

DÉVELOPPEMENT D'UN PROTOCOLE D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES DE DÉSHERBAGE EN VERGER

Ce projet s'inscrit dans l'axe 3 de la Stratégie d'accélération de l'adoption d'agritechnologies en horticulture (Stratégie 3AH), financée par le MAPAQ.

Réalisé par :

Caroline Beaulieu, biologiste M.Sc.

Noémie Gagnon Lupien, biologiste M.Sc.

Anne Le Mat, Agronome MBA

Les grilles comparatives et l'outil d'analyse technico-économique développés ont été produits à l'attention des producteurs de pommes du Québec.



23 janvier 2026

Table des matières

Protocole de désherbage en pomiculture.....	1
Mise en contexte et objectifs	1
Données de cadrage	2
Protocole générique	5
1) Phase d’essais préliminaires	5
Spécificités techniques	5
Conditions de passage de l’outil	6
2) Phase d’évaluation en verger	11
Étape 1 – Essai au centre de recherche (année 1)	12
Étape 2 – Essai sur des exploitations (année 2)	16
Analyse technico-économique	17
Source des données	17
Indicateurs économiques	18
Interprétation des résultats	19
Facteurs de variation	19
Présentation générale de l’outil	20
Analyse comparative des différentes technologies.....	20
Annexes.....	21

Protocole de désherbage en pomiculture

Mise en contexte et objectifs

Les nouvelles technologies en horticulture promettent d'améliorer le rendement des cultures, de simplifier la production, de réduire les coûts et de répondre aux défis posés par les changements climatiques, contribuant ainsi à la création d'un système plus durable et résilient. Malgré l'existence de nombreuses solutions technologiques, leur adoption reste limitée dans le secteur horticole.

Depuis 2022, la Zone Agtech, en collaboration avec cinq associations horticoles québécoises, a mis sur pied le Réseau d'expertise en innovation horticole (REIH)¹ pour remédier à cette situation. Les consultations menées par le REIH ont révélé que le principal obstacle à l'adoption des technologies est le manque de validation. En effet, ces technologies, souvent coûteuses, ne sont que rarement adaptées aux conditions de production spécifiques du Québec, ce qui représente un risque considérable pour les futurs utilisateurs. Les producteurs expriment donc un besoin d'informations objectives sur les performances des technologies dans le contexte québécois. Ils souhaitent également pouvoir comparer les différentes technologies disponibles pour une même tâche, afin de faire le meilleur choix pour leur entreprise.

En pomiculture, le désherbage sur le rang est l'un des principaux enjeux auxquels sont confrontés les producteurs de pommes. La gestion du couvre-sol sur le rang présente un défi spécifique à l'arboriculture qui est accentué par différentes contraintes, comme le désherbage dans de jeunes plantations, la variabilité de la topographie dans le verger et la disponibilité d'opérateurs qualifiés pour la conduite d'équipement spécialisé. Dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre et dans une optique de rentabilité des entreprises, le désherbage manuel est un facteur limitant pour la santé financière des entreprises. Considérant que l'utilisation d'herbicides est encore au cœur des stratégies utilisées en verger, la recherche de technologies alternatives au désherbage chimique revêt une importance particulière. Ceci est d'autant plus important dans une perspective de transition vers des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement.

¹ Le Réseau d'expertise en innovation horticole est un regroupement composé de l'Association des producteurs de fraises et de framboises du Québec, de l'Association des producteurs maraîchers du Québec, des Producteurs de pommes de terre du Québec, des Producteurs de pommes du Québec, des Producteurs en serre du Québec et de la Zone Agtech le pôle de développeurs technologiques au Québec

Un protocole a donc été développé par le CETAB+ pour répondre à ces besoins. Ce dernier offre la possibilité d'évaluer les performances techniques et économiques des technologies de désherbage en verger. De façon spécifique, le protocole permet de :

- Définir des critères d'évaluation (vitesse d'exécution, efficacité, impact économique, etc.).
- Proposer une méthodologie de test en verger, incluant les superficies à tester, les répétitions et les comparaisons avec les pratiques actuelles.
- Développer une grille de compilation des résultats pour permettre une analyse comparative entre différentes technologies.
- Fournir un outil d'analyse technico-économique pour estimer le retour sur investissement.

Tout ceci dans le but de mettre au point un protocole d'évaluation rigoureux et standardisé pour accélérer l'adoption de technologies de désherbage éprouvées de manière objective dans le contexte de production québécois.

Données de cadrage

À la suite d'échanges avec les membres du comité de pilotage et d'une revue exhaustive de la littérature, nous avons observé que peu de nouvelles technologies sont rapidement accessibles pour les producteurs. Contrairement à d'autres cultures où de nouvelles technologies (ex : laser) voient le jour, l'émergence de ces technologies est limitée en pomiculture par la gestion sur le rang qui complexifie les opérations de désherbage. Le désherbage mécanique est actuellement la principale option et il s'annonce prometteur comme alternative au désherbage chimique. Devant ce constat, nous avons tout de même décidé de créer un protocole générique qui permettra de mettre à l'essai de nouvelles technologies lorsqu'elles seront disponibles. La définition des paramètres à mesurer dans ce protocole s'est naturellement appuyée sur le désherbage mécanique, pour lequel il était relativement simple d'identifier les éléments de comparaison pertinents à intégrer dans nos essais, mais des ajustements seront peut-être nécessaires au fil du temps en fonction des spécificités des technologies émergentes.

Le désherbage mécanique apporte aussi son lot de défis pour permettre une comparaison adéquate, car on parle, entre autres, de plusieurs outils différents sur un même porte-outil. La maîtrise du désherbage mécanique fait d'ailleurs généralement appel à l'utilisation d'une combinaison d'outils. Cette régie de désherbage est très peu documentée au niveau scientifique. Dans ce contexte, nous avons décidé d'évaluer la performance des outils dans les conditions optimales d'utilisation lorsqu'elles sont

connues. Par exemple, des outils rotatifs tel qu'une faucheuse à fil ne seront pas utilisés lorsque la hauteur du couvert excède 20cm ; des essais pourraient plutôt être réalisés avec des équipements plus adaptés comme des disques émotteurs, des disques crénelés ou une décavaillonneuse. Les critères sélectionnés sont précisés un peu plus loin. Le protocole élaboré tient compte des différentes structures des exploitations (densité de plantation, topographie et caractéristiques du sol) et, plus particulièrement du calibre des arbres, qui complexifie le succès des opérations de désherbage par l'augmentation du risque de blessures chez les arbres nouvellement plantés.

Par désherbage, nous considérons à la fois les opérations de désherbage qui ont pour objectif de mettre le sol à nu et les opérations de tonte qui visent à limiter la concurrence des adventices par une gestion de la hauteur du couvert. Nous avons convenu de nous concentrer sur le désherbage sur le rang puisque c'est là où il y a le plus de contraintes spécifiques au verger et où on applique le plus d'herbicides ; la gestion de l'allée étant beaucoup moins problématique.

Le protocole développé se divise en deux parties (figure 1). La phase d'essais préliminaires se déroule dans un dispositif sans arbre conçu pour déterminer les spécificités et la versatilité de l'outil, tout en limitant les risques pour les vergers participants. La collecte d'informations connues sur les spécificités techniques de l'outil à l'étude établit les paramètres initiaux de cette phase d'essai. La seconde phase permet une évaluation en condition réelle de verger en tenant compte des balises déterminées précédemment pour limiter les risques des essais sur les arbres. Cette deuxième phase permet de mesurer plus spécifiquement la performance de l'outil pour la gestion des adventices. Les différents indicateurs retenus sont présentés plus en détails dans le protocole générique.

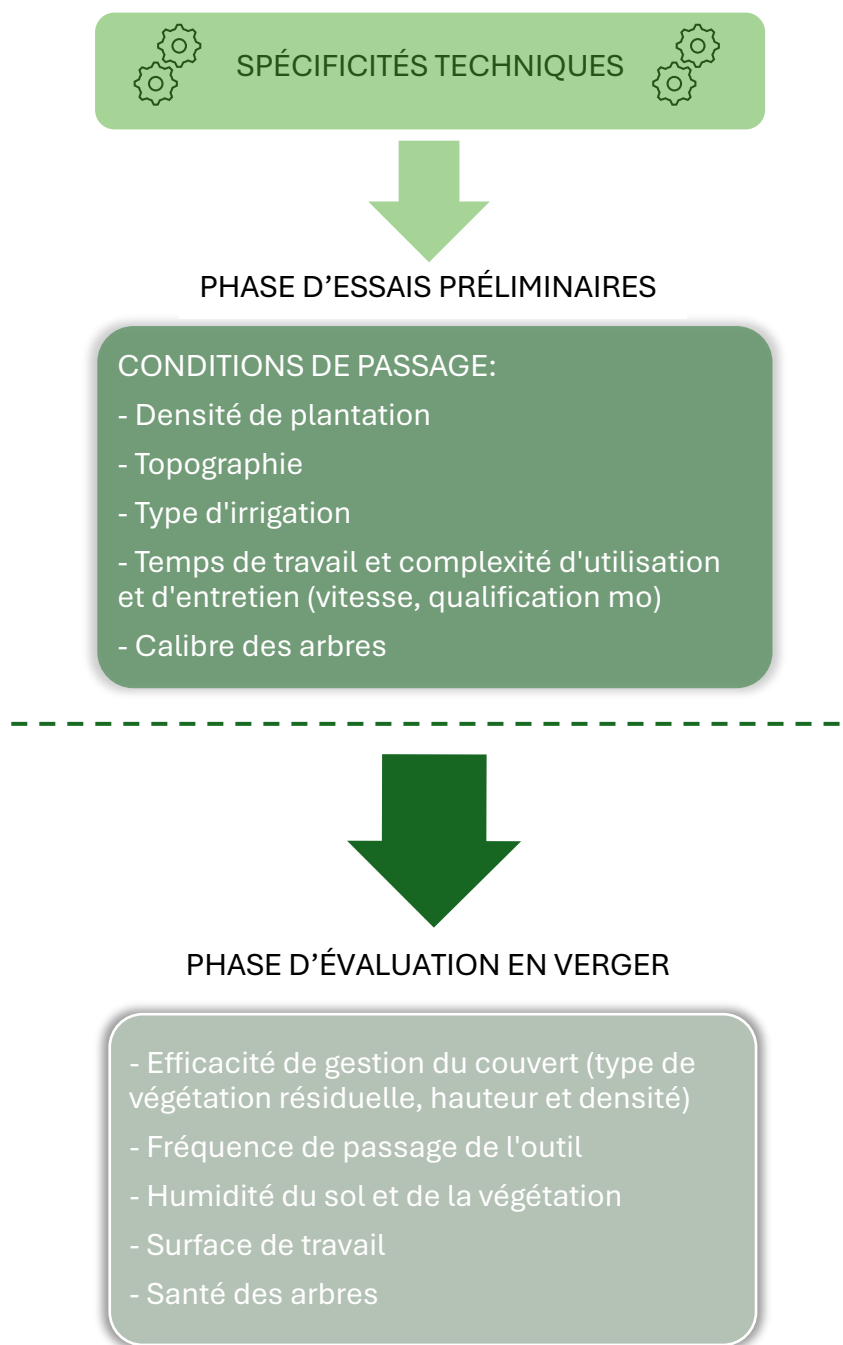


Figure 1 : Représentation graphique du protocole générique d'évaluation des performances des technologies de régulation des adventices sur le rang dans les vergers de pommiers. La phase d'essais préliminaires permet de statuer sur les conditions et la faisabilité d'un essai en parcelle de pommiers.

Protocole générique

1) Phase d'essais préliminaires

En pomiculture, les technologies de désherbage sur le rang doivent avoir un système qui permet de s'approcher suffisamment près des arbres pour atteindre les adventices sans risquer d'endommager les arbres. Ceci est un enjeu pour plusieurs outils de désherbage mécanique qui utilisent un système de détection des arbres qui comprend un palpeur (hydraulique ou mécanique) permettant à l'outil de se rétracter pour contourner l'arbre. Ce genre de système limite, par exemple, leur utilisation sur de jeunes plantations (faible sensibilité ou forte résistance du palpeur) ou des plantations très denses (zone de contournement trop grande). Les outils ont aussi des limitations connues ou à valider afin de fournir un cadre d'utilisation détaillé et éprouvé aux futurs utilisateurs. Afin de définir le cadre d'utilisation des technologies évaluées, une phase d'essais préliminaires est réalisée dans des parcelles conçues spécifiquement pour le projet. Comme on doit soumettre les outils à différentes conditions de travail et tester leur versatilité et leur limite, cette première phase n'implique pas d'arbres qui sont remplacés par des tiges.

Spécificités techniques

Dans un premier temps nous allons extraire un maximum d'informations de la part des fabricants et de la littérature sur les particularités de l'outils, dont les dimensions, les ajustements possibles, la vitesse d'avancement suggérée, le type de travail effectué et le contexte d'utilisation optimal pour établir les bases de nos essais subséquents sur le terrain.

Guidés par les spécificités techniques, les outils seront soumis à différentes conditions de travail dans la phase préliminaire pour clarifier leurs limites d'utilisation. Par exemple, les dimensions de l'équipement permettront notamment d'évaluer leur compatibilité d'utilisation dans différentes densités de plantation ou au mode de conduite des arbres. Advenant le cas où certaines données ne sont pas disponibles auprès des fabricants, celles-ci pourraient être mesurées directement sur le terrain. C'est aussi lors de cette première étape que nous évaluerons, les coûts d'achat et d'entretien, pour établir, entre autres, les coûts de possession pour la partie technicoéconomique.

Conditions de passage de l'outil

Densité et topographie

Avec la modernisation des vergers, on observe une augmentation de la densité dans les implantations qui complexifie, par le fait même, le désherbage entre les arbres. On distingue tout de même une grande diversité de densité de plantation actuellement au Québec qui se décline de la façon suivante : la faible densité (< 700 pommiers/ha), la densité moyenne (700 à 1600 pommiers/ha), la haute densité (1600 à 3500 pommiers/ha) et la très haute densité (> 3500 pommiers/ha). Dans le cadre de ce protocole, nous allons évaluer les plantations de moyenne à très haute densité puisque que le passage d'un outil est moins contraignant à faible densité. L'espacement entre les arbres simulés sera de 0.75m à 2.25m avec un espacement moyen à 1.25m. Nous utiliserons aussi un espacement moyen de 3 à 4 mètres entre les rangs dans le dispositif. L'espace restreint entre les arbres peut faire obstacle au déploiement de l'outil sur le rang, c'est pourquoi la distance de plantation est simulée pour tester les limites d'utilisation de l'outil.

Dispositif

Pour la densité de plantation, un dispositif en bloc aléatoire complet avec 3 répétitions (rangs) est mis en place. Ce dispositif est constitué de 3 rangs d'environ 60 mètres de longueur. Sur chaque rang on retrouve des tiges de métal plantées à trois différentes densités sur une longueur de 20m (figure 2). Les trois rangs sont aussi parallèles à une pente où le haut des rangs est plutôt plat (~4%) alors que le centre et la dernière portion sont plus inclinés (~10%). Les outils travailleront sur chaque rang des deux côtés pour évaluer l'incidence de la montée ou de la descente de cette pente sur le travail de l'outil. Au total, 3 paramètres seront considérés dans ce dispositif : 1) la densité de plantation ; 2) l'inclinaison de la pente : 3) le sens de déplacement (montée ou descente). Ces paramètres seront déclinés en 18 combinaisons (Tableau 1). Trois allers-retours seront faits sur chaque rang pour collecter l'ensemble des données et ainsi obtenir suffisamment de répétitions pour considérer les effets combinés des trois paramètres à l'étude. Pour éviter les biais attribuables à la mise en route de l'outil, les conditions de passage de l'outil seront collectées sur 4 arbres excluant le début de la parcelle en fonction du sens de déplacement de l'outil, soit 36 mesures par traitement.

Tableau 1 : Paramètres évalués dans le dispositif

Densité	Inclinaison de la pente	Sens de déplacement
Moyenne	Faible	Montée
Haute	Moyenne	Descente
Très haute	Élevée	

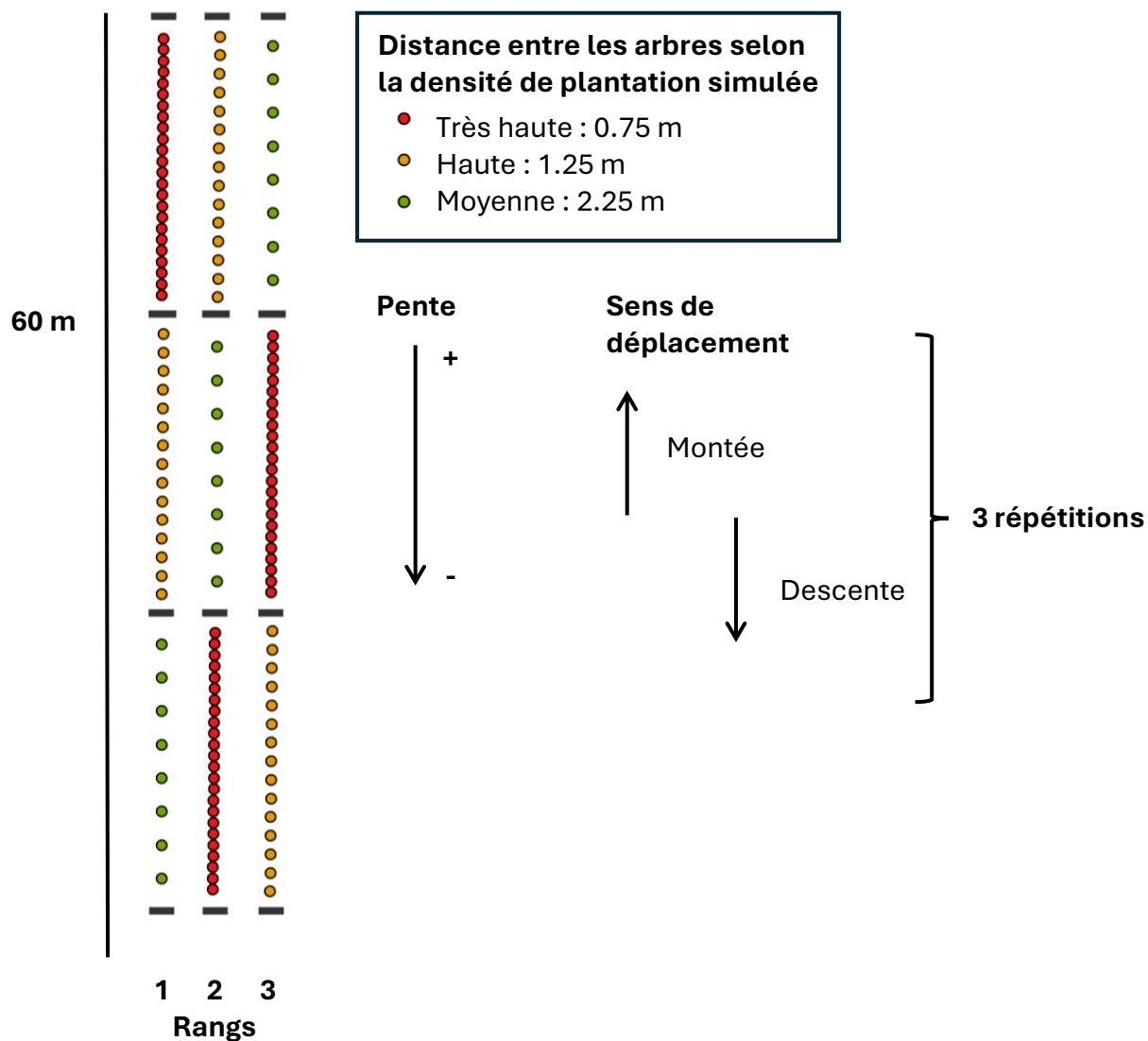


Figure 2 : Dispositif en bloc aléatoire complet élaboré pour simuler trois densités de plantation lors de l'essai des technologies de désherbage en phase préliminaire.

Évaluation de la zone de travail

Comme l'espacement restreint entre les arbres peut limiter le travail des outils, l'efficacité du système d'effacement de l'outil, c'est-à-dire sa capacité à contourner les arbres pour travailler sur le rang, sera évaluée. Lors de chaque passage, soit 3 aller-retours sur chaque rang, des caméras seront installées sur le palissage orientée face au rang pour observer le travail de l'outil sur les quatre arbres consécutifs au centre de chaque parcelle. Si l'outil travaille le centre du rang entre deux arbres, il sera considéré comme efficace, sinon comme inefficace. Les données seront compilées sous forme binaire (1=Oui, 0=Non).

➤ GRILLE DE COMPILATION : 2-DENSITÉ ET TOPOGRAPHIE

Évaluation des contraintes liées au système d'irrigation

Le système d'irrigation peut également restreindre l'utilisation de certains équipements. Étant donné que l'approche la plus courante repose sur une installation au sol, un système de goutte-à-goutte sera déployé le long des trois rangs du dispositif afin de reproduire la configuration d'irrigation la plus fréquemment utilisée dans les vergers. Lors de chaque passage, les bris et les déplacements du système d'irrigation seront notés pour déterminer si la technologie de désherbage peut être utilisée telle qu'elle avec un système d'irrigation au sol ou si des ajustements sont nécessaires à l'adoption de la technologie (par exemple, butter le tuyau à tous les 2 pieds ou remonter l'irrigation). Au total, quatre observations seront réalisées sur des sections d'un mètre de goutte-à-goutte au centre de chaque parcelle. Si l'outil n'entraîne pas de bris ni de déplacements, il sera considéré comme efficace avec un système d'irrigation au sol, sinon comme inefficace. Les données seront compilées sous forme binaire (1=Oui, 0=Non).

➤ GRILLE DE COMPILATION : 2-DENSITÉ ET TOPOGRAPHIE

Évaluation des blessures aux troncs

Pour évaluer les risques de blessures des outils sur les troncs, un premier test sera fait dans le même dispositif. Les quatre tiges de métal plantées au centre de chaque parcelle à différentes densités seront entourées d'une gaine en mousse muni d'un ruban protecteur pour simuler l'écorce des arbres. La sévérité des dommages sera évaluée selon une échelle qualitative à 3 niveaux, allant d'aucun dommage à des dommages importants (tableau 2).

➤ GRILLE DE COMPILATION : 2-DENSITÉ ET TOPOGRAPHIE

Tableau 1. Transformation de l'abondance-dominance en pourcentage de recouvrement moyen (Gounot, 1969)

Indice d'abondance-dominance	Classe de recouvrement (%)	Recouvrement moyen (%)
5	75-100	87.5
4	50-75	67.5
3	25-50	37.5
2	10-25	17.5
1	1-10	5.5
Tr	0-1	0.5

Temps de travail

Pour chacun des traitements, la vitesse d'avancement proposée par le fabricant servira de point de départ et pourra être réduite selon les observations sur le terrain, que ce soit à cause de la pente ou de la densité de plantation. Le cas échéant, c'est cette vitesse qui sera utilisée pour calculer le temps de passage de l'outil lors de l'analyse technico-économique. Trois mesures seront prises entre les différents passages pour le temps d'installation, d'ajustement et de retrait de l'outil sur le tracteur.

Une évaluation qualitative du niveau de qualification de l'opérateur sera également faite à ce moment. La complexité d'utilisation sera basée sur la possibilité de déléguer les opérations à différentes catégories de personnel, à savoir le propriétaire, l'ouvrier spécialisé ou l'ouvrier non spécialisé.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 3-TEMPS DE TRAVAIL

Tableau 2 : Échelle qualitative de dommages à 3 niveaux sur la gaine en mousse entourée de ruban adhésif

Gradient de dommage	Description de qualitative
Aucun	Aucun impact visible ou mesurable sur la gaine en mousse et le ruban protecteur.
Faible	Impact mineur, marques superficielles visibles sur le ruban protecteur et la gaine en mousse, notamment une légère compression de cette dernière. Aucune exposition de la tige de métal.
Important	Impact notable, déformation visible de la gaine en mousse avec une profondeur important pouvant aller jusqu'à l'exposition de la tige de métal.

Calibre des arbres

Cette évaluation sera spécifique aux outils de désherbage mécanique et permettra de déterminer de façon qualitative si des tests en verger sur des arbres de petits calibres (jeunes et/ou nains) sont possible. Actuellement, les outils de désherbage mécanique sont munis d'un système de palpeurs pour contourner les arbres et la sensibilité et la résistance de ceux-ci ne permet pas toujours une utilisation sur de petits arbres. Comme les petits arbres peuvent être blessés et même arrachés par la force d'impact des outils, un essai sera réalisé à l'aide de tiges de bois de différents diamètres afin de simuler la résistance mécanique de différents calibres d'arbre. Pour évaluer la résistance

mécanique, deux facteurs doivent être pris en compte, soit le module d'élasticité qui exprime la résistance d'un matériau à la déformation élastique et le module de rupture qui exprime la résistance à la flexion. Ces deux éléments sont variables en fonction du diamètre des pommiers, donc de l'âge des arbres et du porte-greffe utilisé.

Dispositif

Nous utilisons des tiges de peuplier pour cette évaluation de différents calibres. L'essence de peuplier a été sélectionnée en raison de ses propriétés mécaniques légèrement inférieures à celles du bois vert des jeunes pommiers, notamment en termes de module d'élasticité et de résistance à la flexion. Ceci confère une marge de sécurité intéressante pour une éventuelle mise à l'essai en conditions réelles sur de jeunes pommiers si les résultats s'avèrent concluants. Trois diamètres de tiges sont évalués : 12mm (≈ 0.5 po), 19 mm (0.75 po) et 25 mm (≈ 1 po). Des sections de cinq tiges de chaque calibre sont placées en rang à une distance de 2,25m entre les tiges, correspondant à une densité moyenne de plantation (figure 3). Elles sont plantées et ancrées dans le sol laissant une hauteur hors sol de 1.5 mètre.

Un plan unifactoriel avec 3 modalités est mis en place pour cet essai. Les données sont prises uniquement sur les 3 tiges au centre de la parcelle. L'essai sera réalisé en suivant un gradient décroissant de calibre pour tester les limites d'utilisation de l'outil. Cinq allers-retours seront complétés pour chacune des densités. Au total de 30 observations seront faites par diamètre observé ($n=90$). L'élasticité sera évaluée en mesurant la flexion de l'arbre lorsqu'il entre en contact avec le palpeur. Pour ce faire, la déviation de la tige sera évaluée en mesurant l'angle maximal atteint entre la tige fléchie et sa position initiale. Une caméra sera installée, cette fois, de façon à filmer le rang de côté, donc perpendiculairement au rang afin d'extraire les images nécessaires pour mesurer la flexion maximale. Le point de rupture sera évalué de manière simultanée, en fonction du succès ou de l'échec au passage de l'outil de désherbage, c'est-à-dire selon que la tige résiste ou cède au contact.

Si toutes les tiges de bois de 25mm cèdent lors du premier passage de l'outil, l'essai ne sera pas poursuivi avec les calibres inférieurs et il sera déterminé que l'outil ne peut pas être utilisé sur des arbres de calibre inférieur ou égal à 25mm. Si l'angle de flexion dépasse 10-15 degrés pour les trois tiges suivies, il sera aussi déterminé que l'outil ne peut pas être employés sur des calibres inférieurs ou égales d'arbres et les essais ne seront pas poursuivis. Bien que conscient des limites de ces essais en l'absence de seuil de flexion et de point de rupture connu pour les pommiers, ces tests permettent surtout de ne pas mettre à risque des plantations de pommiers par l'utilisation d'outils inadaptés à certains types de plantations.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 4-CALIBRE DES ARBRES

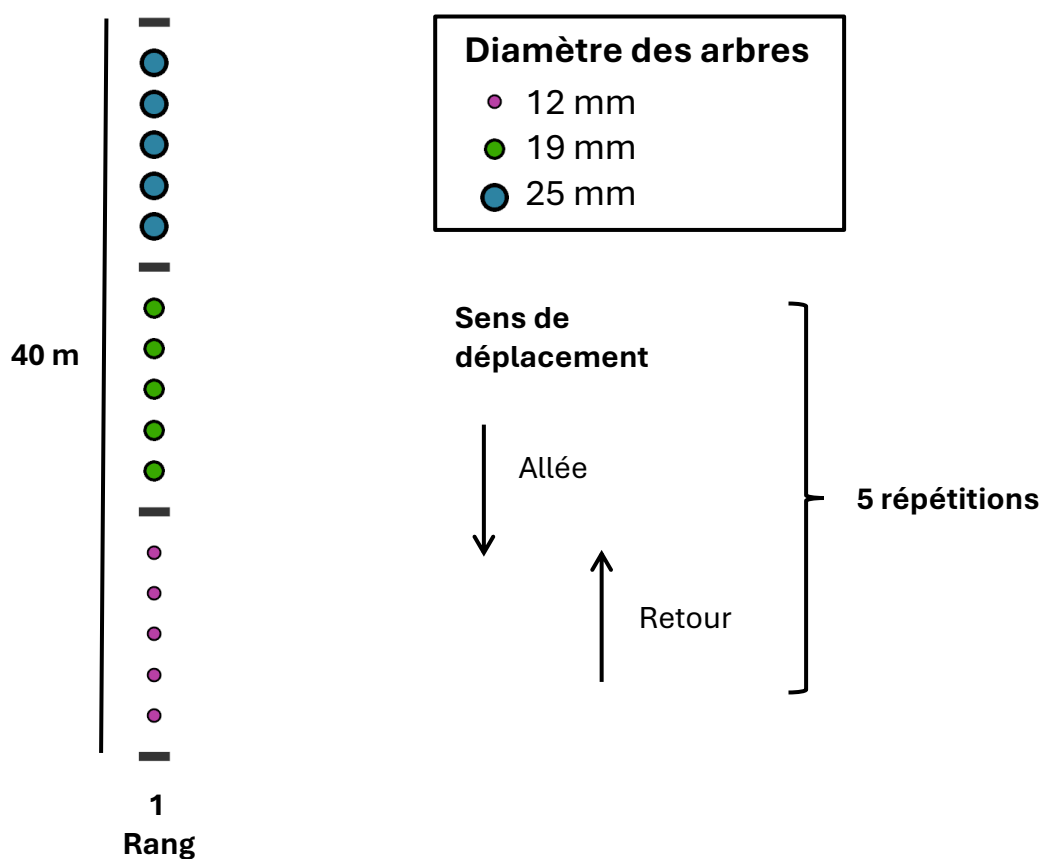


Figure 3: Plan unifactoriel avec trois modalités pour simuler les trois calibres d'arbres lors de l'essai des technologies de désherbage en phase préliminaire.

2) Phase d'évaluation en verger

Une fois la phase d'essais préliminaires complétée, les résultats seront analysés pour déterminer la pertinence de poursuivre les essais en verger et les types de plantations sur lesquels ils pourront être réalisés. La suite de l'expérimentation se déroule en deux étapes selon un concept d'expérimentation de type mère-fille. Les outils seront testés d'abord dans une parcelle en centre de recherche avec une collecte de données exhaustives et l'année suivante, dans des contextes d'utilisation variés sur des entreprises commerciales pour raffiner nos évaluations.

Étape 1 – Essai au centre de recherche (année 1)

Dispositif

La première année d'évaluation en verger aura lieu au centre de recherche du CETAB+ sur des arbres semi-nain à densité moyenne. Ce sera l'occasion d'évaluer l'efficacité de contrôle des adventices avec ces outils. Les outils mis à l'essai ont une fonction et des conditions d'utilisation très variables, c'est pourquoi nos essais devront être réalisés dans des conditions d'enherbement adaptés selon l'outil à l'étude pour évaluer ses performances. Selon l'outil à l'étude trois scénarios d'enherbement distinct pourront être préparés : 1) un couvert végétal avec faible repousse de moins de 20 cm, 2) une végétation dense fauchée à moins de 20 cm et 3) une végétation dense de plus de 20 cm. L'évaluation de la performance des outils sera faite uniquement dans les conditions optimales d'utilisation lorsqu'elles sont connues, c'est-à-dire que la hauteur et la densité initiales du couvert végétal est connue de façon théorique ou selon les recommandations des équipementiers. Pour ce faire, trois rangs seront préparés de façon à avoir une couverture végétale initiale optimale pour l'outil. Sur ces rangs les données seront collectées sur 4 sections de 10 mètres au centre du rang (figure 4).

➤ **GRILLE DE COMPILATION : 5-CONDITIONS INITIALES**

Gestion des adventices

Le pourcentage de recouvrement des adventices sera évalué avant et après l'intervention de désherbage par des observations sur le terrain et des analyses d'images. L'application Canopeo, développée par l'Université d'État de l'Oklahoma, permettra de mesurer le pourcentage de recouvrement des adventices basée sur le pourcentage de vert dans les photos, ce qui permettra d'évaluer avec précision le recouvrement des adventices et d'éviter le biais attribuable à l'observateur. Quatre quadrats de 50x50cm seront évalués dans chacune des sections de rang de 10m, pour un total de 16 quadrats par rang avant et 16 quadrats après l'intervention (n=96) au même endroit. Les principales adventices seront identifiées et l'abondance relative des feuilles larges et des graminées seront évalués selon l'échelle de Braun-Blanquet modifiée (tableau 3). Ceci permettra de faire un suivi des espèces d'adventices contrôlées et d'identifier les espèces problématiques le cas échéant.

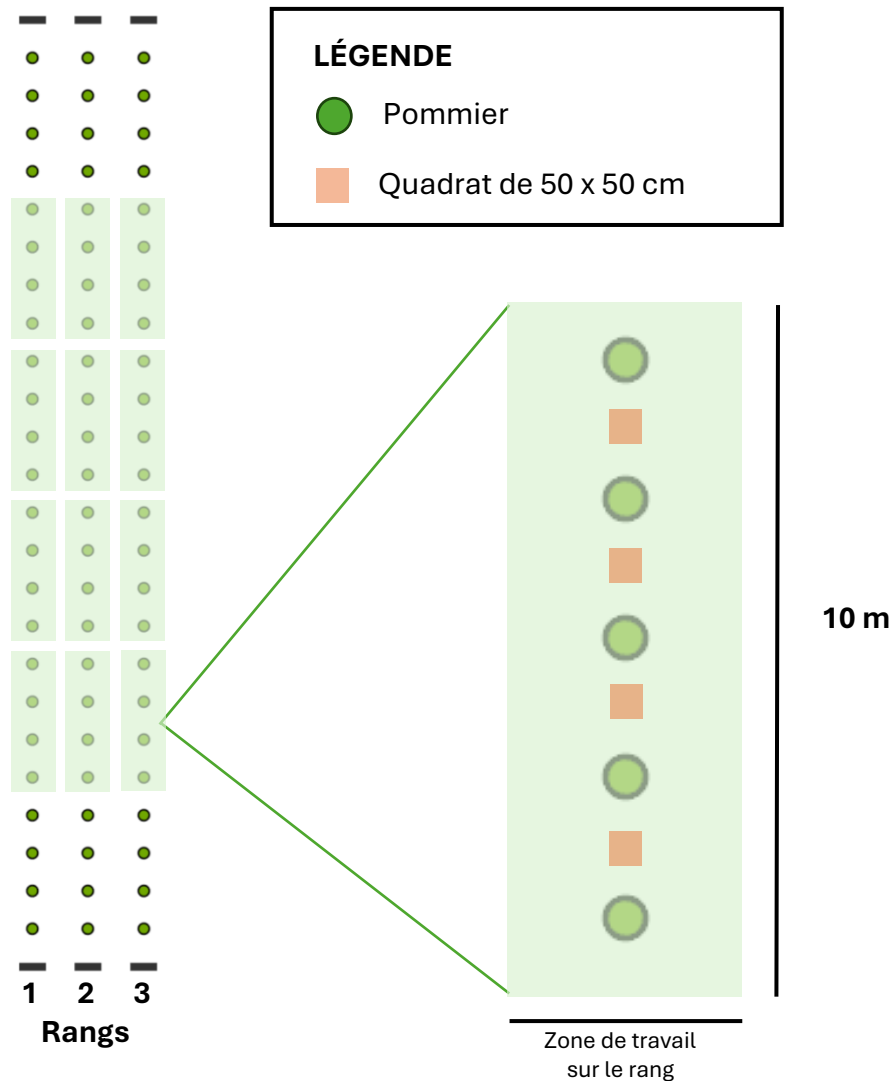


Figure 4 : Dispositif mis en place pour évaluer la gestion des adventices sur le rang des technologies de désherbage en verger. Les rangs de pommiers auront été préparés pour rencontrer les conditions optimales d'utilisation de l'outil.

La hauteur maximale du couvre-sol sur le rang sera mesurée en prenant aléatoirement trois mesures de la hauteur dans chacun des quadrats avant et après l'intervention de tonte ou de désherbage à proprement dit (n=288). Les premières mesures permettront de valider les conditions optimales alors que les secondes serviront à voir l'abaissement de la hauteur du couvert.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 6-GESTION DES ADVENTICES

Tableau 3. Transformation de l'abondance-dominance en pourcentage de recouvrement moyen (Gounot, 1969)

Indice d'abondance-dominance	Classe de recouvrement (%)	Recouvrement moyen (%)
5	75-100	87.5
4	50-75	67.5
3	25-50	37.5
2	10-25	17.5
1	1-10	5.5
Tr	0-1	0.5

Fréquence de passage de l'outil

Dans le contexte du projet, il nous est possible d'utiliser l'outil uniquement pour une période de 3 semaines. Nous ne serons donc pas en mesure de déterminer la fréquence de passage sur une saison complète. Néanmoins, aux 4 à 5 jours nous effectuerons un passage de l'outil dans une nouvelle section de rang de 40m lors de cette période d'essai (6 dates de passages différentes). Pour chaque nouvelle section travaillée, nous mesurerons la densité et la hauteur de la végétation 14 jours, 21 jours et 28 après le passage afin de déterminer le moment de retour aux conditions initiales du test pour cet outil (souvent autour de 30-40% de recouvrement de végétation pour les outils de travail du sol). Cette évaluation sera faite dans 8 quadrats de 50X50cm. Le décalage des passages dans le temps nous permettra aussi d'intervenir dans des conditions météorologiques différentes, un élément qui affecte le développement végétal. Ce sera également l'occasion de réaliser 2 passages après une pluie afin de comparer la performance de l'outil dans des conditions humides par rapport sèches.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 7-FRÉQUENCE DE PASSAGE

Surface de travail

Pour évaluer la portée de l'outil, la largeur de la zone de travail sur le rang sera mesurée en évaluant la distance désherbée par rapport au centre du rang après un passage de l'outil. Pour ce faire, 4 zones de travail seront mesurées entre les arbres dans chacune des quatre sections de 10 m par rang, pour un total de 16 zones mesurées par rang (n=48). La précision de la commande d'effacement de l'outil, soit le rayon d'action de l'outil au niveau du tronc, sera évaluée en mesurant la distance moyenne entre le tronc et la section désherbée sur le rang sur trois arbres dans chacune des sections. Le rayon moyen par arbre sera la résultante d'une mesure aux quatre points cardinaux, pour un total de 12 mesures par section de 10m, totalisant 48 mesures pour un rang (n=144).

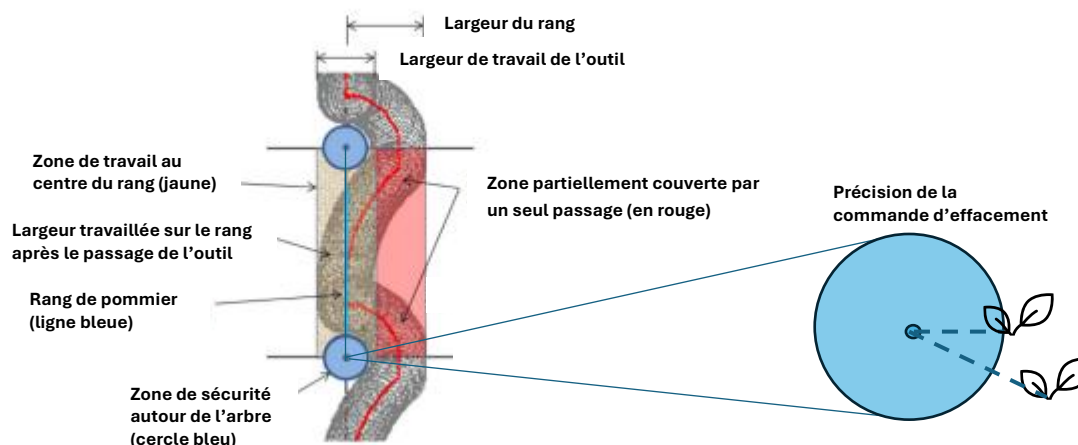


Figure 5 : Schématisation d'un système de contrôle mécanique sur le rang avec déplacement latéral de l'outil de désherbage lorsque le palpeur détecte l'arbre. Sur cette figure, un seul passage a été effectué sur le rang. Figure adaptée, modifiée et traduite à partir de : Assiralli et Liberati (2022), *Simulation modelling of mechanical systems for intra-row weeding in a precision farming approach*. Spanish Journal of Agricultural Research, 20(1) e0201].

Étant donné que certaines technologies peuvent altérer la surface désherbée, des indicateurs complémentaires seront mesurés pour les technologies visant à mettre le sol à nu. La formation de crêtes ou de sillons sera évaluée en calculant la variation de hauteur (minimale-maximale) à 4 endroits à l'intérieur des sections de 10 m, 2 variations mesurées de part et d'autre du rang de pommiers, pour un total de 16 observations par rang (n=48). Une description qualitative des travaux de sol mettant en évidence les effets sur la structure du sol, l'homogénéité du travail et la présence de résidus végétaux, accompagnera l'indicateur d'altération de la surface du sol pour chacun des rangs travaillés.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 8-SURFACE DE TRAVAIL

Santé des arbres

Bien que les risques potentiels de dommages au tronc aient été évalués lors de la phase d'essais préliminaires, seule une mise à l'épreuve sur de vrais arbres permet de valider ces observations. Pour ce faire, 4 arbres seront observés à l'intérieur de chacune des sections de 10 m (n=48). Des photos seront prises pour documenter les dommages et la sévérité de ces derniers sera établie selon la même échelle qualitative que dans la phase préliminaire (tableau 4).

Tableau 4 : Échelle qualitative de sévérité d'écorçage à 3 niveaux

Gradient d'écorçage	Description de qualitative
Aucun	Aucun impact visible ou mesurable sur l'écorce
Faible	Impact mineur, marques superficielles visibles sur l'écorce, notamment une légère compression. Aucune exposition du cambium.
Important	Impact notable, déformation visible sur l'écorce avec une profondeur importante entraînant une exposition de du cambium.

Étant donné que certaines technologies de désherbage peuvent exposer les racines des pommiers lors de travaux de sol, le nombre de racines de pommier hors du sol sera dénombré dans 4 quadrats de 50 x 50 cm après le passage de ce type d'outil.

Advenant le cas où un élément d'anormal semble compromettre la santé des pommiers et que cela paraît lié l'utilisation des outils de désherbage, ceci sera indiqué dans la grille de compilation de données et une mention sera inscrite dans la section « autres remarques » de l'outil de comparaison technico-économique des technologies de désherbage.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 9-SANTÉ DES ARBRES

Étape 2 – Essai sur des exploitations (année 2)

Une fois la technologie éprouvée au centre de recherche, des essais simplifiés seront déployés sur une à trois exploitations pomicoles. Cela permettra d'exposer la technologie de désherbage à différentes contraintes (type de sol, espèces d'adventices, densité de plantation) et de voir sa polyvalence sur le terrain. Le protocole sera adapté et simplifié selon les besoins. Ce sera aussi l'occasion de voir d'autres opérateurs expérimenter la technologie, et ce, en contexte de production. À cette étape, le temps d'accompagnement nécessaire au bon déploiement de l'outil sera évalué pour voir le niveau d'accessibilité de la technologie.

Analyse technico-économique

L'analyse consiste à rassembler les données importantes recueillies parmi les spécifications techniques ou au cours de l'utilisation des équipements afin de calculer les principaux ratios économiques qui entrent dans la décision d'acquérir ou non un équipement.

Source des données

Les principales informations à documenter sont :

- Le coût d'acquisition (achat, transport, logiciel, subvention)
- Le coût de passage (superficie traitée, temps total d'opérateur, consommation de diesel, temps de fonctionnement du tracteur)
- L'estimation du nombre de passages requis pour effectuer le désherbage souhaité.

Le calcul requiert l'usage de plusieurs méthodes (notamment la méthode DIRT, que l'on retrouve dans l'AGDEX 824/825 du CRAAQ, coût de possession) et de plusieurs valeurs issues de budgets de références. Ces éléments sont inscrits par défaut dans l'outil de calcul technico-économique avec les budgets et l'année de référence, ce qui permet à l'utilisateur de les mettre à jour ou de les modifier avec ses propres valeurs, si cela est souhaité.

Dans l'ensemble, les données requises sont des informations du fabricant ou du distributeur pour les coûts de possession. Pour les données d'utilisation, soient les temps de travail, la consommation de carburant, le coût d'entretien et le nombre de passages, celles-ci sont idéalement collectées directement sur le terrain. Si cela n'est pas possible, l'utilisateur pourra prendre les estimations disponibles auprès du fournisseur ou de références.

Dans cet outil, on considère que l'équipement envisagé est un investissement supplémentaire sur la ferme. Par ailleurs, pour évaluer les critères de retour sur investissement et de ratio coût/bénéfice, on propose à l'utilisateur de documenter un pourcentage espéré de gain de revenu, en lien avec l'usage de la technologie. À noter que pour la valeur des revenus, une valeur standardisée est proposée; valeur notamment utile lorsqu'un verger n'est pas encore en étape de production. Le pourcentage de gain de revenu est possiblement difficile à évaluer. Dans ce contexte, il est suggéré à l'utilisateur de se référer à des publications sur le sujet et surtout à sa connaissance du marché et de sa production.

Les budgets et les indicateurs sont calculés par unité de superficie, soit par hectare de verger. Pour cela, l'outil de calcul utilise par défaut une superficie de verger qui est une valeur moyenne pour les entreprises au Québec. Comme ce chiffre a une incidence majeure sur les coûts et les indicateurs, il est suggéré de la réviser pour la mettre à jour au besoin.

Indicateurs économiques

Pour le volet économique, les indicateurs suivants ont été sélectionnés :

- Coût total d'acquisition : somme de tous les coûts d'achats lors de l'investissement initial, incluant le transport et les éventuels autres frais liés. Les subventions potentielles sont à indiquer. Cet indicateur permet de prendre en compte les enjeux de financement initial (capacité d'autofinancement et/ou d'emprunt).
- Coût total de désherbage : somme des coûts d'opération par passage multipliée par le nombre de passages, et des coûts de possessions de l'équipement du tracteur, rapportés par hectare de verger.
 - Ceci inclut les coûts variables (carburant, temps de travail) par passage et le total de tous les passages.
 - Ceci inclut aussi la part de coûts de possession (entretien, équipement et tracteur) qui correspondent à l'utilisation annuelle. À titre d'illustration, pour chaque hectare en verger, une entreprise de 12 hectares dépensera 1/12 du total de ses coûts de possession de tracteur et d'équipement (amortissement, entretien, assurance, intérêt).
- Capacité en hectares par heure, pour un passage :
 - Temps requis pour effectuer le désherbage pour un hectare.
 - Se calcule sur base d'essais au champ, en enregistrant le temps de travail de l'opérateur et la superficie de l'essai.
 - Peut-être aussi obtenue par une formule de calcul en fonction de la vitesse de travail en km/heure, de la largeur de travail (ici : largeur des rangs, laquelle doit être divisée par 2 si on utilise un outil bilatéral), et de l'efficacité de travail (par défaut : 80%).
 - Cet indicateur permet d'illustrer la superficie maximale qui peut être couverte lors d'un passage. Ceci renseigne le producteur par rapport aux enjeux de délai de traitement lors des périodes de pointe de travail.
- Gain (ou perte) marginal(e) : différence ou gain de revenu espéré et les coûts additionnels générés par l'équipement et son usage. Le calcul est fait par hectare de verger, pour la superficie de verger retenue dans les paramètres généraux.

- Retour sur investissement : gain marginal divisé par le coût total d'acquisition (net de subvention et rapporté à l'hectare).
- Délai de récupération : coût total d'acquisition divisé par le gain marginal.

Interprétation des résultats

L'utilisateur devra prendre en compte :

- La valeur absolue des indicateurs : est-ce que la valeur obtenue (de gain marginal, de délai de récupération, par exemple) convient à l'entreprise ou au projet ?
- La comparaison des indicateurs entre les technologies :
 - Est-ce que la valeur est meilleure ou moins bonne que pour l'autre technologie envisagée ?
 - Comment se compare-t-elle aux indicateurs pour le désherbage chimique ?
- La réflexion d'ensemble avec le volet technique :
 - Par rapport à l'efficacité sur les différents indicateurs techniques, est ce que les facteurs économiques viennent appuyer ou défavoriser l'intérêt d'une technologie?
- L'impact des facteurs de variation (voir ci-après).

Facteurs de variation

L'analyse économique repose sur plusieurs hypothèses importantes sur les tailles et modèles d'entreprise. Elle utilise aussi des hypothèses sur des prix et des coûts unitaires. Par conséquent, l'utilisateur est invité à :

- Lire avec attention les paramètres généraux et par défaut, pour les adapter à sa réalité.
- Choisir dans les outils proposés, le modèle d'affaires qui se rapproche le plus de sa réalité (ou de celle de ses clients)
- Considérer les tableaux d'analyse de sensibilité qui mettent en relief l'impact des écarts (superficie, gain de revenu) sur les indicateurs économiques.

Présentation générale de l'outil

La grille se présente sous la forme d'un fichier Excel comprenant des onglets identiques qui permettent chacun de documenter une technologie à l'étude. Deux onglets (présentation, paramètres) permettent de présenter le fichier et son utilisation, ainsi que les paramètres et les références utilisées par défaut dans le fichier. Chaque onglet d'entrée de données par technologie permet de rentrer les informations et de visualiser les indicateurs. Un onglet de compilation permet également de présenter un tableau comparatif entre les technologies. Des onglets additionnels pour traduire les facteurs de variation peuvent s'ajouter dans la version initiale de la grille, ou le seront dans des versions ultérieures.

Deux modèles sont fournis pour refléter deux grandes catégories d'entreprise selon leur taille et leur mode de commercialisation. Les deux modèles correspondent aux modèles et aux budgets de référence du CRAAQ (211/821c et 211/821d). L'utilisateur est invité à utiliser le fichier le plus proche de la réalité de l'entreprise concernée. Dans tous les cas, les données de références qui apparaissent dans l'onglet 2 (Paramètres généraux) et qui sont reportés par défaut dans les paramètres de l'entreprise, peuvent être révisés et remplacés par les valeurs de l'utilisateur.

➤ GRILLE TECHNICO-ÉCONOMIQUE : Versions (taille moyenne ou petite taille)

Analyse comparative des différentes technologies

Une fois les essais complétés, les technologies seront évaluées et comparées en fonction des résultats obtenus aux différents critères ciblés (voir annexes 1 et 2). Plusieurs indicateurs seront mobilisés afin de couvrir les différents aspects caractérisant un même critère d'évaluation. Une analyse comparative approfondie des différentes technologies de désherbage pourra être réalisée dans le cadre de bulletins de désherbage, où les résultats seront présentés sous une forme vulgarisée afin de rendre l'information plus accessible aux producteurs de pommes. Cette analyse pourra être mise à jour pour intégrer les nouvelles technologies mises à l'essai, permettant ainsi aux producteurs de rester informés des dernières avancées dans le domaine.

➤ GRILLE DE COMPILATION : 10- COMPARAISON

Annexe 1 – Exemple d’une fiche technique

**CETAB+**
INAB CÉGEP DE VICTORIAVILLE

OUTIL
TONDEUSE

Fiche synthèse

→ **Période des essais**
3 juillet 2025 – 4 juillet 2025

Spécificités techniques

Tracteur

Capacité du tracteur (puissance) : 20 à 40 force
Compatibilité : système Européen
Outils requis : non spécifiés
Présence d’un Joystick : Oui, pour contrôler les fonctions hydrauliques ou mécaniques
Type de distributeur : Électrohydraulique ou hydraulique
Pression d’huile : 25–30 L/min

Porte-outil

Compagnie : Clemens Technologies
Modèle : SB mono équipé d’un intercept RADIUS SL PLUS
Distributeur : Agri-Distribution JP inc.
Catégorie de trois points : 1/2
Montage : avant avec le porte outil d’un côté
Type de réglage : hydraulique de la largeur 500 mm
Réglage du cadre : 960–1460 mm
Besoins hydrauliques : 1 double-effet, ~ 6–10 l/min par intercepts
Poids sans accessoires : ~103 kg (SB mono) et ~35 kg (RADIUS SL PLUS)
Longueur X Largeur X Hauteur RADIUS SL PLUS : 430 x 300 x 500 mm
Autres options : Correction de dévers

Outil

Compagnie : Clemens Technologies
Type d’outil : tondeuse
Distributeur : Agri-Distribution JP inc.
Débit : 20 L/min
Diamètre : 400 mm
Poids : 35 kg
Longueur X Largeur X Hauteur :
Vitesse de passage recommandée : non spécifié





Phase préliminaire

Critères d'évaluation	Indicateurs	Descriptions	Résultats
Conditions d'utilisation/ Versatilité	Densité de plantation	Densité de plantation maximale d'utilisation de la technologie (moyenne, haute ou très haute)	Moyenne
	Calibre des arbres	Possibilité d'utiliser la technologie sur de petits arbres (oui, non)	Oui, si tuteurs présents
	Canopée des arbres	Largeur déportée (m)	1.50 m
	Type de sol (sableux vs rocheux)	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol rocheux (oui, non)	Oui
	Conditions du sol	Possibilité d'utiliser la technologie sur un sol humide (oui, non adapté)	Non adapté
	Topographie	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol en pente (oui, non adapté)	Oui
	Système d'irrigation	Bris ou déplacements du système d'irrigation posé au sol	Déplacement du système
	Type de couvert	Hauteur (<20cm ou >20cm) et densité (faible ou dense) de végétation	<20 cm, végétation dense
Rapidité d'exécution	Temps de fixation du porte-outil et de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	15:00
	Temps d'ajustement de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	07:45
	Vitesse moyenne km/h	Vitesse du fabricant (peut être réduite selon les observations sur le terrain)	2
Gestion des pannes ou problèmes/ support technique	Fréquence des pannes (fiabilité)	Évaluation de la fréquence d'appel pour des problème (échelle avec cote)	Fiable
	Disponibilité du support technique	Nombre de techniciens disponibles au Québec pour réparation	Aucun
	Délai de réparation	Estimation du temps de la réparation des pannes les plus fréquentes (jours)	14 jours
Facilité d'utilisation et de maintenance	Difficulté d'utilisation des outils	Niveau de formation requis évalué selon la catégorie de personnel nécessaire pour faire les tâches (propriétaire, ouvrier spécialisé, ouvrier non spécialisé)	Ouvrier spécialisé

Conditions optimales d'essais en verger

Paramètres sélectionnés pour la phase d'essais en verger	Valeurs
Densité de plantation (moyenne, haute, très haute)*	moyenne
Vitesse d'avancement	2 km/h
Type de végétation : 1) couvert végétal avec faible repousse de moins de 20 cm 2) végétation dense fauchée à moins de 20 cm 3) végétation dense de plus de 20 cm	2

* Densité de plantation : moyenne (700 à 1600 arbres/ha), haute (1600 à 3500 arbres/ha) et très haute (> 3500 arbres/ha).

Phase d'essai en verger

Critères d'évaluation	Indicateurs	Descriptions	Valeurs
Efficacité de désherbage	Précision de désherbage au niveau du tronc	Distance moyenne non-désherbée autour du tronc (cm)	15
	Zone de travail sur le rang	Largeur moyenne désherbée à l'aller (cm)	39
	Répression des adventices	$[(\text{Recouvrement initial} - \text{Recouvrement final}) / \text{Recouvrement initial}] \times 100$	20
	Adventices non contrôlées	Qualitatif, préciser les adventices non contrôlées au besoin	Non applicable
	Abaissement du couvert végétal	$[(\text{Hauteur initiale} - \text{Hauteur finale}) / \text{Hauteur initiale}] \times 100$	90
	Fréquence des passages	Nombre moyen de semaines nécessaire entre deux passages (2 à 4 semaines)	3
	Nombre d'arbres blessés au tronc	Nombre moyen d'arbres endommagés (%)	10
	Sévérité des dommages au tronc	Arbres avec des dommages importants à risque de mortalité (%)	2

Analyse économique

Critères d'évaluation	Indicateurs	Désignations	Résultats
Coûts	Coût total d'acquisition	<i>hors subvention</i>	38 000 \$
		<i>après subvention</i>	38 000 \$
	Coût de possession par hectare	<i>total (verger)</i>	5 509 \$
		<i>par hectare</i>	459 \$
	Coût par passage	<i>\$ par ha opération</i>	44 \$
	Nombre de passage	<i>unités</i>	5
	Coût total de désherbage	<i>total (verger)</i>	14 365 \$
		<i>par hectare</i>	1 197 \$
	Gain (perte) marginal(e)	<i>rev. Marg-cout marg.</i>	780 \$
	Taux de retour sur investissement	Gain/coût acquis.	25%
	Délai de récupération sur l'investissement	<i>en années</i>	4,06
	Augmentation min. de revenu pour un verger de 6 ha en vente directe	<i>hausse des revenus brut (%)</i>	5 %
	Augmentation min. de revenu pour un verger de 15 ha en vente aux emballeurs	<i>hausse des revenus brut (%)</i>	2%

Point de contact pour information

📧 Caroline Beaulieu, bio. M.Sc.

📧 Noémie Gagnon Lupien, bio. M.Sc.

📧 Anne LeMat, agro. MBA

✉ beaulieu.caroline@cegepvicto.ca

✉ gagnonlupien.noemie@cegepvicto.ca

✉ lemat.anne@cegepvicto.ca

Le protocole détaillé
et les grilles de
compilations sont
disponibles en ligne



Remerciements

Ce projet s'inscrit dans l'axe 3 de la Stratégie d'accélération de l'adoption d'agritechnologies en horticulture (Stratégie 3AH), financée par le MAPAQ.



Partenaires



Annexe 2 – Exemple d’une grille de comparaison des technologies

Grille de comparaison des technologies de désherbage sur le rang en verger – Phase préliminaire

Critères d'évaluation	Indicateurs	Descriptions	Résultats Tondeuse	Résultats Faucheuse à fil	Résultats Brosse métallique
Conditions d'utilisation/ Versatilité	Densité de plantation	Densité de plantation maximale d'utilisation de la technologie (moyenne, haute ou très haute)	Moyenne		
	Calibre des arbres	Possibilité d'utiliser la technologie sur de petits arbres (oui, non)	Oui, si tuteurs présents		
	Envergure des arbres	Largeur déportée (m)	1.50 m		
	Type de sol et conditions de sol	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol rocheux et/ou humide (oui, non)	Oui (rocheux), non adapté (humide)		
	Topographie	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol en pente (oui, non adapté)	Oui		
	Système d'irrigation	Bris ou déplacements du système d'irrigation posé au sol (spécifier les contraintes)	Déplacement du système		
	Type de couvert	Hauteur (<20cm ou >20cm) et densité (faible ou dense) de végétation	<20 cm, végétation dense		
Rapidité d'exécution	Temps de fixation du porte-outil et de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	15:00		
	Temps d'ajustement de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	07:45		
	Vitesse moyenne km/h	Vitesse du fabricant (peut être réduite selon les observations sur le terrain)	6		
Gestion des pannes ou problèmes/ support technique	Fréquence des pannes (fiabilité)	Évaluation de la fréquence d'appel pour des problème (échelle avec cote)	Fiable		
	Disponibilité du support technique	Nombre de techniciens disponibles au Québec pour réparation	Aucun		
	Délai de réparation	Estimation du temps de la réparation des pannes les plus fréquentes (jours)	14 jours		
Facilité d'utilisation et de maintenance	Difficulté d'utilisation des outils	Catégorie de personnel requise (ouvrier non spécialisé, ouvrier spécialisé, propriétaire,)	Ouvrier spécialisé		

Grille de comparaison des technologies de désherbage sur le rang en verger – Phase préliminaire

Critères d'évaluation	Indicateurs	Descriptions	Résultats Tondeuse	Résultats Fauçonneuse à fil	Résultats Brosse métallique
Conditions d'utilisation/ Versatilité	Densité de plantation	Densité de plantation maximale d'utilisation de la technologie (moyenne, haute ou très haute)	Moyenne		
	Calibre des arbres	Possibilité d'utiliser la technologie sur de petits arbres (oui, non)	Oui, si tuteurs présents		
	Envergure des arbres	Largeur déportée (m)	1.50 m		
	Type de sol et conditions de sol	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol rocheux et/ou humide (oui, non)	Oui (rocheux), non adapté (humide)		
	Topographie	Possibilité d'utiliser la technologie dans un sol en pente (oui, non adapté)	Oui		
	Système d'irrigation	Bris ou déplacements du système d'irrigation posé au sol (spécifier les contraintes)	Déplacement du système		
	Type de couvert	Hauteur (<20cm ou >20cm) et densité (faible ou dense) de végétation	<20 cm, végétation dense		
Rapidité d'exécution	Temps de fixation du porte-outil et de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	15:00		
	Temps d'ajustement de l'outil	Moyenne de trois mesures (mm:ss)	07:45		
	Vitesse moyenne km/h	Vitesse du fabricant (peut être réduite selon les observations sur le terrain)	6		
Gestion des pannes ou problèmes/ support technique	Fréquence des pannes (fiabilité)	Évaluation de la fréquence d'appel pour des problèmes (échelle avec cote)	Fiable		
	Disponibilité du support technique	Nombre de techniciens disponibles au Québec pour réparation	Aucun		
	Délai de réparation	Estimation du temps de la réparation des pannes les plus fréquentes (jours)	14 jours		
Facilité d'utilisation et de maintenance	Difficulté d'utilisation des outils	Catégorie de personnel requise (ouvrier non spécialisé, ouvrier spécialisé, propriétaire,)	Ouvrier spécialisé		

Grille de comparaison économique des technologies de désherbage sur le rang en verger

Critères d'évaluation	Indicateurs	Désignations	Résultats Tondeuse	Résultats Faucheuse à fil	Résultats Brosse métallique
Coûts	Coût total d'acquisition	<i>hors subvention</i>	38 000 \$		
		<i>après subvention</i>	38 000 \$		
	Coût de possession par hectare	<i>total (verger)</i>	5 509 \$		
		<i>par hectare</i>	459 \$		
	Coût par passage	<i>\$ par ha opération</i>	44 \$		
	Nombre de passage	<i>unités</i>	5		
	Coût total de désherbage	<i>total (verger)</i>	14 365 \$		
		<i>par hectare</i>	1 197 \$		
	Gain (perte) marginal(e)	<i>rev. Marg-cout marg.</i>	780 \$		
	Taux de retour sur investissement	Gain/coût acquis.	25%		
	Délai de récupération sur l'investissement	<i>en années</i>	4,06		
	Augmentation min. de revenu pour un verger de 6 ha en vente directe	<i>hausse des revenus brut (%)</i>	5 %		
	Augmentation min. de revenu pour un verger de 15 ha en vente aux emballeurs	<i>hausse des revenus brut (%)</i>	2%		

Réflexions sur l'interprétation des résultats issus des grilles de comparaison

Bien que les technologies de désherbage alternatives au désherbage chimique puissent représenter un surcoût à l'heure actuelle, il est essentiel de les comparer non pas uniquement aux méthodes chimiques, mais aussi à l'absence totale d'intervention en verger. Ne pas désherber du tout peut entraîner des conséquences importantes, notamment en compliquant le retrait des pommes au sol – une opération cruciale pour limiter les risques de maladies. De plus, dans un contexte réglementaire en évolution marqué par des politiques visant à restreindre voire interdire certains pesticides, le recours à des solutions alternatives devient non seulement pertinent, mais stratégique. Il convient également de considérer le développement croissant de résistances aux herbicides, ainsi que les bénéfices environnementaux et sanitaires associés aux méthodes non chimiques.