

Guide

Stratégies de désherbage alternatives pour les légumes-racines en terres minérales

Conçu par :

**Carrefour industriel et
expérimental de Lanaudière
(CIEL)**

Présenté par :

**L'Association des
producteurs maraîchers du
Québec (APMQ)**

Auteurs

Marilou Ratté, agr., chargée de projet, Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

Denis Giroux, agr., conseiller en production maraîchère et fruitière, Réseau de lutte intégrée Bellechasse (RLIB)

Comité de suivi

Catherine Lessard, agr., M. Sc., Directrice générale adjointe, Association des producteurs maraîchers du Québec (APMQ)

Eve Abel, agr., Conseillère en horticulture maraîchère, MAPAQ

Izmir Hernandez, agr., Conseillère en innovation, Réseau d'expertise en innovation horticole (REIH)

Maxime Bastien, Ph.D., Analyste de recherche en productions végétales, MAPAQ

Mélissa Gagnon, agr., Conseillère en horticulture maraîchère, MAPAQ

Isabel Lefebvre, M. Sc., Directrice générale, Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

Collaborateurs

Les 13 producteurs et productrices participant.e.s

Éliane Lauzon Laurin, T. P., Directrice des ventes, Agrocentre Lanaudière Inc.

Geneviève Legault, agr. M. Sc., Conseillère en horticulture maraîchère et agriculture biologique, MAPAQ

Crédits photographiques

CIEL, à moins d'indication contraire.



Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du Programme de développement territorial et sectoriel 2023-2026.

Table des matières

Préambule	4
Première partie	6
Caractéristiques spécifiques des légumes-racines	6
Facteurs limitants pour le désherbage	6
Les enjeux des nouvelles technologies	8
Les contraintes à l'adoption de nouvelles technologies	10
Technologies et innovations rencontrées sur les fermes participantes	11
Deuxième partie	13
Explication et utilisation des arbres	13
Liste des arbres et contexte d'utilisation	14
Arbres	15
Ordre des fiches	21
Fiches	22
Références de désherbage	48

Préambule

Les producteurs de légumes-racines (carotte, panais, betterave potagère, rutabaga et rabiole), notamment en terres minérales, font face à d'importants défis en matière de désherbage. En régie conventionnelle, le désherbage chimique demeure la principale stratégie, car il s'agit d'une solution simple, rapide et ne nécessitant pas de main-d'œuvre spécialisée. Toutefois, l'efficacité et la disponibilité des herbicides deviennent de plus en plus limitées, en raison d'un avenir réglementaire incertain et de cas croissants de résistance dans la province.

Le désherbage mécanique constitue une alternative, mais il exige des ajustements fréquents et une expertise pointue, ce qui limite généralement son utilisation au travail entre les rangs en production conventionnelle. En régie biologique, où les herbicides sont pratiquement absents (mis à part quelques produits de contact), une expertise s'est développée, mais aucun outil ne permet encore de désherber efficacement sur le rang. Dans les deux systèmes, les producteurs doivent donc souvent se tourner vers le désherbage manuel, une méthode coûteuse et fortement dépendante d'une main-d'œuvre difficile à trouver.

De nouvelles technologies de désherbage ont émergé au cours des dernières années, mais leur coût d'acquisition est élevé et elles sont rarement adaptées spécifiquement aux besoins des légumes-racines. Une phase d'adaptation est donc nécessaire et assumée par les producteurs primo-adoptants qui testent ces équipements à leurs frais, sans soutien financier pour valider leur adaptabilité au contexte de production. Bien que le désherbage sur le rang reste un défi majeur et que l'application d'herbicides demeure, pour l'instant, l'option la plus accessible, des alternatives existent pour en réduire l'usage. Elles permettent également de diminuer la dépendance au désherbage manuel et de diversifier les méthodes de lutte.

Pour appuyer les producteurs de légumes-racines en terres minérales à la recherche d'alternatives, l'APMQ et le CIEL, en collaboration avec un comité de suivi formé de personnes-ressources du MAPAQ et du REIH, ont développé ce guide technique sur le désherbage des légumes-racines en terres minérales, principalement destiné aux entreprises de moyennes et grandes superficies, dans le cadre du Programme de développement territorial et sectoriel du MAPAQ. L'agronome Denis Giroux (Réseau de lutte intégrée Bellechasse), référence en matière de désherbage mécanique, a largement contribué à la conception du guide. Son élaboration repose sur la collaboration de conseillers, de 13 producteurs et de fabricants d'équipements de désherbage à travers le Québec. Le guide se divise en deux sections complémentaires. Les rencontres et discussions avec ces intervenants ont permis d'établir les contraintes de production des légumes-racines et les principaux freins agronomiques à l'adoption de nouvelles technologies, thèmes abordés dans la première section du guide.

La seconde partie présente les outils d'aide à la décision, soit 6 arbres décisionnels et 9 fiches techniques permettant d'identifier les stratégies de désherbage les mieux adaptées selon divers paramètres techniques et agronomiques (culture, type de sol, méthode culturale, stratégie d'intervention selon le stade de développement des mauvaises herbes et de la culture, etc.).

En plus d'appuyer les producteurs et les conseillers, ce guide fournit aux développeurs et fournisseurs de technologies des informations clés pour mieux comprendre les besoins du secteur, orienter leurs innovations et adapter leurs équipements aux réalités du terrain.

Bonne lecture !

- Première partie -

Caractéristiques spécifiques des légumes-racines

Plusieurs caractéristiques propres aux légumes-racines dictent les pratiques culturales à employer. La majorité des producteurs conventionnels de moyennes et grandes superficies en terres minérales cultivent sur buttes ou billons afin de favoriser le développement des racines. La hauteur de ces billons varie ensuite selon la culture : pour la plupart des légumes-racines, elle se situe généralement entre 15 et 25 cm, alors que la carotte exige des billons d'environ 30 cm pour optimiser l'élongation racinaire et réduire les risques de déformation. Comme cette hauteur requiert davantage de sol, les billons de carottes tendent à être plus étroits, selon les équipements et méthodes propres à chaque ferme. Ce mode de production influence la configuration du champ, où l'espacement entre les rangs est généralement de 71 à 76 cm (28 à 30 po).

Pour optimiser la superficie cultivée, maximiser les rendements et atteindre le calibre recherché, les plants sont semés à quelques centimètres de distance, parfois en semis éclaté, de sorte qu'il n'existe pratiquement aucun espace entre les plants sur le rang. Dans la même logique, certains producteurs utilisent des rangs multiples (2 à 3 rangs par butte selon la culture), avec un espacement très étroit entre les rangs.

Cette forte densité s'accompagne de contraintes liées à la nature même des semences. Leur très petit calibre exige un semis superficiel (0,5 à 2 cm) pour assurer une germination adéquate. Dans les champs soumis à des conditions venteuses, particulièrement sur sols légers, l'implantation préalable d'une culture brise-vent devient souvent nécessaire pour éviter le déplacement des semences.

Finalement, les légumes-racines s'implantant lentement, leur développement foliaire ne permet pas de concurrencer efficacement les mauvaises herbes avant la fermeture des rangs. Le contrôle des adventices durant cette période critique est donc indispensable, mais difficile à réaliser, car la culture est très fragile et tolère peu les perturbations, au point où même le désherbage manuel peut causer des dommages lorsqu'il est mal exécuté.

Facteurs limitants pour le désherbage

Désherbage en prélevée de la culture

La très faible profondeur de semis réduit considérablement la marge de manœuvre pour les interventions mécaniques. Toute perturbation du sol risque de déplacer les semences. La herse-étrille (peigne), couramment utilisée en grandes cultures en prélevée, est donc inapplicable.

Dans ce contexte, seules des méthodes sans perturbation du sol peuvent être utilisées en prélevée :

- herbicides de prélevée
- désherbage thermique (pyrodésherbeur, laser)
- désherbage électrique

Cas particulier - La herse-étrille à pression constante

Bien que la herse-étrille standard ne puisse pas être utilisée, la herse-étrille à pression constante pourrait théoriquement intervenir en prélevée dans un contexte très spécifique : en culture de betterave et seulement lorsque le semis a été réalisé avec un semoir de précision assurant une profondeur constante.

Cette possibilité repose sur le fait que la betterave tolère un semis légèrement plus profond que les autres légumes-racines, ce qui permettrait qu'un passage en surface n'affecte pas la semence située sous la zone travaillée.

Ainsi, cette méthode nécessiterait des ajustements importants et ne serait pas adaptée à toutes les conditions de production.

Désherbage en post-levée de la culture, sur le rang

Un contrôle insuffisant des mauvaises herbes tôt en saison peut entraîner des pertes de rendement importantes, parfois au point où il devient plus économique de détruire le champ que de procéder à la récolte. Malgré l'importance d'intervenir rapidement, il demeure impossible de réaliser un désherbage mécanique directement sur le rang en post-levée.

Limites des outils existants

Herse-étrille

La herse-étrille est trop agressive pour les légumes-racines en début de croissance : avant le stade quatre feuilles, elle arrache facilement les plantules. Son utilisation en post-levée tardive demeure possible, mais elle comporte un risque d'endommagement du feuillage et n'est efficace que contre des mauvaises herbes très jeunes. Sa fenêtre d'application utile est donc extrêmement restreinte.

Sarcleurs intelligents (ex. : Robocrop, IC-Weeder)

Les sarcleurs intelligents fonctionnent au moyen de lames qui s'ouvrent au passage d'un plant et se referment pour sarcler entre ceux-ci. Ce principe exige un espacement minimal et constant entre les plants. Dans les cultures de légumes-racines, où les semis sont généralement très serrés (semis rapprochés ou semis éclatés), ces outils ne peuvent pas opérer correctement et deviennent inutilisables.

Outils mécaniques (tiges à torsion, doigts sarcleurs, bineuses rotatives)

Ces outils sont conçus pour intervenir directement sur le rang dans les cultures où les plants sont suffisamment espacés (ex. : laitue, chou). Dans les légumes-racines, l'absence d'espacement entre les plants limite leur utilisation à un travail près du rang seulement. Leur niveau d'agressivité fait également en sorte qu'ils ne sont utilisables qu'en post-levée tardive, une intervention plus précoce risquant d'endommager les jeunes pousses.

Technique d'enterrement

L'enterrement des mauvaises herbes au stade cotylédons constitue normalement une méthode efficace pour contrôler les adventices directement sur le rang. Toutefois, cette approche est incompatible avec les légumes-racines en début de saison : les jeunes plants sont trop fragiles pour tolérer le moindre recouvrement.

Lors du désherbage en post-levée hâtive, il est nécessaire de minimiser la projection de terre sur la culture en réduisant la vitesse d'avancement ou en installant des protège-plants sur les unités de sarclage, afin d'éviter l'enterrement des plantules.

Cultures sur billons étroits dans la carotte

La faible largeur du billon limite l'utilisation d'unités de sarclage équipées de roues plumbeuses. En sols légers, ces roues peuvent même détruire le billon. Il n'y a donc pas de solution pour désherber mécaniquement près sur rang dans cette situation.

Options actuellement disponibles pour un désherbage sur le rang

À ce jour, les seules solutions commercialement disponibles permettant un désherbage directement sur le rang en post-levée autres que les herbicides sont :

- Désherbage au laser : méthode ciblant individuellement chaque adventice sans perturber le sol ; son adoption demeure toutefois limitée en raison de coûts d'acquisition encore trop élevés pour la majorité des producteurs, ainsi que du manque de données sur son efficacité dans divers contextes de production.
- Désherbage manuel : pratique de référence en légumes-racines, mais caractérisée par un coût de main-d'œuvre important et une forte dépendance à sa disponibilité.

Les enjeux des nouvelles technologies

Bien que les nouvelles technologies de désherbage laissent entrevoir un avenir avec moins, voire sans herbicides et sans désherbage manuel, elles présentent encore des limites importantes qui doivent être prises en compte avant tout investissement. Leur développement évoluant rapidement, certaines contraintes décrites ci-dessous pourraient toutefois être amenées à changer au cours des prochaines années.

Limites techniques

La vitesse d'avancement

La faible vitesse d'avancement de plusieurs nouvelles technologies de désherbage constitue une limite importante, surtout pour les entreprises de grande superficie. Un déplacement trop lent réduit le débit de chantier et augmente le risque de ne pas couvrir l'ensemble des parcelles avant que les mauvaises herbes n'atteignent un stade où l'intervention devient inefficace.

Dans le cas particulier des robots porte-outils, cette contrainte a un effet supplémentaire : leur vitesse d'opération est souvent insuffisante pour assurer le fonctionnement optimal de certains outils attelés, comme la herse-étrille (peigne) ou les tiges à torsion, dont la performance repose sur un minimum de vitesse. Ainsi, même lorsqu'ils peuvent se déplacer dans le champ, ils ne permettent pas toujours un niveau de désherbage adéquat.

Le poids de l'équipement

Certains équipements, dont le LaserWeeder, sont particulièrement lourds, ce qui peut empêcher l'accès au champ à des moments critiques lorsque les conditions de sol sont défavorables (ex. : printemps pluvieux) et augmenter les risques de compaction du sol.

La combinaison d'un équipement lourd et d'une vitesse d'avancement lente amplifie ce problème : si les conditions retardent l'entrée au champ, le créneau d'intervention se rétrécit. Une fois que l'équipement peut finalement circuler, le temps disponible pour désherber l'ensemble des parcelles est réduit, ce qui augmente les risques de dépasser le stade optimal de contrôle des mauvaises herbes.

Limites technologiques

Le concept d'autonomie

Malgré leur statut « autonome », certains robots porte-outils nécessitent tout de même une surveillance. S'ils ne disposent pas d'un système de contrôle de la qualité du travail, ils peuvent poursuivre leur opération sans détecter un problème. Par exemple, si des résidus s'accumulent dans les unités de sarclage et commencent à arracher la culture, certains robots ne s'arrêteront pas automatiquement.

La réglementation

Les pulvérisateurs de précision, tels que l'ARA (Ecorobotix), sont difficilement compatibles avec la réglementation canadienne, car très peu de produits phytosanitaires sont homologués pour une application en post-levée de la culture. Leur mode d'utilisation devient donc pratiquement impossible à concilier avec les exigences des étiquettes canadiennes. Tous les producteurs doivent respecter ces homologations, mais la contrainte est particulièrement critique pour ceux certifiés CanadaGAP, pour qui toute intervention phytosanitaire non conforme peut entraîner des conséquences importantes, notamment sur la conformité de leur certification.

La précision de l'outil désherbeur

Même lorsque l'équipement bénéficie d'un système de guidage de haute précision, basé sur l'intelligence artificielle ou sur des caméras ultra-performantes, l'outil de désherbage lui-même doit être suffisamment délicat pour ne pas perturber ni endommager la culture. Un outil trop agressif ne sera pas adapté au désherbage de légumes-racines.

Les contraintes à l'adoption de nouvelles technologies

Plusieurs freins à l'adoption de nouvelles technologies ont été identifiés lors des rencontres avec les producteurs.

Manque de conseils adaptés aux cultures maraîchères - avant et après l'achat

La plupart des producteurs rencontrés ont souligné la difficulté d'obtenir des recommandations réellement adaptées à leurs conditions agronomiques. L'offre d'équipements agricoles et l'expertise disponible demeurent largement orientées vers les besoins des grandes cultures, un secteur où les pratiques culturales sont relativement homogènes d'une ferme à l'autre. Or, les équipements issus de ce milieu s'avèrent souvent trop agressifs pour être utilisés tôt en saison dans les cultures maraîchères semées, alors même que le désherbage hâtif est primordial.

Les différences importantes entre les pratiques culturales des deux secteurs rendent également ces outils peu compatibles avec la production maraîchère. Bien qu'il existe une offre spécialisée pour le maraîchage, plusieurs équipementiers possèdent une connaissance limitée des réalités techniques et terrains du secteur, ce qui les empêche de conseiller adéquatement les producteurs. Le problème s'accentue par le fait que très peu de conseillers et conseillères sont présents au champ lors des interventions de désherbage ; à l'exception de quelques spécialistes, la majorité ne connaissent pas suffisamment les outils et leurs conditions d'utilisation pour orienter adéquatement les producteurs. Ceux-ci se retrouvent alors avec des outils mal adaptés à leur contexte, voire inutilisables.

Cette même difficulté se retrouve après l'acquisition des équipements. Peu de vendeurs offrent du soutien au champ, et rares sont les conseillers capables d'accompagner les producteurs dans l'ajustement et l'utilisation de ces outils. Sans appui technique, les producteurs doivent souvent procéder eux-mêmes aux réglages, ce qui peut mener à une utilisation sous-optimale et parfois, à l'abandon d'équipements pourtant fonctionnels.

Impossibilité d'essayer les équipements avant l'achat

La majorité des équipements ne peuvent pas être testés avant leur acquisition, alors qu'un même outil peut donner d'excellents résultats sur une ferme et être inefficace sur une autre, notamment en raison des différences de pratiques culturales, de conditions

agronomiques ou de types de sols. La possibilité d'essayer un équipement, par exemple, par la location durant une saison, permettrait de valider sa pertinence dans les conditions propres à chaque entreprise. Compte tenu du prix élevé de ces équipements, pouvoir confirmer leur efficacité avant l'achat convaincrait sans doute davantage de producteurs d'adopter de nouvelles technologies.

Innovation issue du terrain

Malgré ces difficultés, plusieurs producteurs se tournent vers leurs pairs pour trouver des solutions. Contrairement aux grandes cultures, où l'innovation provient surtout de l'agro-industrie, le développement technologique en maraîchage émerge souvent directement des fermes. Ce phénomène a été observé sur toutes les entreprises visitées dans le cadre de ce projet.

Technologies et innovations rencontrées sur les fermes participantes

Malgré les limites techniques et les freins à l'adoption décrits précédemment, les visites réalisées dans le cadre de ce projet ont mis en lumière un important dynamisme au sein des entreprises maraîchères. Les producteurs rencontrés expérimentent, adaptent et développent eux-mêmes une variété de technologies et de pratiques de désherbage, souvent en réponse directe à l'absence d'équipements réellement conçus pour leurs conditions agronomiques. Les exemples suivants illustrent la diversité des équipements, adaptations et procédés observés sur les fermes participantes.

Sur l'ensemble des fermes visitées, les tracteurs étaient équipés d'un système de géolocalisation (GPS/RTK). Cet outil de guidage, jugé indispensable par les producteurs utilisateurs, améliore la précision des opérations mécaniques et contribue directement à l'efficacité du désherbage. La réalisation de buttes et de semis parfaitement rectilignes facilite en effet les passages ultérieurs d'outils de sarclage.

La moitié des producteurs disposaient également d'un système de guidage sur leur sarcler, qu'il s'agisse d'une conduite manuelle, d'un système hydraulique ou d'un autoguidage par caméras, afin d'augmenter encore la précision de l'intervention mécanique. Une proportion similaire avait apporté des modifications, mineures ou majeures, à leurs équipements pour les adapter à leurs conditions de production. Dans un cas, un producteur a même conçu et fabriqué entièrement son propre outil, adapté à la présence marquée de pierres dans son sol. Dans leur quête de solutions mieux adaptées, certains producteurs vont même jusqu'à se déplacer à l'international pour rencontrer des fabricants et identifier des technologies correspondant à leurs besoins spécifiques.

Par ailleurs, certaines technologies émergentes ont également été observées sur les fermes participantes, notamment l'utilisation du désherbage au laser, du désherbage électrique et du pyrodésherbage, encore peu répandus mais déjà testés par certains producteurs primo-adoptants.

Enfin, plusieurs pratiques agroenvironnementales visant à réduire la pression des mauvaises herbes étaient intégrées dans les rotations des entreprises lorsque les conditions le permettaient. La majorité des producteurs pratiquent des faux-semis, des cultures de couverture ou des semis plus tardifs. Ceux qui ne les utilisent pas font face à des contraintes de calendrier, telles qu'un semis trop hâtif ou une récolte trop tardive qui empêche l'implantation d'une culture de couverture, ou encore une fenêtre trop courte pour réaliser des faux-semis. Dans le cas des légumes d'entreposage, la récolte est volontairement retardée afin d'améliorer la qualité des conditions d'entreposage et de réduire la durée totale d'entreposage, ce qui limite d'autant plus les possibilités d'intégrer ces pratiques.

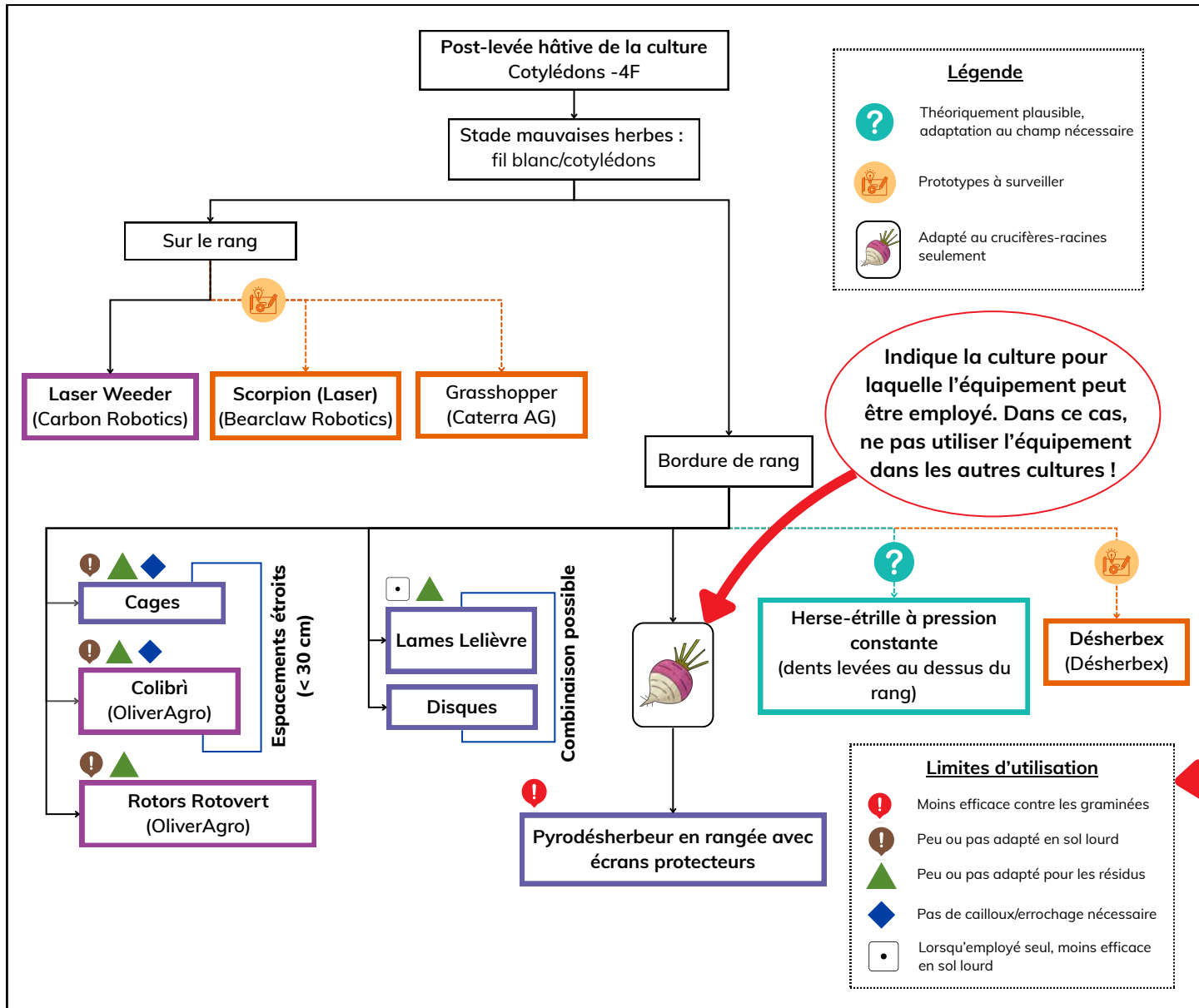
De manière générale, tous les producteurs rencontrés sont en constante recherche de solutions pour améliorer le désherbage de leurs cultures, conscients des limites et des problématiques associées à l'utilisation des herbicides.

- Deuxième partie -

Explication et utilisation des arbres

Il y a 6 arbres décisionnels. Les 5 premiers sont divisés selon le stade de croissance de la culture et le stade de croissance de la mauvaise herbe. Le sixième arbre adresse les systèmes de guidage. Ils sont utilisables dans le rutabaga, rabiole, carotte, panais et betterave. Les arbres sont accompagnés de fiches techniques décrivant les équipements plus en détails.

Exemple :



Fonctionnement :

Suivre les flèches de haut en bas pour arriver aux équipements adéquats selon vos critères de sélection.

Flèche noire pleine : mène à des équipements commercialement disponibles.

Nouvelles technologies

Équipements mécaniques «standard»

Flèche pointillée et case orange : mène à des prototypes qui ne sont pas commercialement disponibles, mais en phase de développement ou d'essai.

Flèche pointillée et case turquoise : mène à des équipements ou des stratégies qui, théoriquement, pourraient fonctionner, mais qui demandent à être essayés et adaptés aux champs.

Référez-vous à la case « Limites d'utilisation » pour connaître les contextes agronomiques rendant l'outil peu efficace.

Liste des arbres et contexte d'utilisation

ARBRE 1 - Prélevée de la culture, mauvaises herbes au stade fil blanc à 2 feuilles

- Contexte d'utilisation : après le semis, avant la levée de la culture.

ARBRE 2 - Post-levée hâtive de la culture (cotylédons à 4 feuilles), mauvaises herbes au stade fil blanc à 2 feuilles

- Contexte d'utilisation : dès la levée de la culture, alors que la culture est encore fragile. Intervention rapide pour le contrôle des mauvaises herbes.

ARBRE 3 - Post-levée hâtive de la culture (cotylédons à 4 feuilles), mauvaises herbes au stade 3-4 feuilles et plus

- Contexte d'utilisation : dès la levée de la culture, alors que la culture est encore fragile. Rattrapage du contrôle des mauvaises herbes.

ARBRE 4 - Post-levée tardive de la culture (> 4 feuilles), mauvaises herbes au stade fil blanc à cotylédons

- Contexte d'utilisation : culture bien implantée, le désherbage a été principalement mécanique et assidu en post-levée hâtive.

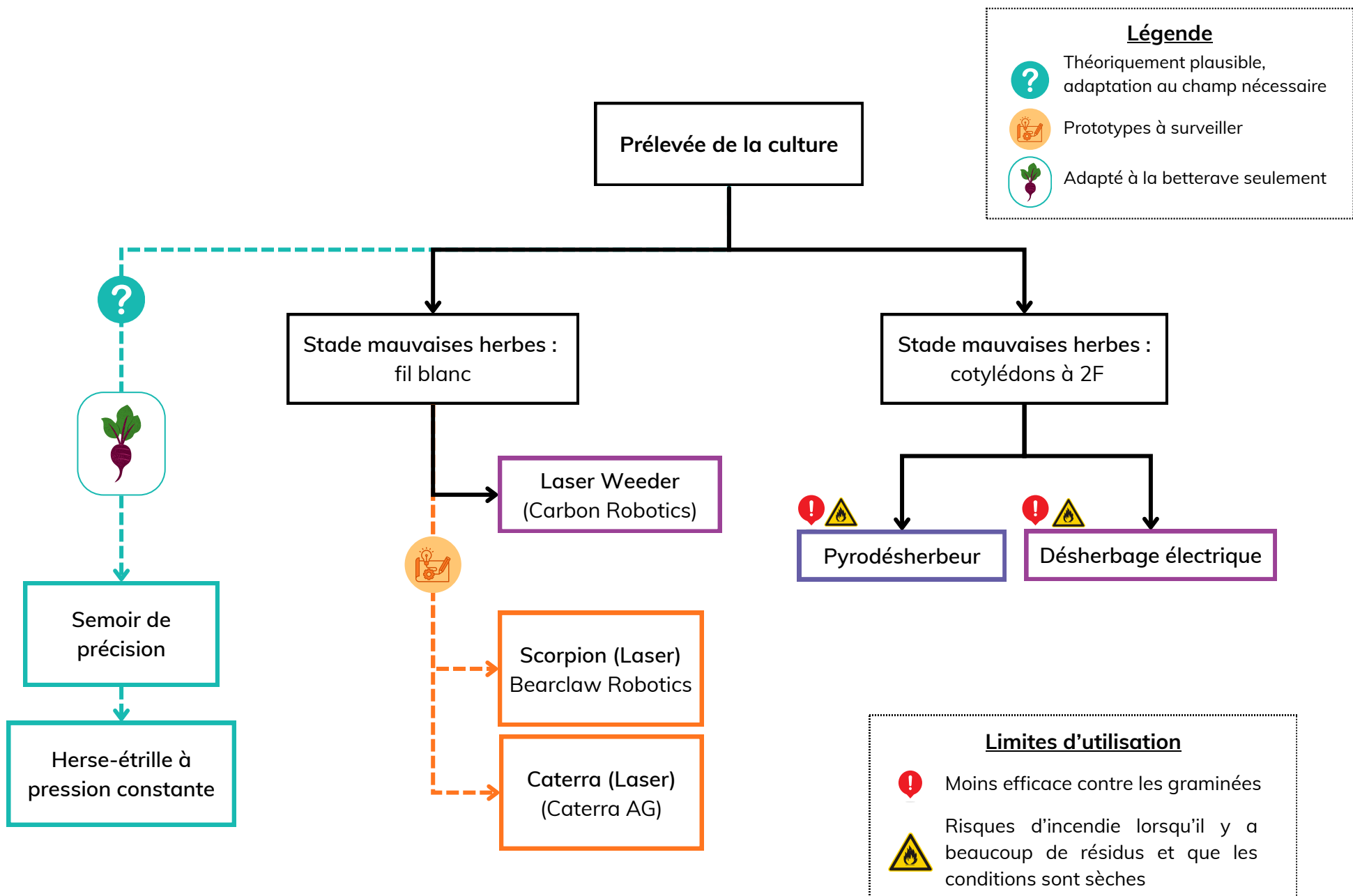
ARBRE 5 - Post-levée tardive de la culture (> 4 feuilles), mauvaises herbes au stade > 3-4 feuilles ou la mauvaise herbe est plus haute de la culture

- Contexte d'utilisation : culture bien implantée, rattrapage du désherbage.

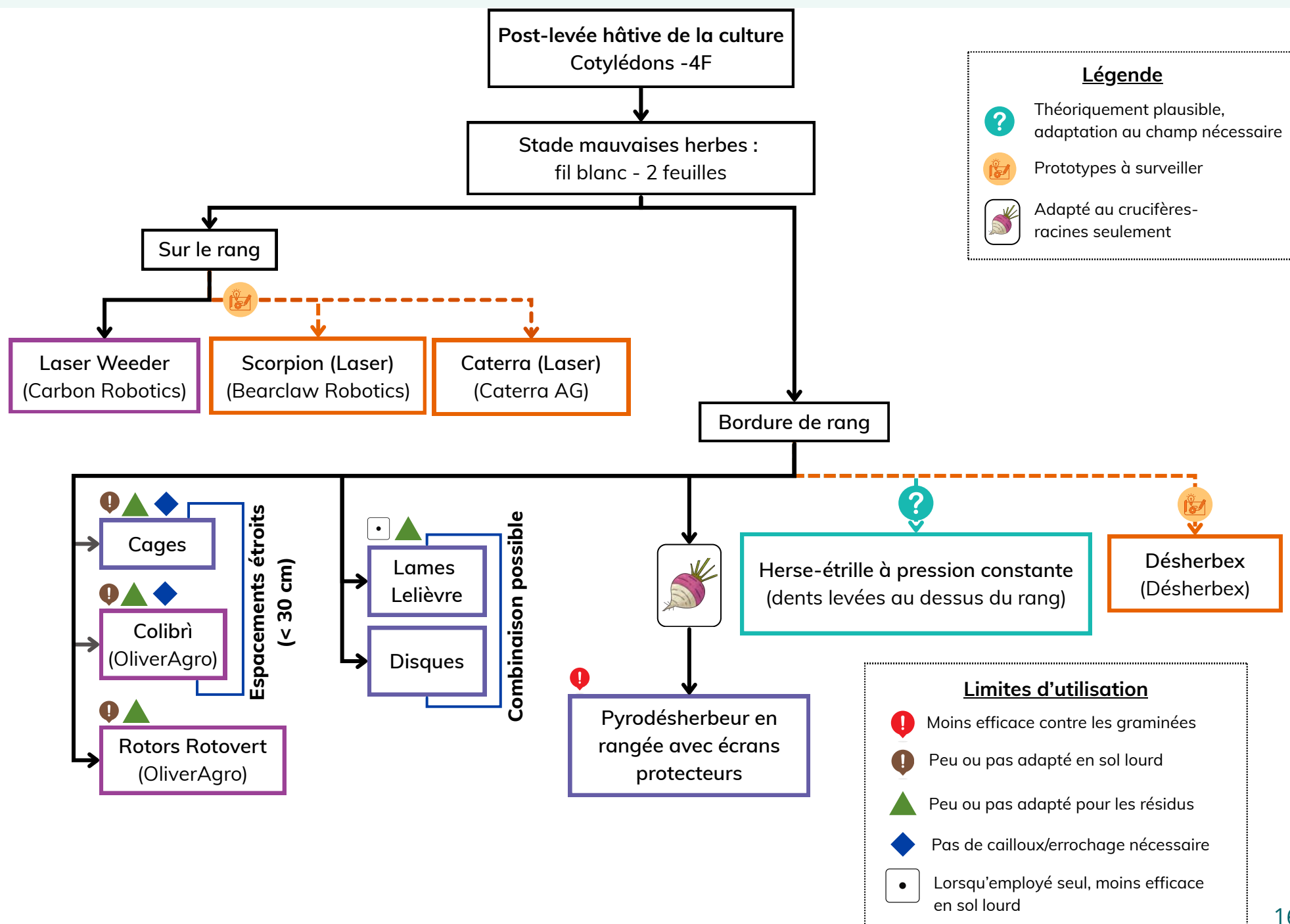
ARBRE 6 - Systèmes de guidage

- Contexte d'utilisation : achat d'un équipement avec différents choix de système de guidage ou ajout d'un système de guidage en rétrofit sur un équipement. Quel système choisir selon le contexte agronomique ?

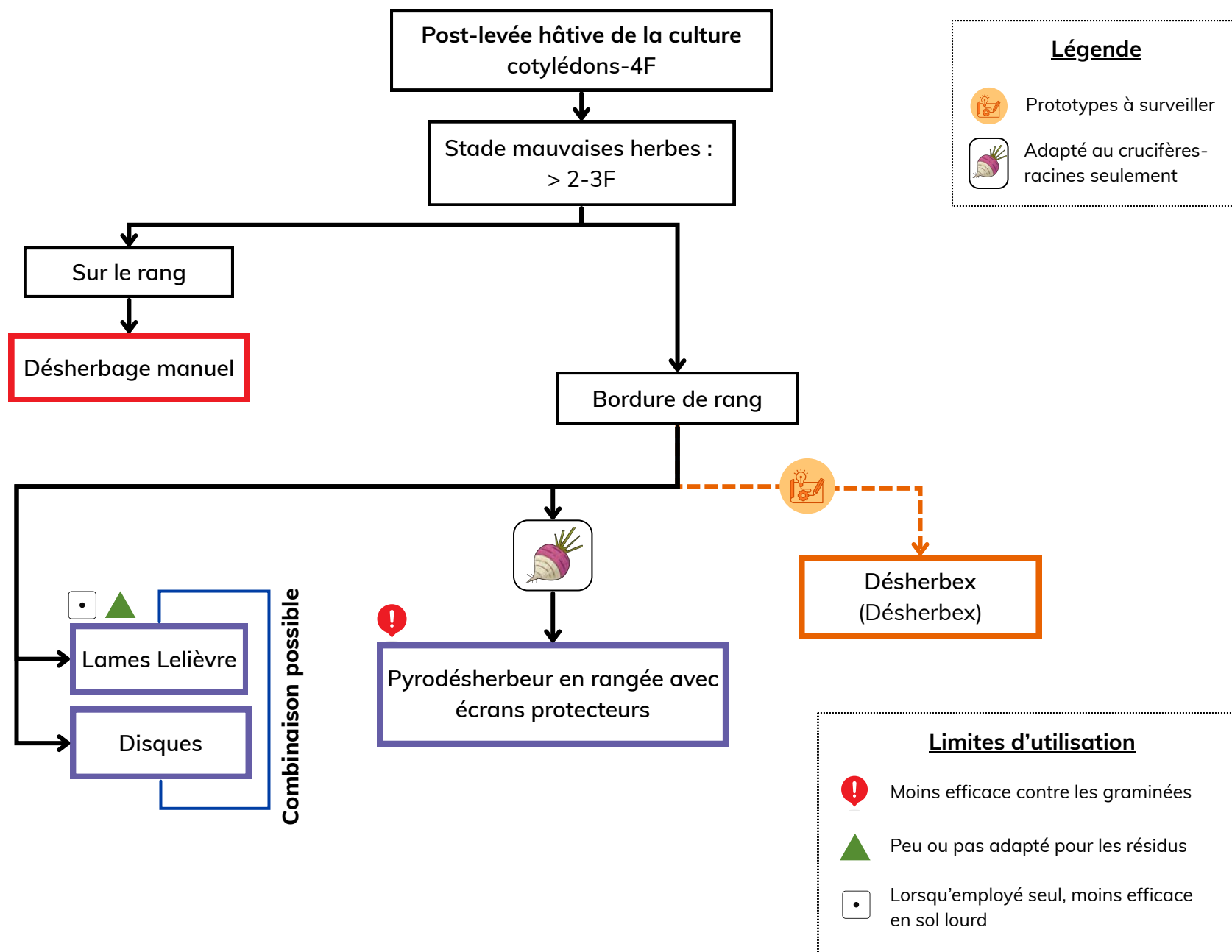
ARBRE 1 - Prélèvement de la culture, mauvaises herbes au stade fil blanc à 2 feuilles



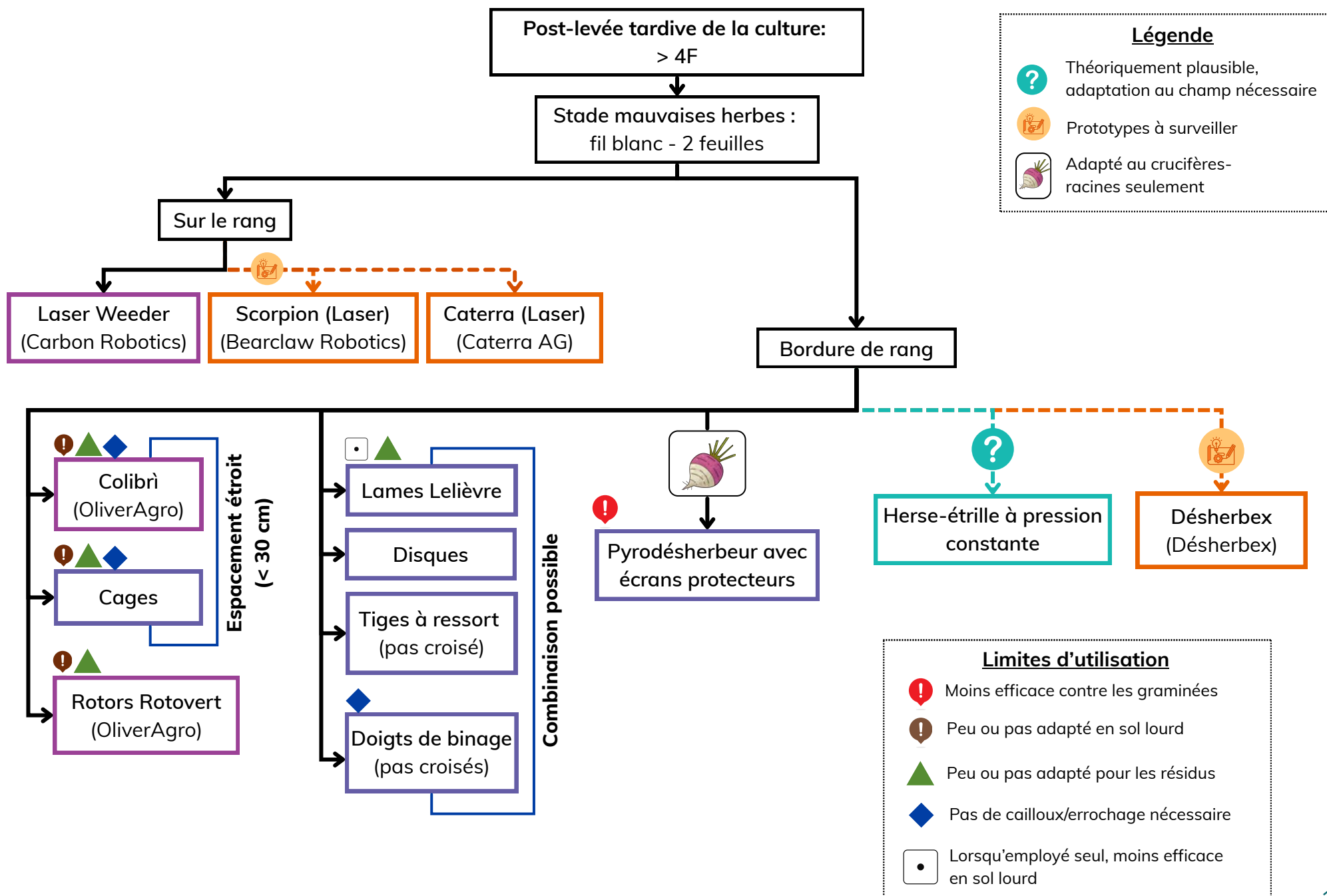
ARBRE 2 - Post-levée hâtive de la culture (cotylédons à 4 feuilles), mauvaises herbes au stade fil blanc à 2 feuilles



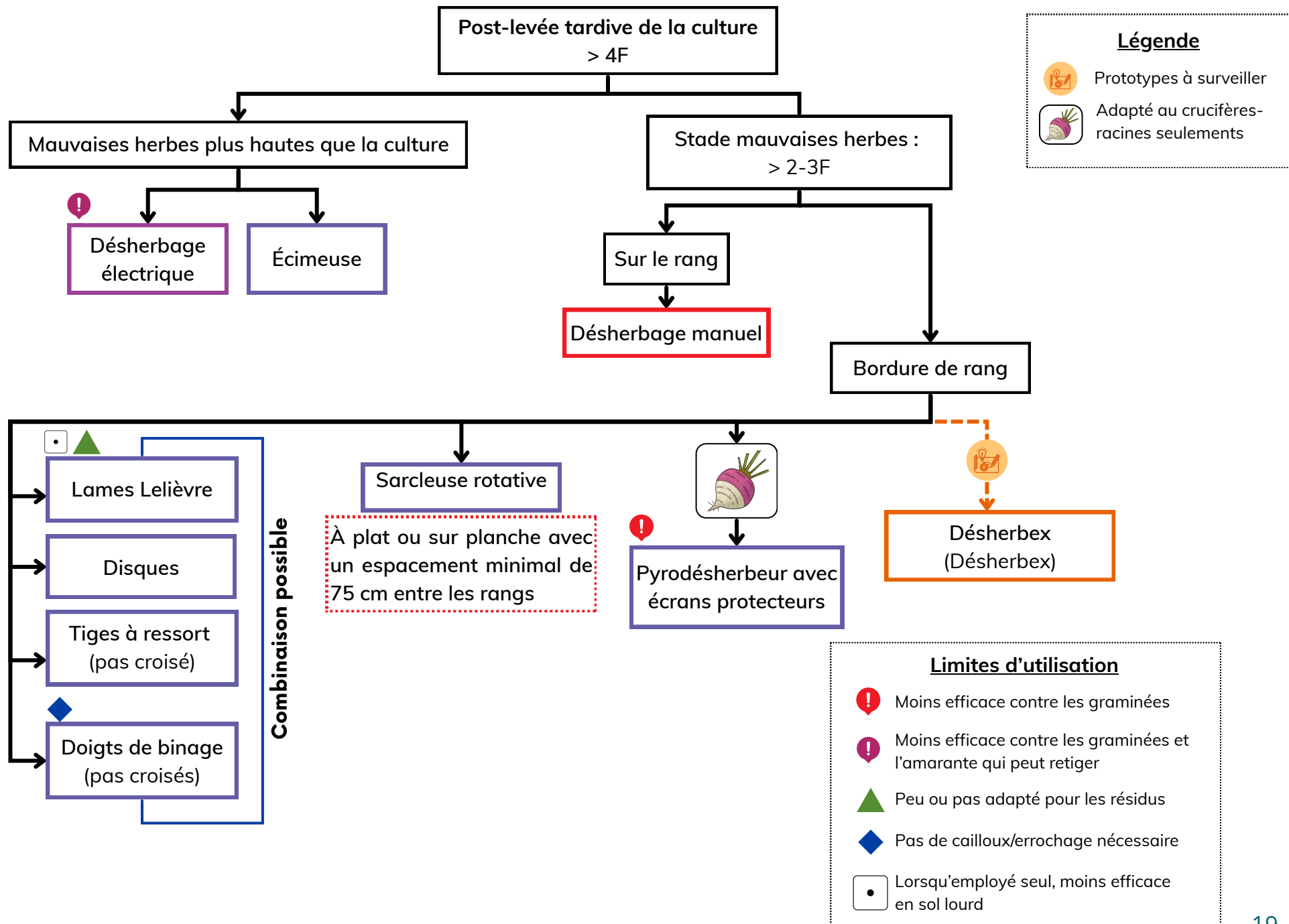
ARBRE 3 - Post-levée hâtive de la culture (cotylédons à 4 feuilles), mauvaises herbes au stade > 2-3 feuilles



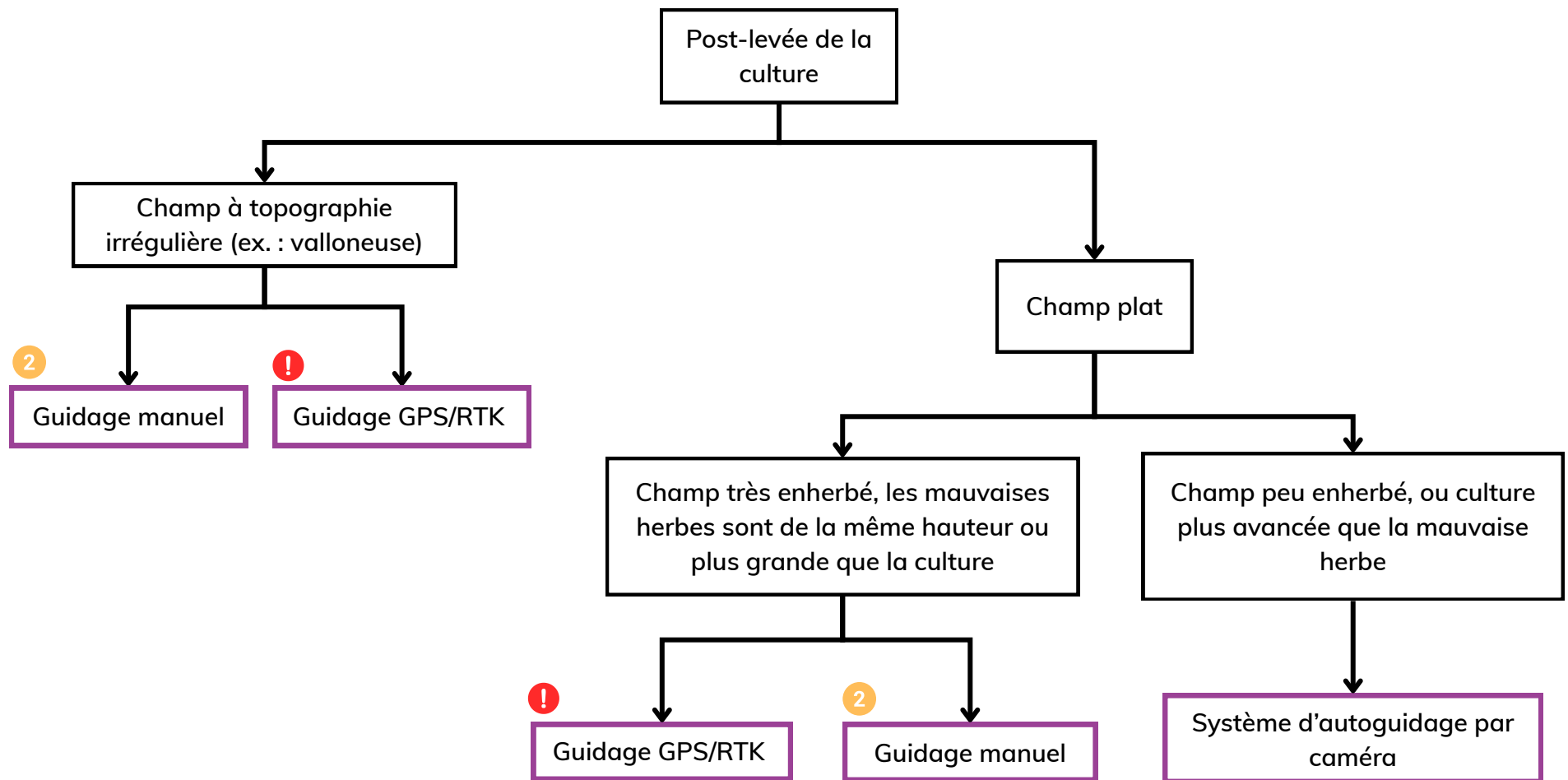
ARBRE 4 - Post-levée tardive de la culture (> 4 feuilles), mauvaises herbes au stade fil blanc à cotylédons



ARBRE 5 - Post-levée tardive de la culture (> 4 feuilles), mauvaises herbes au stade > 3-4 feuilles ou la mauvaise herbe est plus haute de la culture



ARBRE 6 - Systèmes de guidage



Limites d'utilisation

- Nécessite une bonne connectivité internet au champ.
- ! • Système GPS/RTK sur le tracteur seulement = sarclage porté !
- Les opérations précédentes doivent être faites au GPS/RTK
- 2 Requirert 2 opérateurs

ORDRE DES FICHES

FICHE NO. 1 - LaserWeeder (Carbon Robotics)

FICHE NO. 2 - Colibrì (OliverAgro)

FICHE NO. 3 - Rotors Rotovert (OliverAgro)

FICHE NO. 4 - Pyrodésherbeur

FICHE NO. 5 - Herse-étrille à pression constante

FICHE NO. 6 - Désherbage électrique

FICHE NO. 7 - Sarcleur rotatif

FICHE NO. 8 - Sarcleurs de précision

① Composantes d'un sarcleur

② Les outils de sarclage

③ Les systèmes de guidage

④ Quelques modèles

FICHE NO. 9 - Prototypes à surveiller



~ 1.5 millions \$US +
abonnement annuel ~
45 000 \$US (2025)

Passage -
sur le rang

Stade de la culture -
prélevée et postlevée

Stade MH -
stade fil blanc

Type de sol -
léger à lourd

Pratiques culturales -
billon, butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
ajustable

Adapté aux sols rocailloux

Non-adapté aux sols
avec résidus de culture

Adapté aux sols croûtés

FICHE NO. 1 - LaserWeeder (Carbon Robotics)



Désherbage de précision au laser : les mauvaises herbes sont détectées par caméras, identifiées par un programme d'intelligence artificielle et éliminées par un rayon laser.

L'équipement

- Attelé aux 3 points (CAT 3)
- PTO frontal pour la génératrice
- Puissance minimale du PTO : 90 hp
- Puissance minimale du tracteur : 175 hp



© Carbon Robotics

Débit de chantier : 0,20-0,61 ha/h

Vitesse : 0,5-3,5 km/h

Nombre de passage : 1-3

Autre fonction : Éclaircissement du rang de culture



© Carbon Robotics

Technologies

- 30 lasers de 150W au diode
- 42 caméras HD
- 9 barres de lumières LED HI
- I-Pad dans la cabine du tracteur pour l'opérateur.
- Programme d'IA de reconnaissance des mauvaises herbes



Question de «Timing»

Le logiciel d'IA est conçu pour détecter les mauvaises herbes alors qu'elles sont pratiquement indétectables à l'oeil nu. Il ne faut donc pas attendre leur émergence pour désherber, car la vitesse de travail diminue considérablement le cas échéant.

Avantages

- Ne perturbe pas le sol et ne remonte aucune semence à la surface
- Désherbe sur le rang
- Détecte les mauvaises herbes à un stade très précoce (avant la levée)
- Réduction de la main d'oeuvre pour le désherbage manuel
- Utilisation 24/7 possible
- Aucun dommage sur la culture

Désavantages

- Fenêtre d'utilisation courte
- Équipement lourd : risque de compaction et entrée au champ difficile, voire impossible lors de printemps pluvieux
- Besoin de main d'oeuvre spécialisée pour la réparation de l'équipement
- Vitesse de travail lente

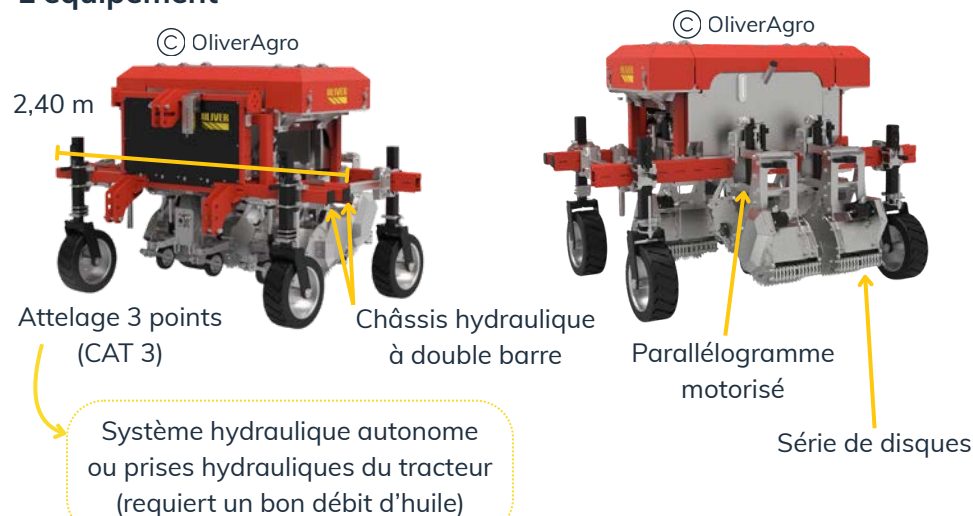
\$ 100 000-175 000 \$
(2025)

FICHE NO. 2 - Colibrì (OliverAgro)



Sarclage effectué par la rotation motorisée d'un ensemble de disques verticaux et dentés en acier qui arrachent les mauvaises herbes sans perturber la cultures

L'équipement



Profondeur : 2,5-3 cm (+/- 3 mm)

Vitesse : 2,5 km/h

2-4 buttes/passage ou
1 planche/passage

Sarclage à 2 cm du rang

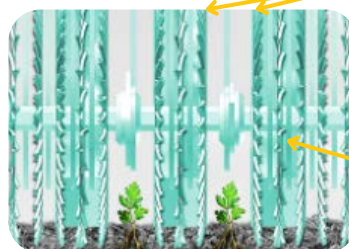
Technologies

Parallélogramme motorisé

- Déplacement en hauteur par un piston hydraulique
- Système automatique de maintien de la profondeur
- Vitesse des disques = 1,5X la vitesse d'avancement

Disques

- 320 mm de diamètre
- 3 mm d'épaisseur
- Système de nettoyage pour chaque série de disques
- 2 types de dents



Dents droites ou inclinées en sens opposé à la culture - projettent la terre en sens opposé et protège la culture

Dents inclinées en dent de scie - déchaussent les mauvaises herbes et élargissent le rayon d'action du désherbage.

Équipement sur mesure

Il s'agit d'un équipement conçu sur mesure. La disposition des parallélogrammes et la configuration des groupes de disques varient selon les pratiques culturales. Le modèle ci-haut a été conçu pour un champ de carottes sur buttes de 3 rangs à 4,5 cm d'espacement.

Passage -
près du rang

Stade de la culture -
postlevée

Stade MH -
stade fil blanc a cotylédons

Type de sol -
léger à loam

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
4,5 - 35 cm

Non-adapté aux sols
rocailleux

Non-adapté aux sols
avec résidus de culture

Adapté aux sols croûtés

Système de guidage

- Système automatique d'alignement et de reconnaissance des plantes de la compagnie Tillett & Hague



Basilic

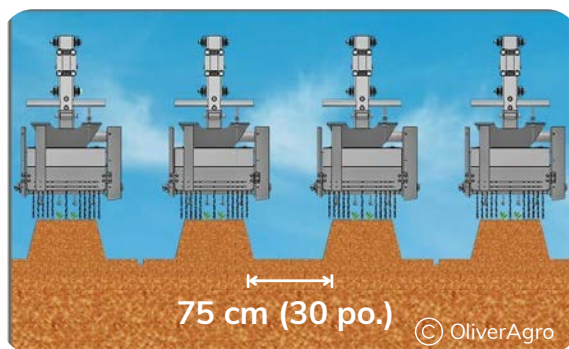


Carotte

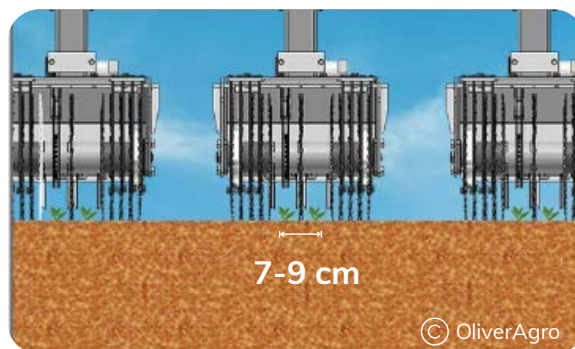


Pousses

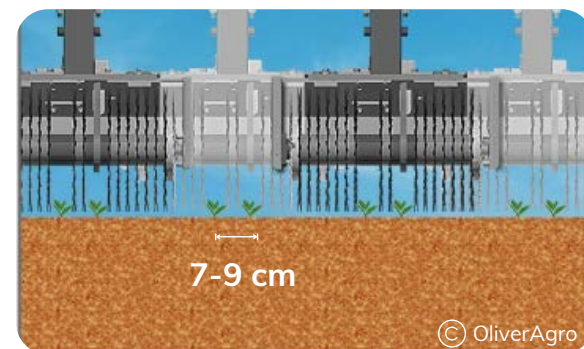
Exemples de différentes configurations



Carottes, 4 buttes, double rangée à 7 cm d'espacement



Carottes, planche, 3 doubles rangées, espacement de 7-9 cm



Carottes, planche, 4 doubles rangées, espacement de 7-9 cm

Avantages

- Permet de désherber en entre-rangs très étroits (rangs multiples)
- Travail très près des rangs dès la levée
- Réduction de la main d'oeuvre pour le désherbage manuel

Désavantages

- Possibilité d'utilisation limitée (sol léger, sans roche, sans résidu)
- Vitesse de travail lente
- Pas adapté au sol lourd
- Demande une adaption : l'outil n'a jamais été utilisé au Québec



- 25 000 \$ - 40 000 \$ CAD (guidage manuel)
- 40 000 \$ - 60 000 \$ CAD (guidage hydraulique)
- 65 000 - 80 000 \$ (autoguidage par caméra)
- 2250 \$ la paire de rotors avec attache (rétrofit) (2025)

Passage -
près du rang

Stade de la culture -
postlevée

Stade MH -
stade fil blanc a cotylédons

Type de sol -
léger à loam

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
12,5-45 cm

Adapté aux sols rocailloux*

Non-adapté aux sols
avec résidus de culture

Adapté aux sols croûtés

*Cailloux de petites dimensions (2-3 cm de diamètre)

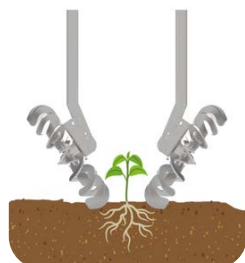
FICHE NO. 3 - Rotors Rotovert (OliverAgro)



Sarclage effectué par rotors verticaux à profil moulé en acier qui, en tournant, déracinent les mauvaises herbes près du rang et les projettent vers l'entre-rang

L'équipement : 1 outil, 2 sarcleurs

Rotors Rotovert



© OliverAgro

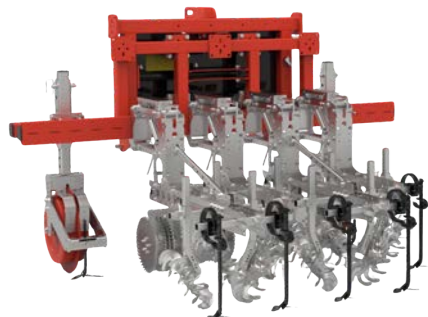
- Tournent en sens opposés
- Inclinaison réglable : 5 positions de 67° à 42° en direction de la plante
- Travail sur 4,5 à 5,5 cm de sol depuis le rang de culture

Profondeur : 2-3 cm

Vitesse : 2-5 km/h

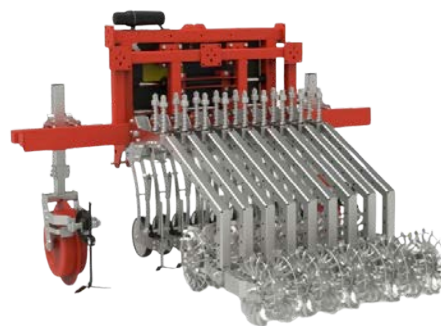
Sarclage de 4,5 à 5,5 cm
du rang

Le sarclage Rotovert



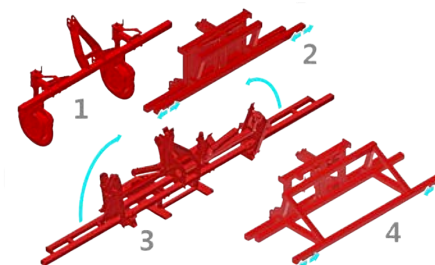
© OliverAgro

Le sarclage Rotovert TILT-I



© OliverAgro

Choix du type de châssis



© OliverAgro

Choix du type de système de guidage :

- conduite manuelle avec guidon
- conduite hydraulique (joystick + siège)
- autoguidage TILLET & HAGUE



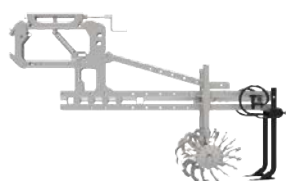
J'ai déjà un sarclage de précision

Les rotors rotovert peuvent être achetés indépendamment des équipements et être adaptés à un sarclage existant.

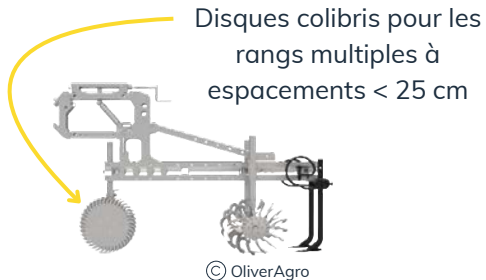
VS

Le sarcleur Rotovert

➡ Distance entre les rangs : 25 - 45 cm



Élément rotovert standard



Élément rotovert avec accessoires

Ajouts de différent outils pour sarcler l'entre-rang



Ressort flex
(option)

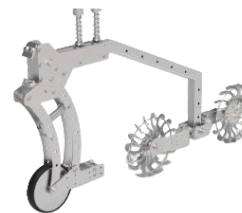


Dents semi-
flexible avec
soc patte-d'oie

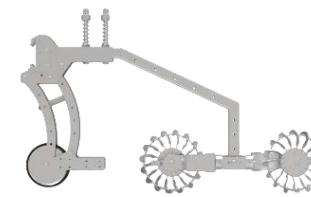
Dents en «S»
Outil pour
butter ?

Le sarcleur Rotovert TILT-I

➡ Distance entre les rangs : 15 - 25 cm



Élément TILT-I

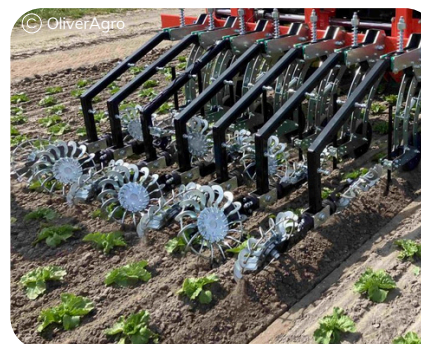


© OliverAgro



Adapté aux cultures semées (et transplantées) en ligne, sur butte, à espacement étroit.

Ajustement de l'angle des rotors pour différents espacements



Plus en angle pour
espacement plus large



À la verticale pour un
espacement très étroit

Avantages

- Possibilité d'acheter les rotors Rotovert et de les installer sur un sarcleur standard
- Travail très près du rang
- Modulaire : possibilité d'ajouter des outils pour désherber l'entre-rang

Désavantages

- Pas adapté au sol lourd
- Adaptation : selon le guide technique, peut être employé dès la levée des cultures semées. À valider !

\$ Variable selon les modèles

Passage -
pleine largeur, entre-rang *

Stade de la culture -
prélevée et postlevée *

Stade MH -
cotylédons à 4F

Type de sol -
léger à lourd

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
variable selon l'équipement

Adapté aux sols rocailloux

Risque d'incendie en
présence de résidus et en
conditions sèches

Adapté aux sols croûtés

*Entre-rang en post-levée avec
écrans protecteurs pour crucifères-
racines seulement !

FICHE NO. 4 - Pyrodésherbeur

Sous l'effet de la chaleur produite par une flamme (70-80°C), les cellules des tissus végétaux éclatent et les mauvaises meurent. Il existe plusieurs modèles avec différentes composantes et ajustements.

Les composantes de base

● Torches



● Bonbonne(s) de propane



© Conception Duquette

© Flame Engineering Inc.

● Système de contrôle : du manomètre au contrôle électronique depuis le tracteur



© Vanhoucke Machine Engineering

Deux méthodes de travail

1 En rangée



2 Pleine surface



© Vanhoucke Machine Engineering

- Prélèvement (sur le rang)
- Post-levée pour le rutabaga et la rabiole (entre les rangs avec écrans protecteurs)
- Vitesse plus rapide : 2-9 km/h

VS

- Prélèvement seulement
- Vitesse plus lente : 1-5 km/h



Prélèvement : une technique pour les mauvaises herbes annuelles dicotylédones

Effectuer un passage lorsque la culture est au stade crochet (carottes : 5-6 jours, betteraves : 6-7 jours, panais : 1-3 semaines), soit environ 1 journée avant la levée. Une intervention aussi rapprochée de l'émergence de la culture permet à celle-ci de se développer avant l'apparition de nouvelles mauvaises herbes. Il faut toutefois connaître le type de mauvaises herbes envahissant le champ. Cette technique n'est pas recommandée pour éliminer des mauvaises herbes graminées par exemple.

Conditions pour optimiser le désherbage

- Feuillage sec
 - L'ajout d'écrans thermiques ou de boîtes réflectrices
 - L'ajout d'écrans protecteurs en post-levée
- ✳ Si la conception du pyrodésherbeur est de qualité, le désherbage sera plus rapide et moins énergivore.



Trace laissée par la bordure de la tôle de protection



- ➡ Il existe une vaste gamme de modèle et de qualité de pyrodésherbeur, et les ajustements varient d'un modèle à l'autre.
- ➡ Équipement demandant un travail d'essai/erreur pour trouver la bonne vitesse et la bonne dose de propane.
- ➡ Résultats observables quelques heures après le pyrodésherbage.



Ajustement maison : ajout d'une deuxième torche pour assurer la présence d'une flamme en tout temps (pyro en rangée)

Avantages

- Ne perturbe pas le sol et ne remonte aucune semence à la surface
- Peut être utilisé pour détruire un faux-semis

Désavantages

- Besoin d'une main d'oeuvre qualifiée pour fabriquer et réparer l'équipement. Risques de blessures grave et de décès.
- Vitesse de travail lente
- Moins efficace sur les monocotylédones et les vivaces - requiert plusieurs passages pour les épuiser
- Utilisable en prélevée seulement pour la betterave et la carotte
- Calibration complexe
- Efficace seulement sur les mauvaises herbes ayant émergées

\$ Variable selon les modèles

Passage -
pleine largeur,
près du rang **

Stade de la culture -
prélevée* et postlevée **

Stade MH -
Fil blanc à cotylédons

Type de sol -
léger à lourd

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
N/A

Adapté aux sols rocailloux

Adapté aux sols avec résidus

Adapté aux sols croûtés

* Betterave seulement avec
semis effectué au semoir de
précision

** Tiges au dessus du rang
relevées

FICHE NO. 5 - Herse-étrille à pression constante

Déracinement et recouvrement des mauvaises herbes par des tiges vibrantes. La pression des tiges est contrôlée par un système hydraulique de la cabine du tracteur et peut être réglée à une force de 100g à 5 kg par dent.

Les composantes



- Chaque dent est reliée au châssis par un ressort.
- Agressivité réglable par la prétension du ressort qui est contrôlé hydrauliquement, de façon continue, depuis la cabine du tracteur.
- Pression identique pour toutes les dents, peu importe la hauteur de travail (ex. : dents sur la butte vs. dans le sillon).
- Les dents restent dans leur voie, elles n'esquivalent pas.

Profondeur : 2-3 cm

Vitesse : 1,5 - 12 km/h

Sol bien réssuyé

Idéalement, utilisation lors
d'une journée ensoleillée et
venteuse



Pour un désherbage en prélevée

ATTENTION : cette approche n'a jamais été testée au champ et demeure une piste à explorer nécessitant des adaptations.

L'étrillage est habituellement une opération trop agressive pour être réalisée en prélevée dans les légumes-racines. Toutefois, comme la betterave peut être semée légèrement plus profondément (selon le type de sols et ses conditions), un semis effectué avec un semoir de précision assurant une profondeur uniforme pourrait, en théorie, permettre un passage d'une herse-étrille à pression constante avant la levée de la culture.

Avantages

- Ne perturbe pas le sol et ne remonte aucune semence à la surface
- Peut être utilisé pour détruire un faux-semis

Désavantages

- Technique non éprouvée en prélevée
- Impossibilité d'utiliser l'équipement à son plein potentiel dans les légumes-racines en post-levée (obligation de lever les dents au dessus du rang en début de saison)



Weed Zapper :
75 000 - 90 000 \$ CAD
(2025)

Passage -
pleine largeur,

Stade de la culture -
prélevée et postlevée *

Stade MH -
cotylédons à floraison*

Type de sol -
léger à lourd

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
N/A

Adapté aux sols rocaillieux

Risque d'incendie en
présence de résidus et en
conditions sèches

Adapté aux sols croûtés

* WeedZapper seulement, lorsque
les mauvaises herbes sont plus
hautes que la culture

FICHE NO. 6 - Désherbage électrique

Outil non sélectif éliminant les mauvaises herbes par électrocution. Le courant électrique provoque l'éclatement des vaisseaux de la plante qui se dessèchera jusqu'à n'en mourir.

Composantes :



Générateur électrique

- À l'arrière du tracteur, alimenté par le PTO, attelé par le 3 points.

Applicateur

- À l'avant du tracteur, responsable de la décharge électrique.
- Différences de fonctionnement entre les modèles

Moniteur dans la cabine du tracteur

Reliés par
câblage sécurisé

Vitesse : 2-6 km/h

1-3 passages - Selon
l'espèce de MH



Facteurs augmentant l'efficacité du désherbage électrique

- Sol humide (légèrement ressuyé)
- Feuillage sec (éviter la rosée matinale)
- Contenu en eau des mauvaises herbes élevés (plus efficace sur les dicotylédones que sur les graminées)
- Pression de mauvaises herbes faible à modérée



L'équipement peut être utilisé en conditions adverses, mais les paramétrages seront différents (ex. : augmentation de l'intensité du courant électrique, vitesse plus lente, plus de passage requis)

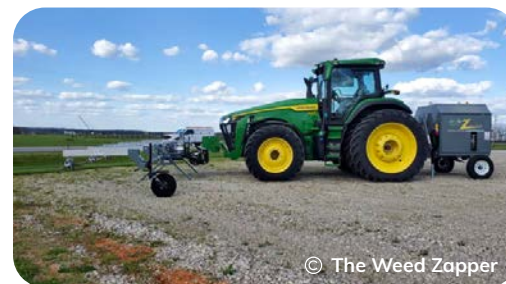
Deux modèles : The Weed Zapper et XPower de Zasso



XPower, Zasso

- Séries de plaquettes applicatrices trainée sur la végétation. Les premières sont chargées positivement et les secondes négativement, créant un courant électrique qui traverse les plantes et le sol.

✦ Prélèvement seulement



The Weed Zapper

- Barre de cuivre sous tension. En touchant la barre de cuivre, les plantes sont traversées par un courant électrique.

✦ Prélèvement et postlevée, lorsque les mauvaises herbes sont plus hautes que la culture



Efficacité en post-levée

Le désherbage électrique en post-levée ne tue pas les mauvaises herbes, mais les affaiblit suffisamment pour qu'elles ne tombent pas en graines.

Avantages

- Ne perturbe pas le sol et ne remonte aucune semence à la surface
- Peut détruire un faux-semis et des cultures de couverture

Désavantages

- Risques d'incendie en conditions sèches et en présence de résidus
- Demande de l'expertise pour la calibration et le paramétrage
- Dépendant de plusieurs facteurs pour être efficace
- En post-levée, il arrive que l'amarante retige

L'écimeuse : une autre option en post-levée !

Lorsque les mauvaises herbes sont plus hautes que la culture, l'écimeuse vient couper la tête des mauvaises herbes à l'aide de couteaux rotatifs. L'équipement est généralement monté à l'avant du tracteur.



\$ À partir de 6000 \$
(2025)

Passage -
entre-rang

Stade de la culture -
postlevée tardive

Stade MH -
cotylédons à stade avancé
(5-7 cm de hauteur)

Type de sol -
léger à lourd

Pratiques culturales -
À plat

Espacement entre les rangs -
Dépend du modèle*

Peu adapté aux sols
rocaillieux

Adapté aux résidus

Adapté aux sols croûtés

* min. 50 cm : modèle MAYA;
min. 75 cm : modèle ECO

FICHE NO. 7 - Sarcleur rotatif

Équipement guidé par un ou plusieurs opérateurs assis à l'arrière. Il sert principalement au désherbage sur le rang, entre les plants. Il est muni de deux rotors qui tournent rapidement dans le sol pour arracher les mauvaises herbes, et les opérateurs les dirigent avec précision autour des plants.

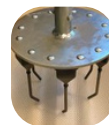
Le classique : Eco (anciennement Reigi)



- Guidons actionnés mécaniquement
- Modèles sarclant 2 à 8 rangs disponibles
- Espacement minimal entre les rangs de 75 cm
- 3 formats de rotors :



Disques
10 po.



10 po.,
dents
courbés



Disques
7 po.

Vitesse : 1-3 km/h

Profondeur : 6-8 cm

Pour espacement entre
les rangs larges
seulement

Culture bien enracinée

Un autre modèle : MAYA FM1-T



© Fardin Factory

- Guidons actionnés hydrauliquement
- Modèles sarclant 1 à 3 rangs disponibles
- Espacement minimal entre les rangs de 50 cm



L'outil de la dernière
chance... ou presque !

Il s'agit d'un outil très agressif pouvant désherber à un stade avancé des mauvaises herbes. Attention au bourrage lorsque celles-ci sont trop hautes.

Avantages

- Permet de désherber lorsque les mauvaises herbes sont à un stade avancé
- L'actionnement hydraulique des guidons réduit la fatigue des opérateurs

Désavantages

- Trop agressif pour être utilisé lorsque la culture n'est pas bien implantée.
- Utilisation très spécifique dans les légumes-racines.
- Ne permet pas de désherber sur le rang contrairement aux cultures avec un espacement entre les plants

\$ Variable selon les modèles

Passage -
entre-rang

Stade de la culture -
postlevée

Stade MH -
dépend des outils de sarclage

Type de sol -
léger à lourd*

Pratiques culturales -
butte, à plat, planche

Espacement entre les rangs -
8-150 cm*

FICHE NO. 8 - Sarcleurs de précision

Les sarcleurs de précision permettent de désherber près du rang et entre les rangs, selon le choix et la disposition des outils de sarclage. Les mauvaises herbes sont arrachées, coupées et/ou enterrées. La précision, la vitesse et la profondeur du désherbage, ainsi que le stade de croissance de la culture et l'efficacité sur les mauvaises herbes dépendent du choix des outils de sarclage. Ce qui permet de distinguer un sarcleur standard d'un sarcleur de précision est le système de guidage permettant de s'approcher à quelques centimètres du rang.



1

Composantes d'un sarcleur

2

Les outils de sarclage

3

Les systèmes de guidage

4

Quelques modèles

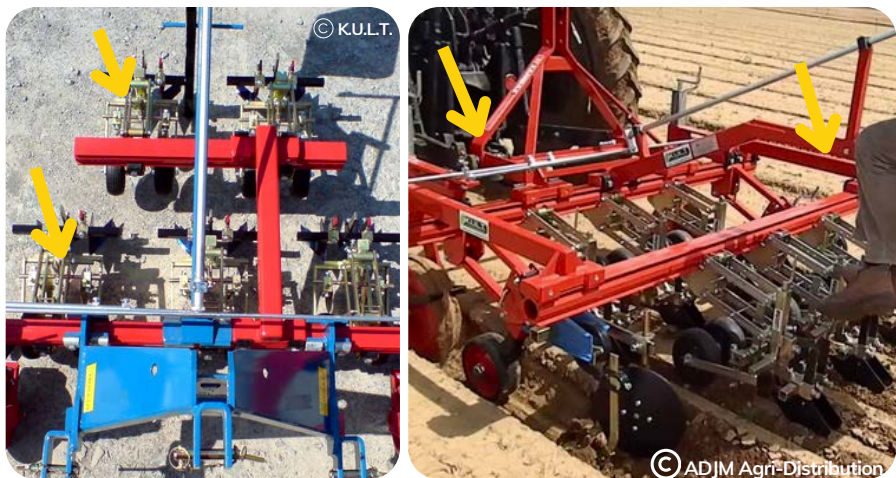
*Selon le modèle de sarcleur et
la combinaison d'outils

1

COMPOSANTES D'UN SARCLEUR

Barre porte-outils

Peut prendre différentes formes. Permet d'attacher et de déplacer les unités de sarclage selon l'espacement entre les rangs.



Certains modèles (ex. : Argus de K.U.L.T.) peuvent être montés avec 2 barres porte-outils. Cette option permet l'ajout d'unités de sarclage supplémentaires.

Unité de sarclage

L'unité de sarclage, aussi appelé élément bineur, est l'ensemble mécanique qui assure le désherbage, par exemple, la dent et le soc. Il peut y avoir 1 à 5 unités de sarclage par parallélogramme. Elles s'ajustent indépendamment en fonction de l'espacement entre les rangs.



Dent semi-flexible +
lame Lelièvre



Dent semi-flexible +
soc patte d'oie



Dent en « S » +
soc patte d'oie



Les types de dents

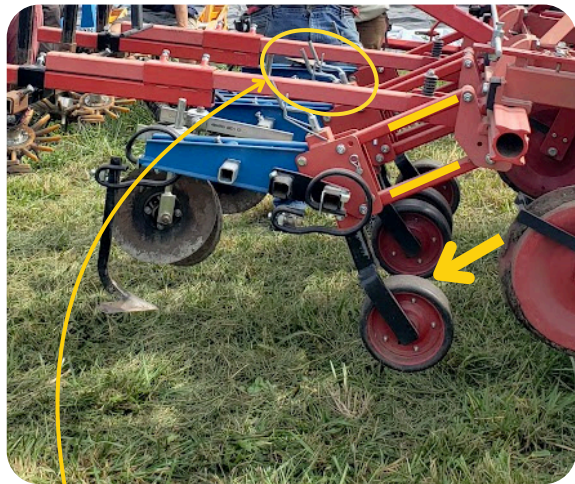
Les dents semi-flexibles sont plus appropriées pour un sarclage de précision à profondeur constante puisqu'elles sont plus stables que les dents en « S ». Elles sont appropriées en sol pierreux par le ressort du haut. Il est également possible d'ajuster la profondeur de travail de l'outil.



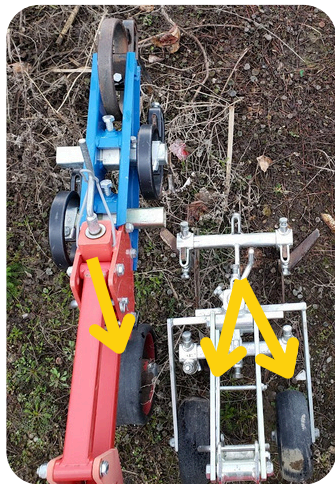
Plusieurs fabricants offrent en option des systèmes d'ajustements rapides pour les unités des sarclages qui, normalement, s'ajustent à l'aide de boulons et d'une clé (ex. : Amazone (Schmotzer) : Rapido-clip / LEMKEN : EC-Space / CARRÉ / Garford).

Parallélogramme

Composé de deux barres parallèles et reliant l'unité de sarclage à la barre porte-ouils, le parallélogramme permet de suivre le relief du terrain. La roue de jauge permet d'ajuster la profondeur de travail.



Manivelle pour ajuster la hauteur



Roues de jauge (selon les modèles, elles peuvent être en caoutchouc ou en acier)



Plusieurs fabricants (Einböck, Amazone (anciennement Schmotzer), LEMKEN, Garford, CARRÉ...) construisent des parallélogrammes avec supports pour une meilleure pénétration des outils de binage en sol lourd, ou offre un système de pression et de relachement hydraulique permettant une meilleure pénétration des outils de binage en sol lourd et un relâchement en sol plus léger.

Protège-plants

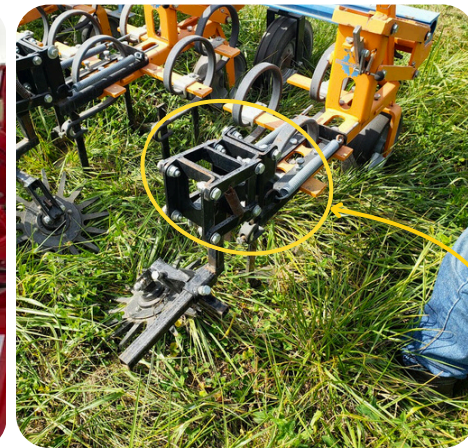
Sous la forme de disques ou de panneaux latéraux, les protèges-plants sont installés sur l'unité de sarclage pour protéger les jeunes plantules sensibles à l'enterrement de la projection de terre.



© Denis Giroux

Élément suiveur

Outils de sarclage suivants les parallélogrammes pour désherber sur le rang (généralement des doigts de sarclage et des peignes). Dans les cas des légumes-racines, comme aucun outil ne permet de désherber sur le rang, ils peuvent être utilisés pour améliorer le sarclage près du rang. Ils sont utilisés seulement lors du désherbage tardif.



Un parallélogramme peut être installé sur l'élément suiveur pour permettre une profondeur de travail plus constante.

Près du rang

Disques de binage - sol léger à lourd

Les disques de binage sont des disques concaves orientés vers l'intérieur qui coupent le sol près de la culture et projettent la terre vers l'entre-rang. En ouvrant le sol, ils permettent aux outils subséquents de mieux travailler.



Stade culture : Post-levée hâtive et tardive
Stade MH : Cotylédons à 4F
Vitesse : 3-7 km/h
Profondeur : 0,5-5 cm
Espacement entre les rangs : 25-75 cm
Condition de sol particulière : aucune

Diamètre des disques et espacement entre les rangs :

- 15 cm : espacement de 25 cm
- 30 cm : espacement de 25 à 75 cm

disques de 15 cm



disques de 30 cm



Plus de précision

Les disques de plus petits diamètres sont plus précis et permettent de s'approcher davantage de la culture.

Lames Lelièvre - moins efficace en sol lourd lorsqu'employées seules

Positionnée près du rang, la partie verticale de la lame protège le rang, alors que la partie horizontale, dirigée vers l'entre-rangs, coupe les mauvaises herbes. Les lames déplacent peu de sol, ce qui permet de passer près de la culture sans l'endommager.



Stade culture : Post-levée hâtive et tardive
Stade MH : Cotylédons à 4F
Vitesse : 3-7 km/h
Profondeur : 0,5-5 cm
Espacement entre les rangs : 25-75 cm
Condition de sol particulière : pas de résidus

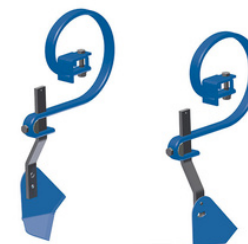


Largeur des lames et espacement entre les rangs : La largeur des lames doit concorder avec la largeur de l'entre-rangs pour pouvoir travailler sur toute sa surface.

VS

Lames Lelièvre

→ Stade de croissance de la culture : dès la levée



LEMKEN

Lames à angle

→ Stade de croissance de la culture : avancé (déplace plus de sol et risque d'enterrer la culture)

→ Plus agressives



Amazone

Cage roulante - sol léger à loam

Sarcleur composé de deux rangées de cages métalliques. La première rangée tournent à la vitesse du tracteur, alors que la seconde, entraînée par une chaîne, tourne plus rapidement. Le mouvement des cages permet d'émietter le sol et de déraciner les mauvaises herbes.



Tilmor - Attelage ventral

Stade culture : Post-levée hâtive et tardive
Stade MH : fil blanc à cotylédons
Vitesse : 2-10 km/h
Profondeur : 1-4 cm
Espacement entre les rangs : 20 cm et +
Condition de sol particulière : pas de résidus ni de roches

*Perte de précision avec l'augmentation de la vitesse



Hortimac - Attelage ventral



K.U.L.T. - Attelage arrière



En sol lourd

Efficacité moindre en sol lourd. Idées pour adapter l'équipement :

- Ajout de lestage sur le tracteur ou l'outil pour faciliter la pénétration des cages
- Ajustement des cages légèrement en angle vers l'avant pour accélérer leur mouvement et permettre un meilleur émiettement du sol
- Acheter un modèle avec des tiges plus grosses et robustes

Disques de renchaussage - sol léger à lourd

Disques concaves orientés vers l'extérieur pour ramener de la terre vers l'entre-rang pour renchausser les mauvaises herbes.



© Denis Giroux

Sarclage de betterave au stade 2-3F, autoguidage par caméra (lames plus disques)

Stade culture : Post-levée hâtive et tardive
Stade MH : Cotylédons à 4F
Vitesse : 3-7 km/h
Profondeur : jusqu'à 10 cm
Espacement entre les rangs : 20 cm et +
Condition de sol particulière : non

*Plus les disques sont ouverts à sens opposés de la direction d'avancement, plus les disques travaillent profondément.



Disques de binage

Les disques de binage peuvent également être utilisés pour renchausser lorsqu'orientés vers l'extérieur. Il faut prendre en considération leur diamètre : puisqu'ils sont plus petits, ils ramèneront moins de sol sur l'entre-rang

Ajustements



Règle générale : facilement ajustable, utilisation simple



Possibilité d'ajouter d'autres outils (exemple : photo du centre)

Ajustements



Angle et hauteur des disques

Tiges à ressort - sol léger à lourd

Les tiges en métal flexibles trainant de chaque côté de la culture déracinent les mauvaises herbes par leur vibration et l'avancement du sarclueur. Elles sont efficaces à vitesse élevée.



Stade culture : Post-levée tardive
Stade MH : Cotylédons à 2F
Vitesse : 4-15 km/h
Profondeur : 2 cm
Espacement entre les rangs : 25 cm et +
Condition de sol particulière : pas de croûte de battance



Diamètre des tiges et texture de sol :

- 6-7 mm : sol léger à mi-lourd
- 9 mm : sol lourd



Combinaison avec les doigts sarcleurs

Meilleure efficacité du sarclage lorsque les tiges à torsion sont combinées au sarclueur à doigt



Ajustements



- ➡ Le croisement des tiges : pour les légumes-racines, les tiges ne doivent pas se croiser.
- ➡ L'angle de la tige : plus la pointe de la tige est dirigée vers le sol, plus le travail sera agressif.
- ➡ Plus le passage est rapide, plus l'outil est efficace !

Doigts sarcleurs - sol léger à lourd

Combinaison de doigts souples en plastique ou en caoutchouc (dessus) et de dents en métaux (dessous) qui sarclent le sol. L'avancement du sarclueur fait tourner les doigts. Le diamètre des doigts sarcleurs et la rigidités des doigts souples varient selon le fournisseur, la culture et le type de sol.



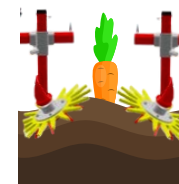
Stade culture : Post-levée tardive
Stade MH : Cotylédons à 2F
Vitesse : 4-15 km/h
Profondeur : 2-4 cm
Espacement entre les rangs : 25-90 cm
Condition de sol particulière : pas de croûte de battance ni de roche

Diamètre et rigidité des doigts souples : diffère d'un fournisseurs à l'autre. Le choix du diamètre dépend de la grosseur de la culture et de l'espacement entre les rangs, et le choix de la rigidité dépend du type de sol.



Position standard

VS



Position inversée



Les éléments en position inversée

Il peut être intéressant d'inverser la position des doigts sur butte et billon pour travailler le flanc de butte et renchausser légèrement le rang de culture.

Ajustements

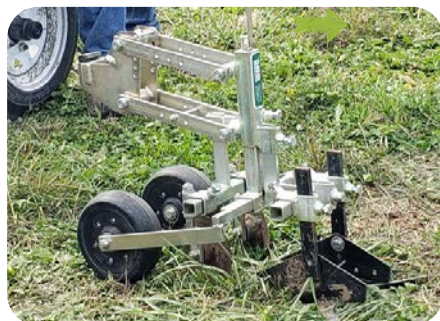


- ➡ Le croisement des doigts : pour les légumes-racines, les doigts ne doivent pas se croiser.
- ➡ L'angle des doigts : certains modèles permettent un ajustement de l'angle de travail.

Les outils combinés : La combinaison de différents outils de sarclage peut optimiser l'efficacité du désherbage en réunissant diverses méthodes d'action en un seul passage. Voici quelques exemples commerciaux et maison.

Combinaison possible en post-levée hâtive

Parallélogramme DUO (K.U.L.T.)



- Parallélogramme
- 2 roues de jauge
- Disques ouvreurs de 15 cm
- Lames Lelièvre
- ✱ Possibilité de changer les outils de sarclages

Stade culture : Post-levée hâtive
Stade MH : Cotylédons à 2F
Vitesse : 1-4 km/h
Profondeur : 0,5-3 cm
Espacement entre les rangs : 8 cm* et +
Condition de sol particulière : pas de grosse roche

- Permet un travail près du rang dès la levée
- Modulaire
- Ajustements longs et laborieux
- Fenêtre d'utilisation courte en raison du faible dégagement du parallélogramme (~3 semaines après la levée de la culture)



lames Lelièvre + lames à angle



Montage standard + ajout de disques de 15 cm pour l'entre-rang



Disques ouvreurs + protège-plants



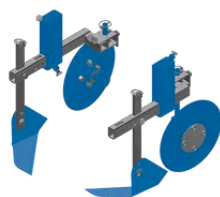
Parallélogramme-DUO + sarcleur ARGUS avec double barre porte-outils (K.U.L.T.)

*Possibilité de travailler sur rangs doubles espacés de 8 cm lorsque monté en quinconce sur un sarcleur muni de deux barres porte-outils.

Des alternatives du DUO

Éléments semblables :

- Hauteur sous châssis plus grande - augmente la période d'utilisation
- Ajustement plus rapide
- Diamètre des disques plus gros



© LEMKEN



© Einböck (TWIN)

Montage/conception maison :

- Combinaison montée selon vos conditions de champ et vos besoins



Combinaison possible en post-levée tardive : 2 exemples commerciaux

Parallélogramme argus tandem (K.U.L.T.)

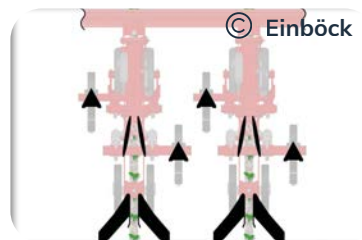


© K.U.L.T.

- Disques ouvreurs de 21 ou 30 cm
- Lames Lelièvre sur dents ajustables
- Doigts de sarclage de 25, 29 ou 37 cm

- * Modulaires : permet d'ajuster l'unité de sarclage en fonction du stade de la culture.
- * Possibilité d'ajouter des ressorts pour ajuster la pression au sol.

Bineuse de précision CHOPSTAR-TWIN (Einböck)

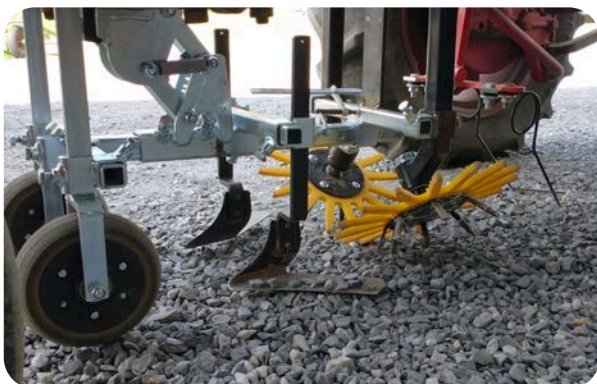


© Einböck

- Disques ouvreurs
- Lames Lelièvre sur dents ajustables
- Outils suiveurs (options) : doigts de sarclage - possibilité d'installer les doigts sur un parallélogramme
- Ajout de dents de binage pour l'entre-rang (option)

Des équipements modulaires

Il y a autant de combinaisons d'outils différentes qu'il y a d'équipements. Choisissez des équipements qui sont modulaires pour les adapter à vos besoins et testez différentes combinaisons d'outils. Exemple :



Parallélogramme DUO (K.U.L.T.) adapté pour un passage tardif :

- Lames à angle
- Doigt KRESS (K.U.L.T.)
- Ajout de tiges à ressort

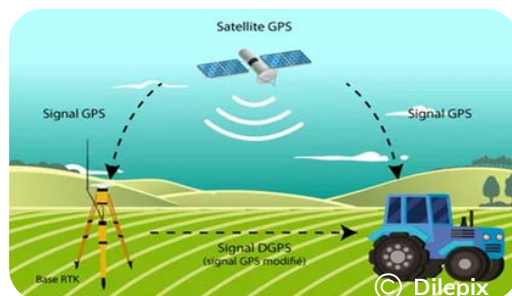


Tiges à ressort montées derrière un sarcleur à dents et à lames pour un passage tardif

3 SYSTÈMES DE GUIDAGE

Guidage GPS/RTK

Système d'assistance à la conduite du tracteur comprenant 3 éléments : satellites, antenne fixe et antenne sur le tracteur. Un moteur électrique prend contrôle de la colonne de direction du tracteur pour ajuster son positionnement.



- ➔ Toutes les opérations précédentes (semis, buttage...) doivent être faites avec GPS/RTK
- ➔ Les coordonnées de positionnement de l'antenne fixe doivent être connues et précises
- ➔ **Semoir et sarcleur portés** (fixé solidement au tracteur) : peut être employé comme seul système de guidage
- ➔ **Semoir et sarcleur trainés** : doit ajouter un second système de guidage aux équipements (système GPS/RTK sur l'équipement/guidage manuel/autoguidage par caméra)



Lestage

Il peut être pertinent d'ajouter du lestage sur le tracteur pour augmenter la sensibilité de la direction et permettre une meilleure précision

Guidage manuel

Un opérateur assis sur le siège corrige la trajectoire du sarcleur à l'aide d'un guidon. Il existe deux types de conduites : mécanique et hydraulique.

Conduite mécanique

Mouvement des roues de terrage par le guidon.



Conduite hydraulique

Mouvement du châssis hydraulique par le guidon.



VS

- | | |
|---|---|
| ➔ L'opérateur doit exercer une force significative avec les bras et faire de larges mouvements pour contrôler le sarcleur | ➔ Nécessite aucune force, un petit coup de volant modifie le positionnement du sarcleur |
| ➔ Temps de réaction plus lent | ➔ Temps de réaction plus rapide |
| ➔ Aucun châssis hydraulique ajoutant du poids au sarcleur | ➔ Châssis hydraulique nécessaire (voir châssis hydraulique) |



Demande beaucoup de concentration à l'opérateur et nécessite 2 employés (opérateur + conducteur du tracteur)

Autoguidage par caméra(s)



© Denis Giroux

1

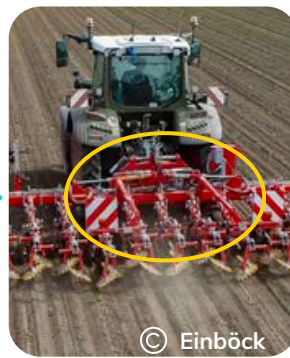
Caméra(s) fixée(s) sur l'équipement et orientées vers le sol, vers les rangs



© Denis Giroux

2

Analyse des images par un moniteur situé dans la cabine



© Einböck

3

Envoi d'un influx électrique pour déplacer latéralement le châssis hydraulique afin qu'il maintienne sa position sur le rang



Pour plusieurs modèles, certaines conditions peuvent limiter l'utilisation du système d'autoguidage. Exemples :

- Champ trop enherbé où les mauvaises herbes sont au même stade que la culture, le système peut ne pas distinguer le rang de culture
- Contraste d'ombre et de lumière important
- Poussières...



Plan B

La plupart des modèles sont conçus pour être également utilisés manuellement (joystick + moniteur ou joystick/guidon + siège à l'arrière du sarcleur) dans l'éventualité où l'autoguidage fonctionne mal (ex. : champ trop enherbé).

Châssis hydraulique : deux mécanismes de déplacement



Pivot



Cylindre



- ➡ Les deux mécanismes s'équivalent
- ➡ Attelage du châssis sur le trois points et sur le relevage hydraulique du tracteur
- ➡ Attelage du sarcleur sur le trois points du châssis
- ➡ Environ 40-50 cm de déplacement latéral



Le châssis doit être solidement fixé au tracteur et le sarcleur solidement fixé au châssis



- ➡ La plupart des modèles de châssis et système d'autoguidage peuvent être installés en rétrofit sur des sarcleurs existants.
- ➡ À l'achat d'un nouveau sarcleur, la plupart des fabricants offre plusieurs choix de guidage. Exemple :
 - Sans pilotage (le guidage se fait avec le GPS dans le cas des sarcleurs portés)
 - Pilotage manuel hydraulique (siège à l'arrière du sarcleur + guidon)
 - Pilotage manuel hydraulique avec caméra (moniteur dans la cabine + joystick)
 - Pilotage autoguidé par caméra

Quelques modèles de système d'autoguidage et leurs particularités

Row-guard Einböck



© Einböck

- Caméra et interface CLAAS Culticam «Professional»
- Châssis hydraulique étroit

Caméra CLAAS Culti Cam «Professional»

- Détection de rangs multiples (12,5 cm de distance)
- Mode 2D (choix des couleurs)
- Mode 3D
- Contrôle manuel possible
- Mesure automatique de l'angle et de la hauteur de la caméra souhaités pour la culture
- Haute résolution permettant la détection des plantes plus tôt
- Image masking : exclut les obstacles qui pourraient réduire la performance de la caméra
- Analyse en temps réel

Mode 3D



- Nécessite une différence de hauteur de 12 cm entre les mauvaises herbes et la culture.
- Les plants doivent être à une hauteur minimale de 10 cm du sol

INNOTAG



Culti Cam 3D



- Caméra et interface CLAAS Culticam «Professional»

Attelage coulisant INNOTAG



- Attelage coulisant : sarcleur léger à mi-lourd
- Guidage mécanique (AccuSense) ou automatique (CULTI CAM)

Attelage pivotant INNOTAG



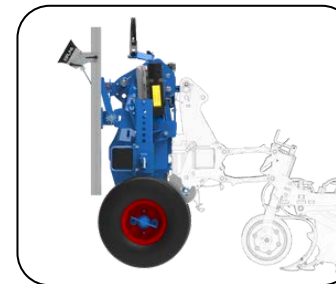
© INNOTAG

- Attelage pivotant : sarcleur lourd

Carré



PRECICAM



- Caméra KLIPLINE
- Largeur de transport : 3-3,50 m
- Attelage de tous types de sarcleurs

PRECICAM-XS



© Carré

- Caméra KLIPLINE
- Porte à faux du châssis réduit de 44 cm
- Largeur de transport : 2,40 m
- Attelage arrière de catégorie no. 2

LEMKEN IC-Light et IC-Light +



IQblue vision et IQblue vision +:



EC-Steer



© LEMKEN

- Teintes de vert ou dans le spectre de couleurs RVB
- **IC-Light +** : adapté aux cultures avec un feuillage bleuté (chou rouge, brocoli, poireau...)
- Mode couleur d'auto-apprentissage - détection plus précise de la culture, des muviases herbes et du sol
- Compatible avec un système ISOBUS
- **IQblue vision +** : adapté aux cultures avec un feuillage bleuté (chou rouge, brocoli, poireau...)
- Châssis hydraulique pour les sarcleurs existants



Alternatives potentielles ?

PSR SLIDE SKY (Reichardt)

- Châssis hydraulique et guidage par signaux satellites



© Reichardt

PSR SLIDE SONIC (Reichardt)

- Châssis hydraulique et guidage par des capteurs à ultrasons
- Indépendant des conditions météorologiques (ombrage, luminosité, vent)
- Détection des tiges de plantes



© Reichardt

Avantages

- Permet de travailler plus près du rang et de corriger la trajectoire du sarcleur
- Différents systèmes disponibles
- Possibilité d'installation en retrofit sur un sarcleur existant

Désavantages

- Offres similaires d'un fabricant à l'autre
- Possibilité d'interférences visuelles empêchant l'utilisation de la caméra
- Limitations d'utilisations possible par rapport aux conditions du champ (parcelle trop enherbée, culture pas assez développée pour être détectée)
- Difficulté du système à positionner le sarcleur lorsque la topographie des champs est vallonneuse.

4 QUELQUES MODÈLES

Sarcleur de précision à disques concaves de 30 cm autoconstruit avec système d'autoguidage par caméras pour la betterave, la rabiole et le rutabaga



Contexte agronomique

- ➡ Sol rocailleux
- ➡ Différente texture de sol sur la ferme
- ➡ Buttes

Solutions techniques

- ➡ Le bras tenant le disque n'est pas fixe, ce qui lui permet de lever lorsque le disque passe sur une roche
- ➡ Sur chaque bras, une pesée mobile permet d'ajuster la profondeur du sarclage selon la texture de sol
- ➡ Les disques permettent de sarcler le flanc des billons. L'ajout de lames à angle sur dent semi-flexible permet de sarcler l'entre-rang

Sarcleur de précision Argus (K.U.L.T.) combinant parallélogramme-DUO et dents, avec système de guidage manuel pour la carotte et le rutabaga



Contexte agronomique

- ➡ Différente texture de sol sur la ferme
- ➡ Présence plus ou moins importante de résidus
- ➡ Butte de 28 pouces de large

Solutions techniques

- ➡ Combinaison du parallélogramme-DUO pour sarcler près du rang et d'un parallélogramme composé de 3 dents à soc patte d'oie pour l'entre-rang
- ➡ Ecartement des disques et des lames sur le DUO à 12 cm au lieu de 10 cm lorsqu'il y a plus de résidus pour éviter les problèmes de bourrage
- ➡ Permet faire un premier passage dès la levée de la culture

FICHE NO. 9 - Prototypes à surveiller

eWeeding

(RootWave + Garford)



Collaboration des deux entreprises pour le développement et la commercialisation d'un nouveau produit intégrant le désherbage électrique à un porte-outils de précision autoguidé par caméra.



© Garford

Garford

- Système de guidage Robocrop Vision
- Châssis hydraulique compacte

RootWave

- Courant alternatif haute fréquence
- ✱ Plus sécuritaire pour l'utilisateur qu'un équipement employant un courant continu.



© Garford

Dés herbex



Désherbage de précision effectué par des bras robotiques indépendants et amovibles installés sur un châssis de type porte-outils. Différents embouts sont disponibles selon le type de mauvaises herbes à éliminer. L'équipement est guidé par intelligence artificielle. Il est modulaire et facilement réparable par le producteur.



- Il a été testé dans la carotte
- Essais dans la betterave en 2026
- Intérêt à développer leur technologie pour diverses cultures maraîchères, dont les légumes-racines
- À l'écoute des besoins des producteurs

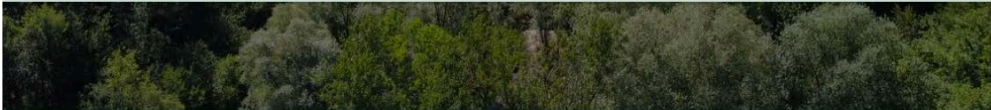
Scorpion

(Bearclaw Robotics)



Entreprise offrant plusieurs équipements de désherbage de technologies différentes : sarcleur mécanique de précision, pulvérisateur de précision et désherbage au laser. L'outil mécanique est davantage adapté aux cultures avec espacements entre les plants (ex. : laitue), mais la technologie au laser sera intéressante pour les producteurs de légumes-racines. Le premier prototype du Scorpion (désherbeur au laser) sera lancé en 2026. Leur objectif des prochaines années est d'offrir des équipements multifonction combinant les différentes technologies.

Bearclaw Robotics



Product Lineup

Spearman

Intelligent Mechanical Weeding

Archer

Intelligent Precision Spraying

Scorpion

Intelligent Laser Weeding

Custom

Custom Robotic Solutions

Grasshopper

(Caterpillar AG.)



Robot électrique complètement autonome conçu pour les cultures en rang et employant une technologie de désherbage au laser de précision guidée par intelligence artificielle. L'équipement a été conçu léger (300 kg) pour permettre une entrée au champ plus rapide au printemps ou à la suite d'un épisode de pluie.



© Caterpillar AG.



© Caterpillar AG.



© Caterpillar AG.

● Il a été testé dans la carotte

Références de désherbage



Maryse L. Leblanc.
Outils de désherbage physique
en production maraîchère.
CRAAQ, 2020



Jofroi Desperrier-Roux et Anne Weill.
«Les systèmes de guidage», Désherbage
mécanique - Fiche technique.
CETAB +, 2020.



Maryse L. Leblanc.
Pyrodésherbage de cultures
maraîchères en sol minéral.
IRDA, 2013.



Blog de Denis Diroux, Agri-réseau :
<https://www.agrireseau.net/legumeschamp/blogue/93952/>



Maryse L. Leblanc et Charlotte Giard-Laliberté.
Développement de stratégies et moyens pour désherber
la carotte en rotation avec les grandes cultures.
IRDA, CETAB +, 2022