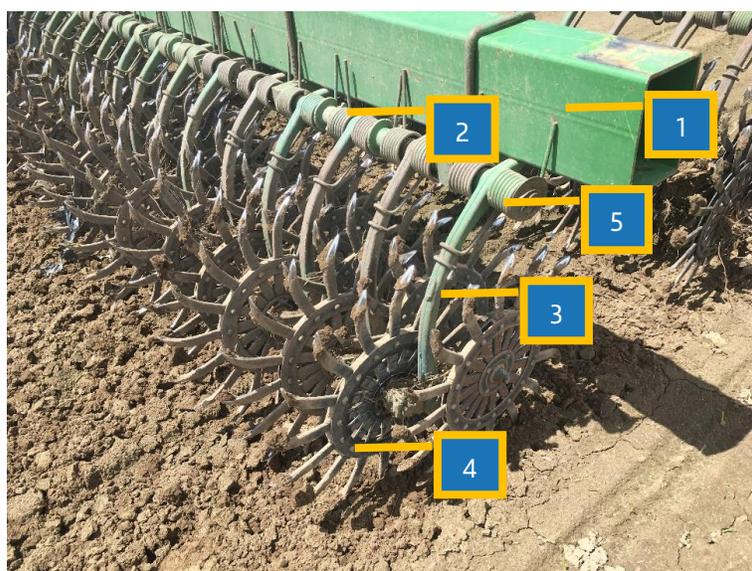
- Elle est un des rares outils (avec la herse-étrille) qui permet de désherber en post-levée les mauvaises herbes ayant germé très tôt, souvent en même temps que l'émergence de la culture ou très peu de temps après;
- Elle permet le désherbage un peu plus tôt que la herse-étrille parce qu'elle est moins agressive;
- Comme la herse-étrille, elle permet de désherber sur le rang;
- Sa conception est simple;
- La houe simple (c'est-à-dire avec une seule rangée de roues étoilées) est légère et ne nécessite pas un tracteur très puissant;
- Elle est facile à ajuster;
- Elle permet une vitesse d'avancement très rapide, et donc de couvrir une très grande surface en peu de temps;
- Elle permet d'ameublir le sol afin d'améliorer l'efficacité des autres équipements de sarclage;
- Son usage est possible en présence de résidus, contrairement à la herse étrille qui exige un sol relativement exempt de résidus.

Cet équipement n'est toutefois pas recommandé dans les situations suivantes :

- Lorsque le stade des mauvaises herbes est trop avancé (1-2 feuilles);
- Lorsque le stade de la culture est trop avancé : la houe causera alors des dommages trop importants à la culture;
- Lorsque les sols sont très légers, car la houe ne touche le sol que partiellement. Elle ne laisse que des « picots » sans soulever de petites mottes de sol. La herse-étrille est alors une meilleure option;
- Lorsque la mauvaise herbe principale à contrôler est une vivace déjà bien établie.

DESCRIPTION

La houe rotative simple est composée d'un porte-outil et d'une barre transversale qui sert d'attache pour de nombreux supports auxquels sont attachées deux roues étoilées en métal, alternées sur deux lignes (Figure 1). Certains producteurs agricoles construisent eux-mêmes des houes rotatives simples, doubles ou triples (Figure 2). Pour la houe double, deux porte-outils portant les roues étoilées sont jumelés. Pour la houe triple, il y a deux porte-outils jumelés qui portent les roues étoilées en arrière du tracteur et un porte-outil en avant du tracteur qui porte aussi des roues étoilées. Les houes doubles sont beaucoup plus lourdes que les houes simples. Certaines houes rotatives sont équipées de roues de profondeur.



1. Cadre porte-outil
2. Barre transversale
3. Support
4. Roue étoilée
5. Ressort

Figure 1. Détail des bras de support, ressorts et roues étoilées



Houe simple



Houe double



Figure 2. Vue d'ensemble des trois versions de houes rotatives : simple, double et triple

LE PORTE-OUTIL ET LA BARRE TRANSVERSALE

Le porte-outil est un tube carré robuste composé d'une ou trois sections repliables selon la taille. Le porte-outil peut être équipé de roues de profondeur qui supportent le poids de l'équipement. La barre transversale fixée au porte-outil est cylindrique. Elle est juste en arrière de ce dernier et lui est parallèle. Les supports des roues étoilées y sont fixés.

LES SUPPORTS

Les supports, en forme de bras courts et légèrement courbés, font le lien entre la barre transversale et les roues étoilées. En général il y a deux roues étoilées par bras. Ils peuvent pivoter autour de la barre transversale et sont équipés de ressorts qui assurent une pression des roues étoilées sur le sol, améliorant ainsi la pénétration des pointes d'étoile ou « cuillères ». Les ressorts peuvent être simples ou doubles.

LES ROUES ÉTOILÉES

Les roues étoilées mesurent environ 50 cm (20 po) de diamètre et sont fixées sur un roulement à billes scellé et encastré dans les supports. L'extrémité de chaque branche de l'étoile est moulée en forme de cuillère : cette cuillère a pour fonction de creuser dans le sol et d'en projeter un peu. Il est important de respecter les normes d'usure prescrites par le fabricant afin de s'assurer de l'efficacité des cuillères et de l'effet de projection.

MODÈLES CONÇUS POUR TRAVAILLER EN PRÉSENCE DE RÉSIDUS

Il existe des modèles de houe rotative conçus pour limiter le bourrage lorsqu'il y a beaucoup de résidus (Figure 3). Dans ce cas, un bras sur deux est beaucoup plus long. Également, chaque bras n'est équipé que d'une seule roue étoilée, ce qui permet d'augmenter l'espacement entre celles-ci.



Figure 3. Houe simple conçue pour travailler dans des résidus; les roues en étoile sont beaucoup plus décalées longitudinalement les unes par rapport aux autres

MODE DE FONCTIONNEMENT

La houe rotative contrôle les mauvaises herbes en projetant des petites mottes de sol contenant des plantules de mauvaises herbes et aussi en déracinant directement les plantules grâce aux cuillères des roues étoilées (Figure 4, Figure 5). Il faut une période de temps sec après ce désherbage afin que les mottes de sol sèchent, sinon les plantules peuvent se réenraciner. De plus, certaines mauvaises herbes sont enterrées par l'opération.

Les houes rotatives doubles et triples permettent de faire un désherbage plus agressif que la houe simple. La première houe a pour effet d'ameublir le sol, ce qui rend le passage de la deuxième houe, et s'il y a lieu de la troisième, beaucoup plus efficace.



Figure 4. Mottes de sol créées par le passage de la houe en post-levée hâtive du maïs (stade allumette¹); les mauvaises herbes sont soulevées avec les mottes et vont idéalement sécher au soleil

¹ Stade allumette : à ce stade le maïs pointe en dehors du sol et son petit cornet est encore bien enroulé. Normalement le premier passage se fait au stade 1 à 2 feuilles. Passer la houe au stade allumette peut être risqué, mais si la pression de mauvaises herbes est très importante, ce choix peut être justifié.



Figure 5. Mauvaises herbes avant et après passage d'une houe triple



Figure 6. Effet du passage d'une houe rotative double en post-levée hâtive du maïs (stade 2 feuilles) visible du côté gauche de la photo

CONDITIONS D'UTILISATION : ÉTAT DU SOL ET DE LA CULTURE

SOLS ET RÉSIDUS DE CULTURE

Les types de sols idéaux pour cet équipement sont les sols limoneux ou argileux (incluant certains loams) parce que l'effet de déracinement par projection du sol par la cuillère demande une certaine cohésion des particules du sol. La houe rotative travaille bien dans les sols croulés ou motteux.

Les sols de surface compactés ou les argiles trop sèches rendront la pénétration des cuillères difficile si les ressorts ne sont pas doublés et en bon état. Pour ce type de conditions de sol, l'utilisation des houes rotatives doubles ou triples, des outils plus lourds que la houe simple, augmentera grandement la capacité de pénétration du sol par les cuillères. Notons également qu'une présence élevée de pierres peut endommager les cuillères.

L'effet de la houe rotative dans les sols légers (loams sableux, sables loameux) est partiel, le sol n'étant souvent pas déplacé entre le passage de deux roues étoilées (Figure 7). De plus, dans les sols sableux peu structurés, les cuillères auront tendance à pénétrer trop profondément dans le sol ce qui diminue grandement l'effet de projection.

Étant donné le grand nombre de roues étoilées et de la faible distance entre celles-ci, cet appareil est susceptible aux bourrages lorsqu'il y a une présence élevée de résidus de culture. S'il y a lieu, il faut également se méfier des cordes de balles de foin qui peuvent s'entortiller autour des roues étoilées.



Surface du sol après un passage de houe en sol lourd ou crouté; toute la surface du sol a été soulevée

Surface du sol après un passage de houe en sol léger; l'effet des cuillères sur le sol est inefficace (trous ou « picottage » dans le sol laissé par les cuillères)

Figure 7. Effet de la houe rotative dans un sol lourd et dans un sol léger

PRÉPARATION DU SOL

De façon générale, sauf pour les sols légers, la limite maximale de la profondeur de travail des roues étoilées sera définie par la profondeur du travail de préparation du sol pour les semis (Figure 8). Selon la culture, cette préparation du sol de surface est effectuée jusqu'à une profondeur de 5 à 7 cm (2 à 3 po) afin de pouvoir faire un semis aussi uniforme que possible. La profondeur de travail de sol devrait être légèrement inférieure à la profondeur visée du semis afin que la semence soit déposée juste un peu en dessous du lit de semence.

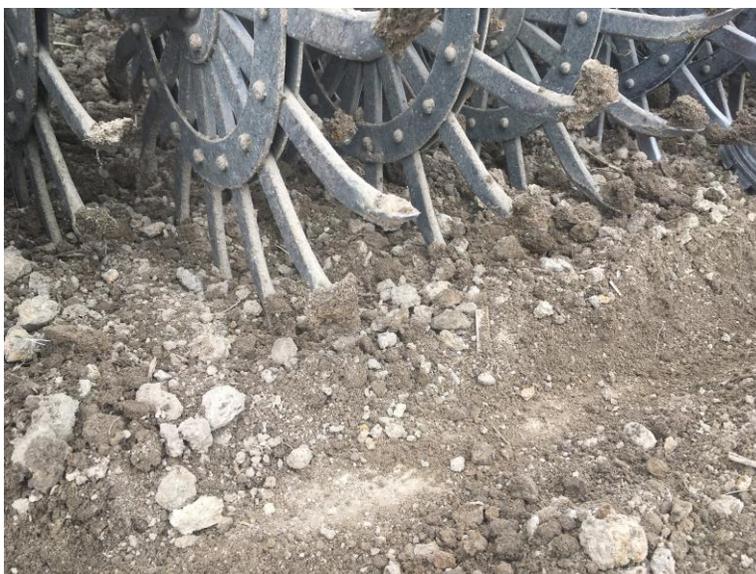


Figure 8. Base de travail de sol visible : le travail de la houe se fait uniquement jusqu'à cette profondeur sauf en sol léger

PRÉCISION DU SEMIS

Puisque la houe rotative travaille à la fois sur le rang et dans l'entre-rang, la précision du semis (lignes droites et distance entre-rangs) n'est pas importante lors de la conduite du tracteur étant donné qu'il n'est pas requis de suivre les lignes. Cependant, la profondeur du semis doit être très uniforme afin qu'on puisse ajuster adéquatement la profondeur de travail de la houe rotative. Comme l'uniformité de la profondeur de semis dépend beaucoup de celle du lit de semence, il faut donc s'assurer d'abord d'avoir un lit de semence d'une profondeur constante.

STRATÉGIES ET STADES DES CULTURES

La houe rotative peut être passée en pré-levée, mais elle est surtout utilisée en post-levée. En général, c'est le premier outil de désherbage qui peut être utilisé après la levée de la culture. Son passage est une intervention primordiale pour le désherbage sur le rang puisqu'elle détruit les petites mauvaises herbes.

Il faut toujours s'assurer que toutes les mauvaises herbes aient été complètement arrachées et détruites juste avant le semis (au maximum 2 jours avant le semis) afin que les mauvaises herbes présentes lors du désherbage mécanique subséquent soient à un stade vulnérable.

La houe rotative doit être utilisée lorsque les mauvaises herbes sont au stade cotylédon, et ce jusqu'au stade 2 feuilles. Dès que les mauvaises herbes atteignent le stade 2 feuilles, son efficacité diminue. La période optimale pour passer la houe est donc assez courte. Il faut intervenir le plus tôt possible, soit dès que la culture est assez résistante à ce type de passage. Les houes rotatives doubles ou triples sont plus efficaces que la houe simple pour détruire les

mauvaises herbes au stade 2 feuilles. Par contre, comme la houe simple est beaucoup plus légère, il est possible de l'atteler à un petit tracteur et ainsi pouvoir intervenir plus rapidement après une pluie. Selon la situation, 1 à 3 passages de houe rotative sont effectués très tôt dans la saison.

Le stade visé de la culture lors du premier passage est indiqué dans le Tableau 1. Les passages suivants sont décidés uniquement en fonction de la pression et du stade des mauvaises herbes. Comme la houe est peu efficace sur les mauvaises herbes ayant dépassé le stade 2^e vraie feuille, elle est utilisée en début de croissance de la culture et à des intervalles courts et réguliers. En général, il est possible de passer un peu plus tôt avec la houe rotative qu'avec la herse-étrille.

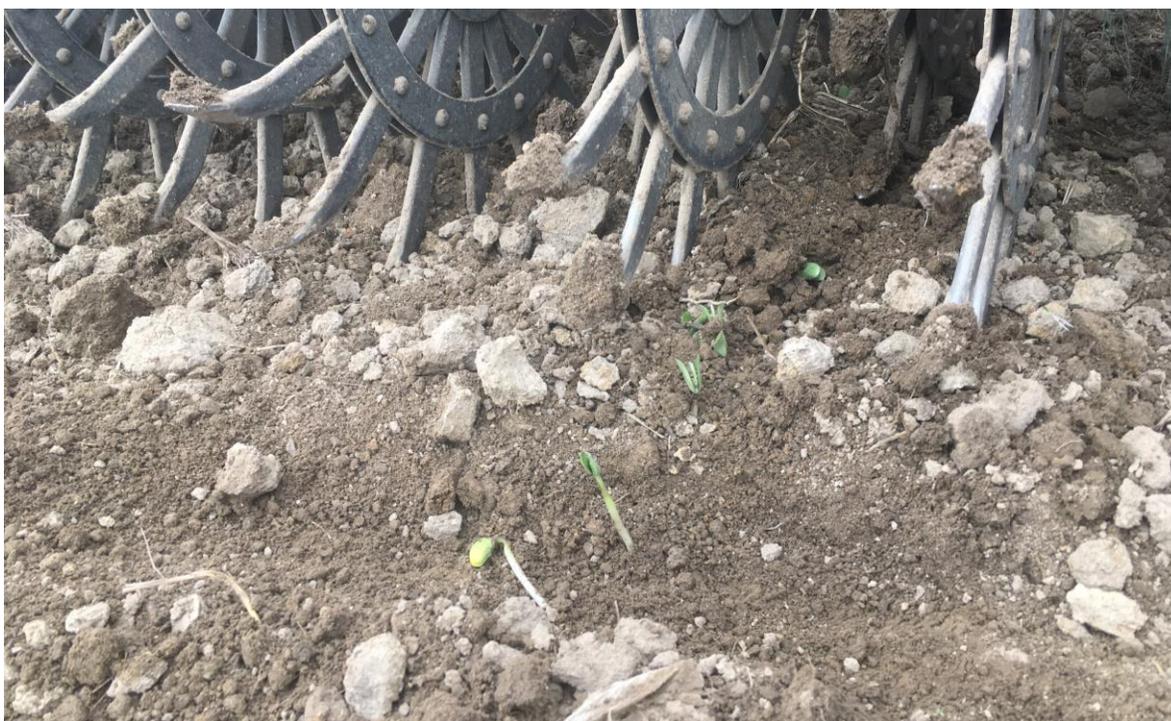
La houe ne peut pas être passée à des stades avancés de la culture puisqu'elle ferait trop de dommages mécaniques à celle-ci.

Le déracinement de quelques plants ne pose pas de problème, au contraire cela démontre que l'ajustement est suffisamment agressif (Figure 9). Pour le soya, dépendamment des variétés utilisées, une perte de 5% de plants causée par le passage de la houe et de 15 % de plants pour l'ensemble des sarclages est tolérée. Pour bien évaluer la situation, il faut calculer à quoi correspond 5% des plants sur une longueur de 1 mètre. Par exemple, pour le soya, le nombre de plants pour un taux de semis visé de 400 000 plants/ha et un espacement entre-rangs de 76 cm (30 po) sur une longueur de 1 m est de 53 plants. Une destruction de 5% des plants correspond donc à une perte de 2,6 plants/m. Pour le maïs, une perte de 5% pour l'ensemble des sarclages est tolérable.

Tableau 1. Stratégie d'utilisation de la houe rotative en post-levée selon la culture et son stade

Culture	Stade	Commentaires
Blé, autres céréales	2-3 feuilles	<p>Il est souvent préférable de ne rien passer car la céréale prend en général le dessus et fait bien compétition aux mauvaises herbes, mais si un passage est absolument nécessaire, il est possible de commencer au stade 2-3 feuilles</p> <p>Exceptionnellement, des passages très agressifs de houe double ou triple peuvent permettre de préserver un champ très envahi de mauvaises herbes</p>

Maïs grain et ensilage	1 à 3 passages au stade 1 à 2 feuilles	La houe peut parfois être passée au stade allumette, mais cela peut être risqué car le maïs est plus fragile à ce stade
Maïs sucré	1 à 3 passages au stade 1 à 2 feuilles	
Soya	1 à 3 passages, surtout au stade cotylédons jusqu'au stade 1 ^{res} feuilles unifoliées Par la suite, selon la pression de mauvaises herbes	La herse-étrille est souvent utilisée après les premiers passages de houe
Haricot fin	Stade 1 ^{res} feuilles unifoliées (le risque de dommage aux plants est élevé par la suite)	Le plant de haricot est semblable au plant de soya, mais plus fragile
Pois	1 ^{er} passage entre le stade 1 ^{res} feuilles écailleuses et le stade 1 ^{re} vraie feuille (entre le stade 10 et 11 de l'échelle BBCH ¹) 2 ^e passage 3 à 5 jours plus tard	La houe simple n'est pas très efficace si le sol est dur Les passages doivent être faits très tôt pour être efficaces sur les mauvaises herbes; avant le stade 10 de l'échelle BBCH, la houe casse la tige des pois ce qui les retarde.



¹ Échelle BBCH voir <https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/reglementation/dossier-bbch/article/echelle-bbch-pois>

Figure 9. Passage de la houe très tôt, au stade « jeune » cotylédon du soya; dans cette situation, la pression élevée de mauvaises herbes ne permettait pas d'attendre

AJUSTEMENT DE L'OUTIL

Les composantes ajustables sur la houe rotative sont :

- Le porte-outil;
- La profondeur des roues étoilées;
- La vitesse d'avancement du tracteur.

PORTE-OUTIL

Pour commencer, il est nécessaire de s'assurer que le porte-outil est parallèle au sol : un angle trop prononcé vers l'arrière diminuera le mouvement des bras supportant les roues étoilées alors qu'un angle trop prononcé vers l'avant diminuera la pression au sol des roues étoilées. Les houes rotatives sont généralement conçues afin que leur propre poids engendre la pression nécessaire pour obtenir une pénétration adéquate des roues étoilées dans le sol.

PROFONDEUR DES ROUES ÉTOILÉES

Selon les modèles de houes rotatives, il y a deux façons d'ajuster la profondeur et la pression des roues étoilées sur le sol :

- Lorsque le porte-outil est équipé de roues de profondeur, le relevage hydraulique sera flottant et les roues auront pour effet d'arrêter le porte-outil à la hauteur recherchée. Ainsi, les cuillères ne pourront descendre dans le sol au-delà d'une certaine profondeur. Les roues de profondeurs sont communes sur les houes rotatives relativement larges ou dans le cas de houes doubles;
- Lorsque le porte-outil n'est pas équipé de roues de profondeur, le relevage hydraulique supportera une partie du poids de la houe, si nécessaire, pour limiter la pénétration des cuillères dans le sol. Dans les sols lourds, il n'est pas rare de laisser le relevage hydraulique flottant pour maximiser la pénétration des cuillères. Les petites houes rotatives et celles qui sont montées sur le relevage avant du tracteur ne sont généralement pas équipées de roues de profondeur. L'ajout de roues de profondeur peut permettre un meilleur ajustement de la profondeur de travail et donc une meilleure efficacité de l'outil;
- Certains tracteurs sont équipés de relevage hydraulique à double action, c'est-à-dire que le système de cylindres hydrauliques permet de soulever une masse, mais également de fournir une force vers le sol. Ainsi, ces types de relevages hydrauliques permettent d'appliquer une pression supplémentaire à celle du poids de la houe. Bien que rarement nécessaire, cette option peut aider dans les sols lourds ou compacts.

Il faut faire attention de bien tendre les ressorts des roues étoilées en abaissant suffisamment le cadre. Lorsque la houe est trop haute par rapport au sol, les roues étoilées qui se retrouvent au-dessus d'une dépression ne touchent pas toujours le sol.

VITESSE D'AVANCEMENT

La houe rotative est passée à grande vitesse (12-20 km/h), sauf dans certains cas où la culture est très sensible (p. ex. haricots). Comme les houes doubles ou triples sont plus agressives, leur vitesse de passage est plus faible que celle d'une houe simple.

La vitesse est ajustée en fonction du stade de la plante et de l'effet déracinant sur les mauvaises herbes. Dans tous les cas, la vitesse doit être ajustée au champ en observant l'effet de la houe sur la culture et les mauvaises herbes. Elle devrait toujours être la plus élevée possible, pourvu que la culture ne soit pas trop affectée. Plus la vitesse est élevée, plus l'effet de projection de sol sera important. Ainsi, il est parfois possible de passer la houe rotative à près de 20 km/h si le tracteur est assez puissant et que cela n'affecte pas ou peu la culture. À cette vitesse, pour les cultures en rangs espacés de 76 cm (30 po), il est préférable d'avoir un système de guidage de type RTK sur le tracteur pour éviter que les roues de celui-ci n'écrasent la culture. Les houes doubles et triples sont passées à des vitesses inférieures à cause de leur plus grande agressivité. Attention, en présence de cailloux ou de pierres, il est recommandé de diminuer la vitesse afin de réduire les bris sur les roues étoilées (15-16 km/h).

DÉPANNAGE

Voici un tableau résumant les problèmes qui peuvent être rencontrés lors de l'utilisation d'une houe rotative ainsi que des pistes de solutions pour améliorer la qualité de l'opération.

Tableau 2. Problèmes et diagnostics reliés à l'utilisation de la houe rotative

Problèmes observés	Diagnostics possibles
Plantules de la culture trop enterrées	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse d'avancement du tracteur trop élevée occasionnant une projection de sol trop importante • Sol trop meuble et hauteur du porte-outil mal ajustée • Stade de la culture trop précoce
Plants cassés ou couchés par des mottes de sols	<ul style="list-style-type: none"> • Sol trop motteux, en général dû à une préparation de sol en condition trop humide
Plants déracinés ou cassés de façon aléatoire	<ul style="list-style-type: none"> • Stade de culture inadéquat • Levée inégale de la culture, certains plants tolérant le passage et d'autres non
Plants déracinés ou cassés sur un rang ou plusieurs rangs	<ul style="list-style-type: none"> • Roues étoilées désalignées par un bris d'outil (roulement cassé, dents tordues, etc.) • Roue figée (p. ex. bourrage de la houe par des mottes de sol, de la corde, des cailloux ou des résidus)
Mauvaises herbes non déracinées	<ul style="list-style-type: none"> • Les cuillères ne pénètrent pas assez dans le sol et laissent des zones de sol non travaillées • Trop grande usure des cuillères (ne sont plus assez larges) • Les cuillères pénètrent trop profondément dans le sol • La vitesse d'avancement n'est pas suffisante • Le stade de la mauvaise herbe est trop avancé • La surface du sol est trop irrégulière