

RAPPORT SCIENTIFIQUE FINAL

PROGRAMME INNOV'ACTION AGROALIMENTAIRE VOLET 1 – RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

DÉVELOPPEMENT DE STRATÉGIES ET MOYENS POUR DÉSHERBER LA CAROTTE EN ROTATION AVEC LES GRANDES CULTURES

Rédigé par :

MARYSE L. LEBLANC¹ ET CHARLOTTE GIARD-LALIBERTÉ²

¹Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

²Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité

Projet IA119046

JUILLET 2022

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

CETAB⁺
Centre d'expertise et de transfert en
agriculture biologique et de proximité
CÉGEP DE VICTORIAVILLE

L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités de recherche, de développement et de transfert en agroenvironnement visant à favoriser l'innovation en agriculture, dans une perspective de développement durable.

Notre vision

En 2016, l'IRDA est reconnu à l'échelle canadienne comme un chef de file en recherche, développement et transfert en agroenvironnement. L'IRDA se démarque par son approche intégrée et par le dynamisme de ses partenariats qui lui permettent d'anticiper les problèmes et de proposer des solutions novatrices répondant aux besoins des agriculteurs et de la société.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

PARTENAIRES



DÉVELOPPEMENT DE STRATÉGIES ET MOYENS POUR DÉSHERBER LA CAROTTE EN ROTATION AVEC LES GRANDES CULTURES

Rapport final

Présenté au :

Programme Innov'Action agroalimentaire

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
200, chemin Sainte-Foy, 10^e étage
Québec (Québec) G1R 4X5

ÉQUIPE DE RÉDACTION DU RAPPORT

- Maryse L. Leblanc, agr., Ph.D., IRDA
- Charlotte Giard-Laliberté, agr., M.Sc., CETAB⁺ (Site de l'INAB)

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

IRDA

- Responsable scientifique et chercheure : Maryse L. Leblanc, agr., Ph.D.
- Professionnel de recherche 2019-2020 : Maxime Lefebvre, Ph.D.
- Technicien agricole : Justin Ouellette, DEC en bioécologie
- Technicienne agricole : Mylène Dandurand, DTA
- Ouvriers agricoles : Rémi et Éric Ducharme et Mario Maurice
- Étudiants d'été et stagiaires

CETAB⁺

- Chargée de projet 2020-21 : Charlotte Giard-Laliberté, agr. M.Sc.
- Assistante chargée de projet 2021 : Stéphanie Duranceau, agr. M.Sc.
- Chargée de projet 2019 : Camille O'Byrne, agr. M.Sc.
- Assistant chargé de projet 2019 : Matthieu Brisset, inj. Junior
- Technicien : Jean Baptiste Milesi, DTA
- Étudiants d'été

CECPA (Centre d'études sur les coûts de production en agriculture)

- Analyste en agroéconomie : Marc-Antoine Larrivée., agr. M.Sc.

LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT :

Leblanc, M.L. et C. Giard-Laliberté. 2022. Développement de stratégies et moyens pour désherber la carotte en rotation avec les grandes cultures. Rapport scientifique final présenté dans le cadre du Programme Innov'Action agroalimentaire, Volet 1 – Recherche et développement, MAPAQ. IRDA. 50 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement Inc. (IRDA)

Pour des informations supplémentaires :

Maryse L. Leblanc
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
335, Rang des Vingt-Cinq Est
Saint-Bruno-de-Montarville (Québec) J3V 0G7

Téléphone : 450 653-7368, poste 320

Courriel : maryse.leblanc@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Nous tenons à remercier chaleureusement l'équipe de réalisation de l'IRDA et du CETAB⁺ pour leur aide et leur support technique tout au long de ce projet ainsi que le CECPA pour l'analyse économique.

RÉSUMÉ

Les producteurs de grandes cultures biologiques cherchent à diversifier leurs systèmes de cultures en introduisant des légumes dans leur rotation. Les carottes pour le marché frais et de transformation font partie des légumes convoités par ces producteurs. Mais peu d'entre eux parviennent à les cultiver à grande échelle, car le désherbage manuel obligatoire est très chronophage et demande beaucoup d'attention et de minutie. La plantule de carotte qui émerge est toute menue et ne supporte pas la compétition avec les mauvaises herbes. De plus, le désherbage mécanique du rang est problématique, car peu d'outils peuvent s'approcher des plantules de carotte sans les abîmer. Un projet a été initié en 2019 à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique à Saint-Bruno-de-Montarville et à l'Institut national d'agriculture biologique à Victoriaville. D'une durée de trois ans, il avait pour objectif de développer des stratégies et des moyens afin de réduire la pression des mauvaises herbes dans la carotte jumbo et nantaise et plus particulièrement sur le rang. Six expériences ont fait l'objet de l'étude : le moment d'application du fumier de poule granulé, la technique de l'occultation, le faux-semis avec ou sans travail de sol, le semis de carottes dans des bandes de compost stérile, l'impact du type d'outils de sarclage mécanique et de la distance du rang à laquelle il est passé ainsi que l'effet du renchaussage sur la qualité et le rendement de la carotte et sur les mauvaises herbes. Chaque parcelle était composée de 4 buttes d'une longueur de 6 m, distancées entre elles de 76 cm. Le dispositif expérimental était en bloc aléatoire complet répété quatre fois. Cependant, l'expérience sur le type d'outils et la distance des outils du rang était disposée en parcelles divisées (split-plot) où la parcelle principale représentait l'outil et les sous-parcelles (buttes), la distance de l'outil du rang soit 2,5, 5 et 7,5 cm et le témoin désherbé manuellement. Les résultats sur le fractionnement ou non de la fertilisation dans la carotte nantaise ne permettent pas d'appuyer l'une ou l'autre des pratiques. Bien que le fractionnement de la fertilisation eût tendance à augmenter le rendement, ce dernier n'était pas statistiquement différent de celui qui avait reçu la pleine dose au semis. La technique de l'occultation a permis de diminuer la pression des adventices vivaces jusqu'à 2 à 4 semaines après le semis sans toutefois réduire la densité des mauvaises herbes annuelles. L'essai sur le faux-semis a montré que le pyrodésherbeur pouvait être passé plus vite et consommait moins de propane lorsque les mauvaises herbes à réprimer étaient plus jeunes et petites. Le sarcler à cages utilisé pour le faux-semis avec travail du sol a été aussi efficace que le pyrodésherbeur. Le semis de carottes dans du compost stérile a demandé moins de désherbage manuel lorsqu'il n'avait pas été contaminé par le sol apporté par le vent. Toutefois, l'irrigation du compost a été nécessaire pour la germination de la carotte. Les outils de désherbage mécanique ont été utilisés très près du rang (2,5 cm) et à des stades hâtifs de la carotte sans perte de rendement et de qualité. Le renchaussage a permis de réduire la présence de collet vert à la récolte sans réduction de rendement. L'étude a démontré qu'il est possible d'utiliser certaines stratégies ou moyens de lutte physique contre les mauvaises herbes afin de réduire leur présence dans la carotte et par conséquent, de diminuer le temps de désherbage manuel du rang.

Mots clés : désherbage mécanique, faux-semis, pyrodésherbage, renchaussage.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	9
MÉTHODOLOGIE.....	11
PIAB - Carotte jumbo de transformation	11
P-1.3 Faux-semis avec ou sans travail du sol.....	12
P-1.4 Semis de carotte dans des bandes de compost stérile	14
P-2.1 Impact du type d'outils de sarclage et de la distance du rang à laquelle il est passé	15
P-2.2 Effet du renchaussage sur les mauvaises herbes et la qualité et le rendement des carottes...	16
INAB – Carotte nantaise pour le marché frais.....	18
I-1.1 Moment d'application du fumier de poule granulé.....	18
I-1.2 Technique de l'occultation	20
I-2.1 Impact du type d'outils de sarclage et de la distance du rang à laquelle il est passé.....	21
I-2.2 Effet du renchaussage sur les mauvaises herbes et la qualité et le rendement des carottes	23
RÉSULTATS ET DISCUSSION	24
PIAB - Carotte jumbo de transformation	24
P-1.3 Faux-semis avec ou sans travail du sol.....	24
P-1.4 Semis de carotte dans des bandes de compost stérile	31
P-2.1 Impact du type d'outils de sarclage et de la distance du rang à laquelle il est passé	34
P-2.2 Effet du renchaussage sur les mauvaises herbes et la qualité et le rendement des carottes...	37
INAB – Carotte nantaise pour le marché frais.....	41
I-1.1 Moment d'application du fumier de poule granulé.....	41
I-1.2 Technique de l'occultation	43
I-2.1 Impact du type d'outils de sarclage et de la distance du rang à laquelle il est passé.....	43
I-2.2 Effet du renchaussage sur les mauvaises herbes et la qualité et le rendement des carottes....	45
CONCLUSION	49
RÉFÉRENCES	49

LISTE DES FIGURES

Figure P1. Création des buttes avec des disques de 50 cm suivis d'un passage d'un rouleau de tassement.	11
Figure P-1.3.1. Pyrodéssherbeur Red Dragon®, Flame Engineering.	13
Figure P-1.3.2. Sarcler à cages roulantes, K.U.L.T.	13
Figure P-1.4.1. Traçage des sillons à l'aide de triangles de métal et remplissage manuel avec du compost.	14
Figure P-2.1.1. Outils utilisés pour sarcler près des rangs de carotte.	16
Figure P-2.2.1. Outils utilisés pour renchausser de la carotte.	17
Figure I-1.2.1. Occultation avec des bâches d'ensilage noires.	21
Figure I-2.1.1. Sarclage à 5 cm (gauche) et 2,5 cm (droite) du rang.	22
Figure I-2.2.1. Renchaussage de 5 cm de terre sur le rang des carottes à l'aide des disques de 25 cm. ...	23
Figure P-1.3.2. Répression des mauvaises herbes en fonction des doses de propane.	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1.1.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-1.1 en 2019 et 2021.	19
Tableau I-1.2.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-1.2 en 2020 et 2021.	20
Tableau I-2.1.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-2.1 en 2019, 2020 et 2021.	22
Tableau I-2.2.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-2.2 en 2020 et 2021.	23
Tableau P-1.3.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-1.3 et répartition des mauvaises herbes selon leur stade de développement en 2020-21.	24
Tableau P-1.3.2. Répartition des mauvaises herbes selon les dates des traitements dans l'expérience P-1.3 en 2020-21.	25
Tableau P-1.3.3. Dose d'application du propane selon la pression et la vitesse en 2020-21.	26
Tableau P-1.3.4. Répression des mauvaises herbes dans l'expérience P-1.3 en 2020.	27
Tableau P-1.3.5. Répression des mauvaises dans l'expérience P-1.3 en 2021.	28
Tableau P-1.3.6. Estimation des paramètres des courbes dose-réponse.	30
Tableau P-1.4.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-1.4 en 2020-21.	31
Tableau P-1.4.2. Densité des mauvaises herbes 7 et 14 jours après le semis dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.	32
Tableau P-1.4.3. Temps requis pour désherber manuellement le rang dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.	32
Tableau P-1.4.4. Densité des carottes dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.	33
Tableau P-1.4.5. Rendement des carottes dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.	33
Tableau P-2.1.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-2.1 en 2019-21.	34
Tableau P-2.1.2. Densité des mauvaises herbes juste après le désherbage mécanique dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.	35
Tableau P-2.1.3. Densité des carottes dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.	36
Tableau P-2.1.4. Rendement des carottes dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.	36
Tableau P-2.2.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-2.2 avant le renchaussage en 2020-21.	37
Tableau P-2.2.2. Répression des mauvaises herbes par le renchaussage des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.	38
Tableau P-2.2.3. Densité et biomasse des mauvaises herbes dans les carottes dans l'expérience P-2.2 au début septembre 2020-21.	39
Tableau P-2.2.4. Densité des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.	39

Tableau P-2.2.5. Rendement des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.	40
Tableau P-2.2.6. Densité et poids des carottes ayant une coloration verte au collet dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.	40
Tableau I-1.1.2. Moyenne combinée des deux années d'essai du rendement commercialisable selon le fractionnement de la fertilisation et proportion du nombre de carottes trop petites déclassées.....	41
Tableau I-1.1.3. Revenus et frais (en plus) pour le fractionnement.	42
Tableau I-1.1.4. Répartition des frais indirects pour l'équipement de 16 rangs selon différentes superficies.	42
Tableau I-1.2.2. Densité de mauvaises herbes présentes après le semis selon le traitement en 2020-21.	43
Tableau I-1.2.3. Température et humidité du sol au moment du semis en 2021.	43
Tableau I-2.1.2. Densité de mauvaises herbes présentes dans la zone travaillée et dans la zone totale (travaillée et non-travaillée).....	44
Tableau I-2.1.3. Rendement en carottes et proportion de carottes déclassées selon le facteur outil et distance du rang.	45
Tableau I-2.2.2. Densité de mauvaises herbes monocotylédones et dicotylédones après le premier renchaussage en 2020.	46
Tableau I-2.2.3. Pourcentage de répression des outils de renchaussage sur l'ensemble des mauvaises selon la hauteur en 2021.	46
Tableau I-2.2.4. Densité de mauvaises herbes monocotylédones et dicotylédones et biomasse sèche de mauvaises herbes selon le traitement à la récolte en 2020-21.	47
Tableau I-2.2.5. Rendement en carottes et proportion de carottes déclassées selon le traitement de renchaussage en 2020-21.	48
Tableau I-2.2.6. Moyenne du nombre et du poids de carottes ayant un collet vert pour l'essai 2021.	48

INTRODUCTION

La carotte représente une importante culture légumière pour les marchés du frais et de la transformation. Au Québec, 108 204 tonnes de carottes ont été produites sur une superficie semée de 3 073 ha, totalisant des recettes 48 937 K\$ en 2019 (Côté et Rioux 2020). Les producteurs de grandes cultures biologiques cherchent à diversifier leurs systèmes de culture en introduisant des légumes dans leur rotation. Les carottes pour le marché frais et de transformation font partie des légumes visés par ces producteurs.

La plantule de carotte qui sort de terre est toute menue et ne supporte pas la compétition avec les mauvaises herbes. Son désherbage demande une attention soutenue pour éviter les pertes de rendement qui peuvent atteindre plus de 90 % en absence d'effort adéquat de lutte (Swanton *et al.* 2010). Son rendement et la qualité de la production sont inversement corrélés avec la pression des mauvaises herbes (van Heemst 1985, Swanton *et al.* 2009). La période d'absence de mauvaises herbes dans la carotte est cruciale du début de sa croissance jusqu'à 12 feuilles, mais aussi au moment de la récolte afin de ne pas nuire à l'arrachage des carottes (Swanton *et al.* 2015). De plus, plusieurs mauvaises herbes peuvent être également hôtes des ennemis de la carotte comme le nématode et la jaunisse de l'aster (Swanton *et al.* 2009).

En contexte biologique, le désherbage physique de la carotte est un incontournable. Le sarclage entre les rangs est habituellement bien maîtrisé, mais le désherbage du rang est problématique, car peu d'outils peuvent s'approcher des plantules de carottes sans les abîmer. D'après une fiche technique dont l'information est basée sur une recherche en Ontario, les jeunes pousses de carottes ne peuvent pas supporter les dommages aux racines ni un déplacement du sol jusqu'à 20 jours après la levée (Swanton *et al.* 2010). Il est mentionné également que les sarclours mécaniques qui laissent moins de 12 cm de superficie non travaillée de part et d'autre des rangs de carottes endommagent la culture. Aucune intervention directe sur le rang n'est possible lorsque la culture est petite à moins qu'elle ne soit manuelle. Le désherbage manuel du rang de cette culture peu compétitive et à croissance lente est coûteux et laborieux (Van der Weide 2008). Il est très chronophage et demande beaucoup d'attention et de minutie qui décourage sa production biologique à grande échelle.

Plusieurs méthodes de lutte mécanique et thermique aux mauvaises herbes s'offrent aux producteurs, mais avec un lot d'inconvénients et des limites d'utilisation auxquels ils doivent faire face (Benoit 2009). L'adaptation de ces méthodes à l'échelle de la ferme est aussi un défi pour les producteurs, particulièrement pour ceux qui cultivent des grandes cultures dont les outils de désherbage ne sont pas conçus pour désherber la carotte. Le type de semis de carotte, soit à plat, sur planches ou sur buttes module également le choix de la stratégie de désherbage qui sera adoptée. Au Québec, le mode de production de la carotte sur buttes est privilégié par le transformateur Bonduelle.

Le projet propose d'expérimenter des stratégies de répression des mauvaises herbes dans la carotte en présemis/prélevée et en postlevée de la culture qui permettraient d'améliorer la répression des mauvaises herbes sur le rang et de favoriser la culture de la carotte mise en rotation avec les grandes cultures. Par exemple, l'application de toute la fertilisation en présemis éviterait le conflit possible avec le calendrier du désherbage. L'utilisation de bâches d'occultation favorisant la germination des graines de

mauvaises herbes sans y permettre leur croissance (Birthisel et al. 2018) est une autre technique, quoiqu'habituellement utilisée sur de petites surfaces, pourrait être adaptée sur de plus grandes superficies avec le développement de la mécanisation de l'enlèvement de la bâche. Le faux-semis favorise la germination des graines de mauvaises herbes qui pourraient être détruites par la suite par un nouveau passage de l'outil ou pyrodés herbés sans perturbation de sol (Boyd et al. 2006). Le pyrodés herbage est cependant peu efficace contre les vivaces et les graminées annuelles, car le point de croissance se trouve habituellement sous la surface du sol ou est protégé par l'enroulement des feuilles (Ascard 1995, Sivesind et al. 2009). Le pyrodés herbage réalisé entre le semis et la levée de la carotte pourrait aussi avoir une efficacité à la condition que les mauvaises herbes lèvent avant la carotte. Le semis dans des bandes de compost stérile pourrait diminuer la présence de mauvaises herbes sur le rang et le temps de dés herbage manuel. En postlevée, l'utilisation d'outils appropriés permettant de dés herber très près du rang et le renchaussage de la culture plus âgée pourraient être des moyens pour réprimer les mauvaises herbes et diminuer l'effort mis dans le dés herbage manuel de la culture (Leblanc 2017).

L'étude vise à développer des stratégies et des moyens de dés herbage pour réprimer les mauvaises herbes dans la culture de la carotte et plus particulièrement sur le rang qui est plus problématique.

Les objectifs spécifiques sont :

1. Déterminer l'impact des moyens développés en présemis et/ou prélevée de la carotte sur la répression des mauvaises herbes :
 - 1.1 Effet du moment d'application du fumier de poule granulé en présemis ou postlevée de la carotte;
 - 1.2 Effet de la technique de l'occultation sur l'abondance des mauvaises herbes;
 - 1.3 Effet de la technique du faux-semis avec ou sans travail du sol;
 - 1.4 Effet de la technique du semis de carotte dans des bandes de compost stérile.
2. Déterminer l'effet des stratégies de dés herbage sur le rang en postlevée sur la répression des mauvaises herbes et le rendement de la carotte :
 - 2.1 Impact du type d'outils de sarclage et de la distance du rang à laquelle ils sont passés;
 - 2.2 Effet du renchaussage sur la répression des mauvaises herbes et le rendement.

MÉTHODOLOGIE

Afin de répondre aux objectifs, six expériences ont été mises en place sur deux sites expérimentaux soit à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique (PIAB) à Saint-Bruno-de-Montarville et à l'Institut national d'agriculture biologique (INAB) à Victoriaville. L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) était responsable des essais à la PIAB alors que le Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB⁺) dirigeait ceux à l'INAB. Le projet s'est déroulé de 2019 à 2021 et comptait généralement deux années d'étude par expérience. Les essais sur le site de la PIAB portaient sur la carotte jumbo de transformation alors que ceux de l'INAB, sur la carotte nantaise.

PIAB - Carotte jumbo de transformation

Les expériences qui correspondent aux objectifs 1.3, 1.4, 2.1 et 2.2 ont été mises en place à la PIAB. Chaque année, les protocoles expérimentaux étaient implantés sur différentes portions de champs. Le précédent cultural de la première année expérimentale était du seigle qui a été détruit à la mi-mai 2019 par une déchaumeuse Lemken Kristall. Pour les années subséquentes, un engrais vert d'avoine recouvrait le sol qui était fauché et travaillé l'automne précédent la mise en place de l'expérience au moyen d'une herse à disques. Avant de former les buttes au printemps, le sol était ameubli avec un passage de chisel à une profondeur entre 25-30 cm. Toutes les parcelles avaient une longueur de 6 m et une largeur de 3 m, incluant 4 buttes distancées de 76 cm entre elles. Les buttes ont été façonnées par deux passages de disques butteurs K.U.L.T de 50 cm, suivis d'un passage d'un rouleau de tassement (figure P1). En 2019 et 2020, elles avaient environ une largeur de 30 cm et une hauteur de 17,8 cm alors qu'en 2021, elles avaient une largeur moyenne de 36 cm et une hauteur de 15 cm afin de faciliter l'entretien entre les buttes avec les disques.



Figure P1. Création des buttes avec des disques de 50 cm suivis d'un passage d'un rouleau de tassement.

La carotte jumbo cv. Belgrado NT (non traitée) a été semée dans tous les essais à l'aide du semoir pneumatique maraîcher Monosem SM à 4 rangs. À la récolte, les carottes ont été classées selon les normes canadiennes de classification de l'Agence d'inspection des aliments (ACIA 2022) et les normes de l'assurance récolte de la Financière agricole du Québec pour le critère du diamètre des carottes de transformation (FADQ 2015). Les critères de commercialisation des carottes de transformation étaient les suivants : absence de pourriture, une longueur supérieure à 7,6 cm, un diamètre minimum de 3,5 cm, pas de fentes ou fourches sévères (crevasse moins de 3/4 de la longueur, demeure de belle apparence, n'a pas de fourche de plus de 2,5 cm de long) et de forme adéquate (commercialisable si une diagonale entre les 2 extrémités opposées passe par le milieu de la carotte) et où les autres défauts ne représentent pas plus de 10 % de la carotte.

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide du test de la plus petite différence significative (LSD) avec le logiciel SAS. Les données ont été transformées au besoin. Les analyses ont été réalisées selon un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet répété quatre fois à l'exception de l'expérience P-2.1 qui était en parcelles divisées (split-plot). Dans l'expérience P-1.3, la relation entre le pourcentage de répression des mauvaises herbes et les doses appliquées de propane a été modélisée en utilisant une courbe logistique du logiciel SigmaPlot 12.5 dont l'équation est décrite ci-dessus :

$$Y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b}$$

où b est le paramètre de pente et X_0 correspond à l'abscisse du point de mi-pente dont l'ordonnée est $a/2$.

P-1.3 FAUX-SEMIS AVEC OU SANS TRAVAIL DU SOL

Cette expérience a été réalisée en 2020 et 2021. Le type de sol du site expérimental était en 2020, un sable de la série Aston (pH : 6,5; P : 142 kg/ha; K : 124 kg/ha; MO : 2,6 %) et en 2021, un loam sableux Massueville (pH : 6,8; P : 439 kg/ha, K : 322 kg/ha; MO : 3,7 %). Le dispositif expérimental était en bloc aléatoire complet avec 4 répétitions. En 2020, les buttes ont été créées le 10 juin et reformées le 15 juin à la suite d'une tempête de sable et en 2021, le 16 juin. En 2020, des irrigations ont eu lieu les 19, 22, 23, 25, 26 juin, 3, 7 et 10 juillet à raison de 40 670 L/ha à l'aide d'une rampe et d'une citerne portées au-dessus des parcelles et en 2021, le 18 juin par aspersion au moyen d'un système d'irrigation à raison de 5 143 L/ha.

Au total, l'expérience comptait 10 traitements. Pour le faux-semis sans travail du sol, le pyrodésherbeur Red Dragon® de la compagnie Flame Engineering a été testé à deux pressions, 35 et 45 PSI, combinées à 4 vitesses (1,5, 3, 4,5 et 6 km/h). Deux buses de 20,3 cm de large ont été utilisées à 10 cm de haut pour traiter une largeur de 50,8 cm au-dessus de chaque butte (figure P-1.3.1). Pour obtenir le débit de propane en g/min, le réservoir a été pesé avant et après l'ouverture des buses durant 3 min à chacune des pressions. La mesure a été répétée trois fois. Pour le faux-semis avec travail du sol, un sarcler

à cages roulantes K.U.L.T. a été passé à 6,4 km/h, à 3-4 cm de profondeur (figure P-1.3.2). Un témoin sans faux-semis faisait également partie des traitements.



Figure P-1.3.1. Pyrodésherbeur Red Dragon®, Flame Engineering.



Figure P-1.3.2. Sarcleur à cages roulantes, K.U.L.T.

Les mauvaises herbes ont été identifiées et dénombrées par stade physiologique le matin avant les opérations et 24 heures après dans chacune des parcelles. En 2020, le dénombrement a été réalisé les 30 juin et 6 juillet dans un quadrat de 0,2 m x 5 m et le 13 juillet dans un quadrat de 0,2 m x 2 m. En 2021, les mauvaises herbes ont été évaluées le 30 juin et les 9 et 13 juillet dans un quadrat de 0,2 m x 0,5 m.

P-1.4 SEMIS DE CAROTTE DANS DES BANDES DE COMPOST STÉRILE

L'expérience a été réalisée en 2019 et répétée en 2021. Le type de sol en 2019 était un sable de la série Aston (pH : 6,5; P : 142 kg/ha; K : 124 kg/ha; matière organique : 2,6 %) et en 2021, un sable anthropique (pH : 6,7; P : 539 kg/ha; K : 301 kg/ha; matière organique : 2,2 %). Le site a été fertilisé le 31 mai 2019 et 20 mai 2021 avec 2 128 kg/ha d'Acti-Sol (4,7-1,4-2,3) incorporés le même jour avec un vibroculteur. Les buttes ont été façonnées le 4 juin 2019 et le 20 mai 2021. Le dispositif expérimental était en bloc aléatoire complet répété 4 fois et incluait trois traitements soit un semis de carotte dans une bande de compost stérile, un pyrodésherbage en prélevée de la carotte et un témoin sans intervention. Dans le premier traitement, des sillons de 10 cm de large et 5 cm de profond ont été créés le 6 juin 2019 et le 25 mai 2021 au centre de chacune des buttes. Ces sillons ont été tracés grâce à quatre triangles de métal mis à la verticale aux dimensions décrites ci-haut, fixés sur 4 tiges droites attachées à la barre porte-outils du sarcler (figure P-1.4.1). Le 7 juin 2019 et le 25 mai 2021, 3,5 L/m linéaire de compost Biosol (Fafard) ont été mis dans les sillons. La même journée, la carotte a été semée dans toutes les parcelles aux taux de 59 et 50 semences/m (ajusté selon le % de germination) à une profondeur de 1,3 cm et 0,5 cm, respectivement en 2019 et 2021. Le traitement de pyrodésherbage en prélevée de la carotte a eu lieu le 12 juin 2019 et le 31 mai 2021. Le pyrodésherbeur a été passé à 2 et 3 km/h, aux pressions de 45 et 35 PSI dont les taux d'application étaient 4,1 et 1,8 kg de propane/m², respectivement en 2019 et 2021.



Figure P-1.4.1. Traçage des sillons à l'aide de triangles de métal et remplissage manuel avec du compost.

Les mauvaises herbes ont été identifiées et dénombrées 7 et 14 jours après le semis, soient les 14 et 21 juin 2019 et les 1 et 7 juin 2021 dans un quadrat de 10 x 100 cm appuyé sur un rang de carotte. Ce quadrat était divisé en 2 sections de 5 cm de large afin de distinguer la levée des mauvaises herbes dans la zone du rang (où se trouve le compost) et de celle observée dans les zones sarclées mécaniquement à 5 cm de chaque côté du rang. Le temps requis pour désherber manuellement la bande de 10 cm sur le rang a été mesuré pour chacune des parcelles (4 buttes). Ce désherbage a été réalisé les 26 juin, 3, 15, 24 juillet et 2 août 2019 et les 16, 28 juin et 7 juillet 2021. Les désherbages mécaniques à 5 cm de chaque côté du rang ont eu lieu dans toutes les parcelles les 21, 26 juin et 10 juillet 2019 et les 4, 16 et 28 juin 2021 à l'aide du DUO-parallélogramme K.U.L.T. équipé de disques ouvreurs et de lames Lelièvre et de

couteaux pour désherber les côtés des buttes. Les entre-buttes étaient entretenues avec des disques de 50 cm.

Les carottes ont été récoltées le 25 septembre 2019 et 29 septembre 2021 dans sur 4 m linéaires (2 x 2 m). En 2019, les carottes semées dans le compost stérile ont eu une faible levée et la récolte a été réalisée sur 8 m linéaires.

P-2.1 IMPACT DU TYPE D'OUTILS DE SARCLAGE ET DE LA DISTANCE DU RANG À LAQUELLE IL EST PASSÉ

Les années d'expérimentation ont été 2019 et 2021. Le type de sol était un sable anthropique (pH : 6,7; P : 539 kg/ha; K : 301 kg/ha; matière organique : 2,2 %). Le site a été fertilisé le 31 mai 2019 et 10 mai 2021 avec 2 128 kg/ha d'Acti-Sol (4,7-1,4-2,3) incorporés le même jour avec un vibroculteur. Un apport de 232 kg/ha de K-Mag (0-0-22) a été ajouté en 2019. Les buttes ont été façonnées le 4 juin 2019 et le 11 mai 2021. Le pyrodésherbeur Red Dragon de Flame Engineering® à 4 rangs a été passé au-dessus des buttes en présemis à une pression de 45 PSI, à 2 km/h les 12 et 17 juin 2019 et à 1,6 km/h le 20 mai 2021 dont les taux respectifs de propane étaient 4,1 et 5,2 g/m². Les parcelles ont de nouveau été pyrodés herbées en prélevée de la carotte le 21 juin 2019 avec les mêmes réglages utilisés en présemis et le 31 mai 2021 à une pression de 35 PSI et une vitesse de 3 km/h utilisant 1,8 g de propane/m².

La carotte a été semée le 17 juin 2019 et le 25 mai 2021 aux taux respectifs de 59 et 50 semences/m (ajusté selon le % de germination) à une profondeur de 0,95 cm en 2019 et 0,5 cm en 2021. Le 26 mai 2021, des vents violents ont balayé une grande partie du semis de carottes. Le semis de carotte a dû être refait le 8 juin 2021. Mais au préalable, les plantules de carottes qui avaient survécu au vent ont été détruites par un pyrodés herbage au taux de 4,2 g de propane/m² (45 PSI, 2 km/h) et les entre-buttes ont été désherbées mécaniquement. Des irrigations ont eu lieu les 14, 17, 18, 25, 26 mai et les 4, 5, 7, 9, 17 et 18 juin 2021 par aspersion à raison de 5 143 L/ha à l'aide de buses RainBird ij2045pj-07.

Le dispositif expérimental de cette expérience était en parcelles divisées (split-plot) avec 4 répétitions. Les parcelles principales étaient composées des outils de sarclage utilisés sur le dessus de la butte soit le DUO-parallélogramme avec 2 séries de disques de 15 cm de diamètre, le DUO-parallélogramme avec une paire de disques et de lames Lelièvre, les roues sarcleuses et les cages roulantes (2021 seulement) (figure P-2.1.1). Les quatre sous-parcelles (buttes), randomisées au hasard à l'intérieur de chaque parcelle principale, représentaient la distance des outils à laquelle ils étaient passés soit 2,5, 5 et 7,5 cm du rang ainsi qu'un témoin désherbé manuellement. Les traitements ont eu lieu les 5 et 10 juillet 2019 et les 28 juin et 7 juillet 2021. Les entre-buttes étaient désherbées mécaniquement aux mêmes dates à l'aide de disques de 50 cm. Un démariage des carottes a été nécessaire le 20 juillet 2021 puisque quelques carottes du premier semis ont levé après le pyrodés herbage du 8 juin.

L'abondance des mauvaises herbes sur le rang a été évaluée après chaque passage dans un quadrat de 50 cm de long par 10 cm de large appuyé sur un rang, avec distinction de la zone travaillée et non travaillée modulée en fonction du traitement. Après les deux dates de traitements, les rangs de carottes ont été désherbés manuellement jusqu'à la récolte. Lors du désherbage du 5 juillet 2019, un problème au niveau d'une unité de semis à 7,5 cm a été constaté et le dénombrement des mauvaises herbes n'a pas été relevé, mais il a été possible de trouver des zones de récolte avec un semis uniforme. Pour le traitement

avec les roues sarcleuses en 2019, les mauvaises herbes étaient trop développées, ce qui occasionnait du bourrage. Les mauvaises herbes ont été enlevées manuellement et cet outil a été passé malgré tout pour pouvoir évaluer le traitement sur la qualité de la récolte. Le 10 juillet 2019, le stade des mauvaises herbes était adéquat pour le passage de cet outil. La récolte des carottes a été réalisée sur 2 m linéaires sur chaque butte les 9 et 12 octobre, respectivement en 2019 et 2021.

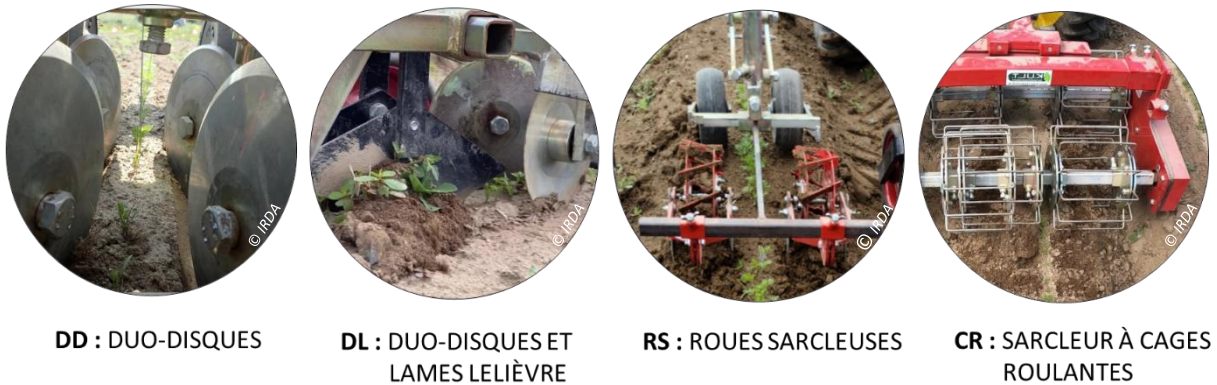


Figure P-2.1.1. Outils utilisés pour sarcler près des rangs de carotte.

P-2.2 EFFET DU RENCHAUSSAGE SUR LES MAUVAISES HERBES ET LA QUALITÉ ET LE RENDEMENT DES CAROTTES

L'expérience s'est déroulée sur 2 ans, en 2020 et 2021. Le type de sol était un sable anthropique (pH : 6,2 et 6,7; P : 588 et 539 kg/ha; K : 267 et 301 kg/ha; matière organique : 2,3 et 2,2 %, respectivement en 2020 et 2021). Le site a été fertilisé le 20 mai 2020 et le 10 mai 2021 avec 2 128 kg/ha d'Acti-Sol (4,7-1,4-2,3) incorporés le même jour avec un vibroculteur. Un apport de 327 kg/ha de K-Mag (0-0-22) a été ajouté en 2020. Les buttes ont été façonnées le 21 mai 2020 et le 11 mai 2021. Le pyrodésherbeur Red Dragon de Flame Engineering® à 4 rangs a été passé au-dessus des buttes en présemis à une pression de 45 PSI, à 1,4 km/h le 1^{er} juin 2020 et à 1,6 km/h le 20 mai 2021 dont les taux respectifs de propane étaient 5,9 et 5,2 g/m². Les parcelles ont de nouveau été pyrodés herbées en prélevée de la carotte les 8 et 11 juin 2020 avec les mêmes réglages utilisés en présemis et le 31 mai 2021 à une pression de 35 PSI et une vitesse de 3 km/h utilisant 1,8 g de propane/m².

La carotte a été semée le 4 juin 2020 et le 25 mai 2021 aux taux respectifs de 64 et 50 semences/m (ajusté selon le % de germination) à une profondeur de 0,64 cm en 2020 et 0,5 cm en 2021. Le 26 mai 2021, des vents violents ont balayé une grande partie du semis de carottes. Le semis de carotte a dû être refait le 8 juin 2021. Mais au préalable, les plantules de carottes qui avaient survécu au vent ont été détruites par un pyrodés herbage au taux de 4,2 g de propane/m² (45 PSI, 2 km/h) et les entre-buttes ont été nettoyées mécaniquement.

Avant d'effectuer les traitements de renchaussage, toutes les parcelles de carottes ont été dés herbées mécaniquement au moyen du DUO-parallélogramme équipé de 2 disques ouvreurs de 15 cm suivis de deux lames Lelièvre et deux couteaux à l'arrière pour dés herbber les côtés de la butte les 18 et 22 juin et

les 2, 10 et 21 juillet 2020 et les 4 (1^{er} semis) et 28 juin 2021. Les outils passaient à 5 cm de chaque côté du rang de la carotte. Les entre-buttes étaient désherbées en même temps à l'aide de disques de 50 cm. La bande de 10 cm au-dessus du rang a été désherbée manuellement les 22 juin, 10 et 28 juillet 2020 et les 8 juin, 2 et 20 juillet (aussi démariage à cette date des carottes du 1^{er} semis ayant survécu) 2021. Des irrigations ont eu lieu les 4, 9, 17, 19, 20, 22, 23 juin et les 3, 5, 6 et 24 juillet 2020 et les 14, 17, 18, 25, 26 mai et les 4, 5, 7, 9, 17 et 18 juin 2021 par aspersion à raison de 5 143 L/ha à l'aide de buses RainBird ij2045pj-07.

Le dispositif expérimental était en bloc aléatoire complet répété 4 fois. Les traitements incluaient 4 types d'outils pour renchausser la carotte et deux témoins sans renchaussage, soit enherbé ou désherbé manuellement (figure P-2.2.1). Le renchaussage a débuté lorsque la carotte avait environ 8 feuilles. Les disques de 15 cm du DUO-parallélogramme installés pour renchausser ont été utilisés le 29 juillet 2020 et le 26 juillet 2021. Les doigts de binage dont l'angle était réglé pour renchausser ont été passés les 29 juillet et 13 août 2020 et les 26 juillet et 17 août 2021. Des disques de 25 cm ajustés pour rapporter 2,5 cm de terre sur le rang ont renchaussé la carotte les 7 et 20 août 2020 et les 26 juillet et 17 août 2021. Les mêmes disques réglés pour apporter 5 cm de sol sur le rang ont été passés le 7 août 2020 et les 26 juillet et 17 août 2021.



Figure P-2.2.1. Outils utilisés pour renchausser de la carotte.

Les mauvaises herbes ont été identifiées et dénombrées par stade phénologique avant et après chaque renchaussage, dans un quadrat de 0,1 m x 6 m centré sur un rang de carotte. À chaque opération, la quantité de terre rapportée sur le rang a aussi été mesurée aléatoirement à 3 endroits dans chaque parcelle. La densité et la biomasse des mauvaises herbes ont été évaluées le 3 septembre 2020 et le 9 septembre 2021 dans les mêmes quadrats selon les espèces et les stades phénologiques. La récolte a eu lieu le 22 septembre 2020 et le 5 octobre 2021 sur 4 m linéaires (2 x 2 m) en choisissant les deux buttes du milieu. Une catégorie spécifique pour les carottes commercialisables ayant entre 1,3 et 2,5 cm de coloration verte au collet ou une autre pour les non commercialisables avec plus de 2,5 cm de collet vert a été ajoutée lors de l'évaluation.

INAB – Carotte nantaise pour le marché frais

Les expériences des objectifs 1.1, 1.2, 2.1 et 2.2 ont été mises en place à l'INAB. Toutes les parcelles avaient une longueur de 6 m et une largeur de 3 m incluant 4 buttes. Les expériences I-1.1, I-2.1 et I-2.2 ont été ensemencées avec des graines enrobées non traitées de la carotte nantaise cv. Boléro NT et l'expérience I-1.2, avec la variété Mokum NT à l'aide d'un semoir Jang 2 rangs sur un tracteur à port ventral Hefty-G en 2019 et Toutilo en 2021, avec un espacement d'environ 2,5 cm sur le rang.

Les normes de classification de l'ACIA ont été utilisées pour catégoriser les défauts des carottes non vendables. Les critères de commercialisation pour la carotte de conservation étaient les suivants: absence de pourriture; une longueur supérieure à 7,6 cm; un diamètre minimum de 3,5 cm; pas de fentes ou fourches sévères (crevasse moins de 3/4 de la longueur, demeure de belle apparence, n'a pas de fourche de plus de 2,5 cm de long); et de forme adéquate (commercialisable si une diagonale entre les 2 extrémités opposées passe par le milieu de la carotte); et où les autres défauts d'insectes ou autres ne représentent pas plus de 10 % de la carotte.

Toutes les analyses statistiques ont été complétées à l'aide du logiciel R. Les données ont été transformées au besoin. Les analyses ont été faites selon les dispositifs expérimentaux en place, soit en bloc aléatoire complet répété 4 fois pour les expériences I-1.1, I-1.2 et I-2.2 et en parcelles divisées (split-plot) pour l'objectif I-2.1. Lorsque les données respectaient les assumptions de normalité et d'homogénéité de la variance des résidus du modèle, celles-ci étaient analysées au moyen d'un modèle linéaire, d'une analyse de variance ANOVA ainsi que d'un test de comparaisons multiples Tukey. Un modèle linéaire mixte a été utilisé pour l'analyse du dispositif en split-plot. Un modèle mixte généralisé avec la distribution Poisson, ou binomiale négative a été utilisé pour les données de compte et de proportion lorsque celles-ci n'étaient pas normales, pour le dispositif split plot. Les données non-paramétriques des dispositifs en bloc complet ont été analysées à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis. Les analyses ont été réalisées sur les années d'essais combinées, sauf lorsque l'interaction année * traitement était significative, ou lorsque la méthodologie de prise de données était différente d'une année à l'autre.

I-1.1 MOMENT D'APPLICATION DU FUMIER DE POULE GRANULÉ

L'essai s'est déroulé en 2019 et 2021. Le sol était un loam sableux de la série Beurivage et le précédent cultural était un engrais vert mélangé contenant du seigle d'automne. En 2019, le couvert a été détruit à l'aide d'une machine à bêcher tandis qu'en 2021 le passage de machine à bêcher (Falc Toro 18000) a été précédé d'un labour pour contrôler la repousse de seigle d'automne. Le dispositif expérimental comptait 2 traitements : 1) fertilisation fractionnée avec le 2/3 de la fertilisation apportée au semis et le reste apporté au stade quatre feuilles de la carotte et 2) un témoin fertilisé avec la pleine dose apportée au semis seulement. La fertilisation était apportée sous forme de fumier de poule déshydraté et granulé d'une composition en azote, phosphore et potassium 5-3-2. Les granules étaient déposés manuellement sur une bande à 5 cm du rang et recouverts de 2 cm de sol. La quantité d'azote apportée au total était de 96 kg/ha pour les deux traitements. Le sarclage mécanique sur le rang était

réalisé à l'aide d'un sarcléur à cages (Hortimac) passé à 2,5 cm du rang et complété par un désherbage manuel. Le sarclage entre les buttes était effectué au moyen d'un sarcléur à dents de vibroculteur et d'un sarcléur à conduite avec unités K.U.L.T.-Kress Argus muni de pattes d'oie travaillant les allées et de disques de 25 cm travaillant le flanc des buttes. La séquence des principales opérations pour les deux années d'essai est présentée au tableau I-1.1.1. La récolte des carottes s'est effectuée manuellement sur une longueur de 2 m sur chacune des 2 buttes du centre de la parcelle (2 x 2 m).

Tableau I-1.1.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-1.1 en 2019 et 2021.

Opération	Traitement	Essai 2019	Essai 2021
Destruction du couvert	Tous	15-mai	7 et 15-mai
Préparation des buttes	Tous	23-mai	21-mai
Faux semis 1 ¹	Tous	29-mai	27-mai
Faux semis 2	Tous	05-juin	
Fertilisation et semis	Tous	10-juin	01-juin
Fertilisation	F. fractionnée	09-juil	08-juil
Sarclage	Tous	01, 10-juil et 22-août	14-juil, 3 et 23 août
Récolte	Tous	16-sept	14-sept

¹Les faux-semis ont été réalisés avec un passage de butteuse.

Une analyse économique portant sur les résultats de ce volet a été réalisée par le Centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA). Les données utilisées sont les rendements, le type de fertilisant et les taux d'application dans cette expérience. L'application mécanisée des fertilisants a été simulée en utilisant les vitesses d'application ainsi que les machineries de l'IRDA. Certaines données furent obtenues par des sources extérieures, notamment le CRAAQ. L'évaluation des revenus et de la marge a été établie à partir de ces informations. Les frais directs et indirects ont été séparés lorsque cela était nécessaire. Les revenus de carotte ont été calculés à partir des rendements observés (aucun ajustement n'a été apporté, les données tenant déjà compte des ajustements climatiques) et d'un prix composite (CRAAQ [2021] et Info-hort). L'approche retenue concerne une marge sur frais directs, soit les revenus de carottes auxquels on soustrait les coûts directs liés au fractionnement, c'est-à-dire les coûts de carburant et de lubrifiants ainsi que le temps de travail. Ce dernier est considéré intégralement (100 % du temps en plus est rémunéré) pour les fins de l'étude. Même s'il est possible que les frais indirects ne soient pas affectés par le fractionnement, la réalité est que chaque entreprise possède un parc de machinerie différent et que pour certaines, il serait nécessaire de faire des investissements pour être en mesure de fractionner et incorporer l'engrais sur les buttes. Les frais indirects calculés sont la dépréciation (amortissement), les intérêts, l'entretien ainsi que l'assurance. Deux scénarios ont été considérés : la modification d'un épandeur sur 4 rangs (~ 9 000\$) et la modification d'un épandeur pour 16 rangs (~ 35 000\$). Ceux-ci considèrent que les frais indirects sont répartis sur 35,5 ha.

I-1.2 TECHNIQUE DE L'OCCULTATION

Le dispositif expérimental a été mis en place en 2020 et 2021 sur un loam sableux de la série de sol Fourchette. Pour l'essai de 2020, le précédent cultural était un engrais vert à plusieurs espèces détruit au moyen d'une machine à bêcher. En 2021, le précédent cultural était un mélange prairial en place depuis trois ans et détruit par un passage de labour puis de déchaumeuse. L'essai comprenait seulement deux traitements en 2020 soit 1) occulté (automne précédent au printemps) et 2) témoin pyrodés herbé, tandis qu'en 2021, un témoin enherbé a été ajouté. La séquence des principales opérations pour les deux années d'essai est présentée au tableau I-1.2.1. Les bâches d'occultation utilisées étaient des bâches d'ensilage noires (figure I-1.2.1). Les faux-semis réalisés sur les témoins étaient complétés à l'aide d'un pyrodés herbeur manuel de la marque Red Dragon, à vitesse de marche lente.

Un décompte des adventices était ensuite réalisé sur les buttes 11 et 15 jours après le semis en 2020. En 2021, les décomptes ont été prolongés jusqu'au stade deux feuilles de la carotte soit 29 jours après le semis. En 2020, comme il n'y a pas eu de re-billonnage avant le semis au printemps, les buttes étaient fissurées et affaissées, créant un lit de semences irrégulier. De plus, les parcelles couvertes par les bâches d'occultation avaient plus d'humidité à la surface du sol que les parcelles témoins, ce qui a affecté l'uniformité de la levée des carottes entre les traitements, et donc possiblement la levée des mauvaises herbes. En 2021, les semis ont été réalisés plus tôt pour simuler un itinéraire de carottes d'été et la température et l'humidité du sol au semis ont été mesurées et une attention particulièrement a été portée à l'irrigation des parcelles en prélevée.

Tableau I-1.2.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-1.2 en 2020 et 2021.

Opération	Traitement	Essai 2020	Essai 2021
Destruction du couvert	Tous	20 sept. 2019	17 août et 15 sept. 2020
Préparation des buttes	Tous	30 sept.	16 sept.
Installation des bâches d'occultation	Occulté	3 oct.	21 sept.
Pyro: faux-semis 1	Témoin pyro	21 mai	27 avril 2021
Pyro: faux-semis 2	Témoin pyro	28 mai	7 mai
Pyro: faux-semis 3	Témoin pyro	4 juin	10 mai
Semis	Tous	4 juin	10 mai



Figure I.1.2.1. Occultation avec des bâches d'ensilage noires.

I-2.1 IMPACT DU TYPE D'OUTILS DE SARCLAGE ET DE LA DISTANCE DU RANG À LAQUELLE IL EST PASSÉ

Le protocole expérimental a été mis en place en 2019, 2020 et 2021. Le sol était un loam sableux de la série de sol Beurivage en 2019 et un sable-loameux Fourchette en 2020 et 2021. La séquence des principales opérations pour les deux années d'essai est présentée au tableau I-2.1.1. Les précédents culturaux étaient un mélange d'engrais vert en 2019 et 2020 et un mélange prairial en 2021, qui ont été détruits avec une machine à bêcher (précédée d'un labour en 2021 seulement). Les faux-semis et le semis ont été complétés tels que décrits à l'objectif 1.1, avec l'ajout d'un pyrodés herbage en prélevée en 2021. Les traitements de sarclage mécanique ont été faits à 2,5 et 5 cm du rang au moyen d'un tracteur ventral Toutilo et du DUO-parallélogramme K.U.L.T. (double disque ou dents Lelièvre) ou d'un sarcler à cages (Hortimac ajusté pour travailler deux buttes à la fois) (figure I-2.1.1). Après le décompte des mauvaises

herbes, les sarclages mécaniques étaient complétés par des désherbages manuels sur le rang. Les carottes ont été récoltées sur une longueur de 4 m par traitement et classées.

Tableau I-2.1.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-2.1 en 2019, 2020 et 2021.

Opération	Essai 2019	Essai 2020	Essai 2021
Destruction du couvert	15-mai	13-mai	17-mai
Préparation des buttes	23-mai	13-mai	18-mai
Faux-semis	29-mai et 5-juin	01-juin	27-mai
Semis	10-juin	09-juin	01-juin
Pyro prélevée			07-juin
Sarclage 1	01-juil	30-juin	24-juin
Sarclage 2	10-juil	15-juil	05-juil
Sarclage 3		22-juil	12-juil
Récolte	16-sept	22-sept	14-sept

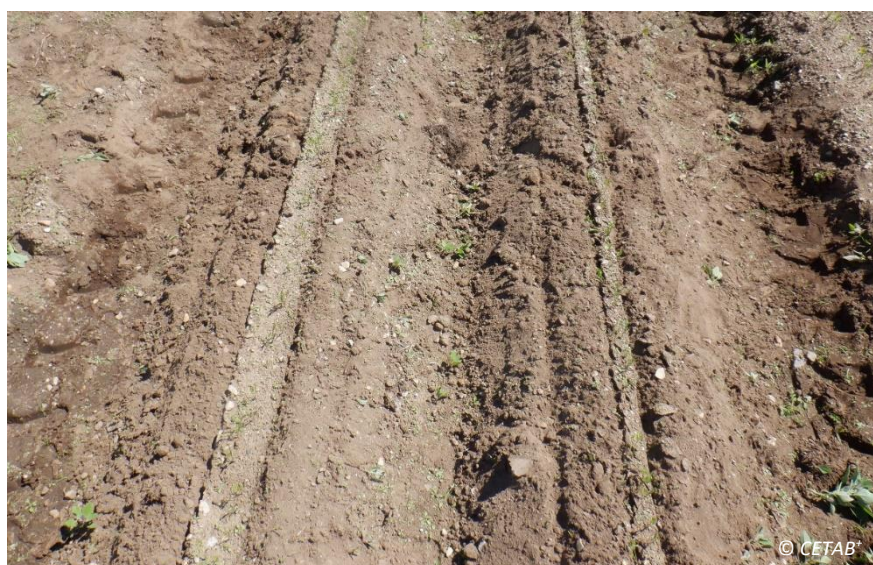


Figure I-2.1.1. Sarclage à 5 cm (gauche) et 2,5 cm (droite) du rang.

I-2.2 EFFET DU RENCHAUSSAGE SUR LES MAUVAISES HERBES ET LA QUALITÉ ET LE RENDEMENT DES CAROTTES

L'expérience a été réalisée en 2020 et 2021. Le sol était un loam sableux de la série Fourchette. La séquence des principales opérations pour les deux années d'essai est présentée au tableau I-2.2.1. Les précédents culturaux ainsi que la machinerie utilisée jusqu'au semis étaient les mêmes que ceux décrits à l'expérience I-2.1. Des sarclages mécaniques à 5 cm du rang et des désherbages manuels sur le rang ont été effectués avant le début des traitements de renchaussage tel que décrit à l'expérience I-1.1. Une erreur survenue lors du désherbage manuel nous a obligés à exclure la dernière répétition lors de l'essai 2020. Des décomptes de mauvaises herbes étaient réalisés après chaque renchaussage en 2020. En 2021, le protocole de décompte des mauvaises herbes a été changé afin de suivre ce qui était fait au site principal, ainsi le décompte était réalisé avant et après le renchaussage. Un décompte et une évaluation de la biomasse des mauvaises herbes ont aussi été réalisés avant la récolte. Les carottes ont été récoltées manuellement sur une longueur de 1 m par butte en 2020 et 2 m par butte en 2021 pour les deux buttes. Tel que décrit à l'expérience I-1.1, les normes de classification de l'ACIA pour la carotte de conservation ont été utilisées. En 2021 une attention particulière a été portée à la présence de collet vert.

Tableau I-2.2.1. Date des principales opérations culturales de l'expérience I-2.2 en 2020 et 2021.

Opération	2020	2021
Semis	09-juin	01-juin
Pyro prélevée		07-juin
Sarclage	30 juin au 15 juil	7 juin au 20 juin
Renchaussage 1	22-juil (Disques 2,5 cm, DUO, Doigts Kress)	29-juil (Disques 2,5 cm, DUO, Doigts Kress) 5 août (Disques 5 cm)
Renchaussage 2	31-juil tous les traitements	20-août tous les traitements sauf le DUO
Récolte	22-sept	14-sept



Figure I-2.2.1. Renchaussage de 5 cm de terre sur le rang des carottes à l'aide des disques de 25 cm.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

PIAB - Carotte jumbo de transformation

P-1.3 FAUX-SEMIS AVEC OU SANS TRAVAIL DU SOL

Les sites expérimentaux en 2020 et 2021 étaient principalement composés de dicotylédones, représentant respectivement 87,9 et 96,4 % des mauvaises herbes (tableau P-1.3.1). Les espèces les plus fréquentes étaient le chénopode blanc et le pourpier potager. Le chénopode blanc (52 %) dominait en 2020 alors qu'en 2021, c'est le pourpier potager (68 %) qui représentait la plus grande proportion de mauvaises herbes sur le site. Seulement 11,7 et 3,5 % des mauvaises herbes étaient des monocotylédones, respectivement en 2020 et 2021. Les vivaces comptaient pour moins de 0,4 % des mauvaises herbes.

Tableau P-1.3.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-1.3 et répartition des mauvaises herbes selon leur stade de développement en 2020-21.

Mauvaises herbes	Nom latin	STADES ¹											
		2020						2021					
		S1	S2	S3	S4	S5	TOTAL	S1	S2	S3	S4	S5	TOTAL
%						%							
DICOTYLÉDONES ANNUELLES		67,82	8,77	5,14	2,09	4,09	87,91	20,08	22,73	24,83	5,74	23,36	96,38
Amarante à racine rouge	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0,92	0,34	0,08	0,02	0,00	1,35	0	0,44	0,35	0,16	0,16	1,10
Amarante de Powell	<i>Amaranthus powellii</i> S. Wats.							0	0,04	0,07	0	0	0,11
Capselle Bourse-à-Pasteur	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	0,09	0	0	0	0	0,09	0,20	0,27	0,53	0,07	0,16	1,22
Céaiste vulgaire	<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i> (Hartman) Greuter & Burdet (syn. <i>Cerastium vulgatum</i>)	0,02	0	0	0	0	0,02						
Chénopode blanc	<i>Chenopodium album</i> L.	35,57	6,38	4,06	1,90	3,98	51,89	4,02	3,84	5,94	2,52	4,24	20,50
Morelle noire de l'Est	<i>Solanum ptychanthum</i> Dunal	0,11	0	0	0	0	0,11	0	0,04	0,07	0	0	0,11
Morelle poilue	<i>Solanum physalifolium</i> Rusby (syn. <i>Solanum sarrachoides</i>)	0,17	0,02	0,02	0	0	0,21	0,04	0,07	0,02	0	0	0,13
Moutarde des champs	<i>Sinapis arvensis</i> L. (syn. <i>Brassica arvensis</i>)	0,39	0,23	0,08	0,02	0	0,71	0,04	0	0,04	0	0,05	0,13
Persicaire pâle	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	0,21	0,32	0,17	0,02	0	0,71	0,02	0,20	0,22	0,07	0,05	0,55
Petite herbe à poux	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	0,51	0,53	0,53	0,11	0,04	1,71	0,20	0,07	0,16	0,13	0,00	0,55
Pourpier potager	<i>Portulaca oleracea</i> L.	25,46	0,88	0,15	0	0,04	26,53	14,43	16,88	16,26	2,50	17,79	67,57
Renouée liseron	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve (syn. <i>Polygonum convolvulus</i>)							0	0	0	0,02	0,09	0,11
Renouée persicaire	<i>Persicaria maculosa</i> Gray (syn. <i>Polygonum persicaria</i>)	0,00	0,02	0	0	0,04	0,06	0	0	0	0	0,02	0,02
Spargoute des champs	<i>Spergula arvensis</i> L.	2,99	0,02	0,06	0,02	0	3,08	0,77	0,53	0,77	0,13	0,61	2,81
Tabouret des champs	<i>Thaspi arvense</i> L.	0,26	0,04	0,02	0	0	0,32	0,09	0,24	0,22	0,07	0,16	0,77
Vélar fausse-girolée	<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.							0	0,02	0,13	0,07	0,05	0,27
Autres		1,13	0	0	0	0	1,13	0,27	0,09	0,04	0,02	0	0,42
MONOCOTYLÉDONES ANNUELLES		3,77	2,40	2,12	1,67	1,77	11,73	0,20	0,46	0,77	0,71	1,41	3,53
Digitaire astringente	<i>Digitaria ischaemum</i> (Schreb.) Muhl.							0	0	0	0,04	0,16	0,20
Digitaires sanguine	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	0,15	0,60	1,50	0,85	0,51	3,60	0	0,02	0,35	0,46	1,01	1,83
Échinochloa pied-de-coq	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	0	0,73	0,53	0,75	1,07	3,08	0	0	0,02	0,07	0,18	0,27
Panic capillaire	<i>Panicum capillare</i> L.	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,08	0	0,09	0,33	0,07	0,05	0,53
Pâturin annuel	<i>Poa annua</i> L.							0	0,02	0,02	0,04	0	0,09
Sétaire géante	<i>Setaria faberi</i> R.A.W. Herrm.	0	0	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0	0,02	0,02
Sétaire glauque	<i>Setaria pumila</i> subsp. <i>pumila</i> (Poiret) Roemer & Schultes (syn. <i>Setaria glauca</i>)	0	0	0,02	0,06	0,17	0,24						
Autres		3,60	1,05	0,06	0,00	0,00	4,71	0,20	0,33	0,04	0,02	0	0,60
VIVACES		0,08	0,09	0,13	0,02	0,04	0,36	0	0,02	0,04	0,00	0,02	0,09
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i> Weber							0	0,02	0,04	0	0,02	0,09
Trèfle	<i>Trifolium</i>	0,08	0	0	0	0	0,08						
Vesce jargeau	<i>Vicia cracca</i> L.	0	0,09	0,13	0,02	0,04	0,28						
TOTAL DES MAUVAISES HERBES		71,67	11,27	7,40	3,78	5,90	100,00	20,28	23,22	25,64	6,45	24,79	100,00

¹ Dicotylédones annuelles et vivaces : S1, cotylédons; S2, 1-2 feuilles; S3, 3-4 feuilles; S4, 5-6 feuilles; S5, 7 feuilles et plus. Monocotylédones annuelles : S1, 1 feuille; S2, 2 feuilles; S3, 3 feuilles; S4, 4 feuilles; S5, 5 feuilles et plus.

La répartition des mauvaises herbes différait d'une date de traitement à l'autre (tableau P-1.3.2). Avant la première date des traitements, le chénopode blanc au stade cotylédon dominait en 2020 alors qu'en 2021, la densité du pourpier potager était plus élevée aux stades cotylédons et 1-2 feuilles. À la deuxième date du traitement, le chénopode était réparti principalement aux stades cotylédons et 2 feuilles en 2020 alors qu'en 2021, le pourpier était plus imposant aux stades 3 feuilles et plus. À la troisième date des traitements, la population du pourpier était plus importante aux stades cotylédons en 2020 et à 7 feuilles et plus en 2021.

Tableau P-1.3.2. Répartition des mauvaises herbes selon les dates des traitements dans l'expérience P-1.3 en 2020-21.

DATE ¹	MAUVAISES HERBES	2020						2021					
		STADES ²						STADES					
		S1	S2	S3	S4	S5	TOTAL	S1	S2	S3	S4	S5	TOTAL
		%						%					
30 JUIN	DICOTYLÉDONES	62,56	4,25	10,86	4,19	0,61	82,46	39,93	32,48	21,98	2,80	0,19	97,39
	Chénopode blanc	54,98	3,22	9,53	4,19	0,61	72,51	7,17	7,55	10,59	2,71	0,09	28,11
	Pourpier potager	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	29,63	22,22	9,31	0,05	0,00	61,21
	MONOCOTYLÉDONES	6,98	2,79	2,49	3,88	0,97	17,11	0,19	0,43	0,85	0,85	0,28	2,61
	VIVACES	0,00	0,18	0,18	0,06	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	TOTAL	69,54	7,22	13,53	8,13	1,58	100,00	40,12	32,91	22,84	3,66	0,47	100,00
6 (2020) 8 (2021) JUILLET	DICOTYLÉDONES	28,05	30,50	6,15	2,02	10,61	77,34	1,62	19,24	36,36	8,28	30,88	96,39
	Chénopode blanc	24,01	24,01	4,55	1,43	10,19	64,20	0,50	0,87	2,68	3,18	7,66	14,88
	Pourpier potager	0,00	1,35	0,59	0,00	0,08	2,02	1,00	16,56	29,58	3,74	21,36	72,23
	MONOCOTYLÉDONES	3,03	6,23	5,31	1,35	5,98	21,90	0,12	0,31	0,68	0,62	1,81	3,55
	VIVACES	0,34	0,08	0,34	0,00	0,00	0,76	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06
	TOTAL	31,42	36,82	11,79	3,37	16,60	100,00	1,74	19,61	37,05	8,90	32,69	100,00
13 JUILLET	DICOTYLÉDONES	90,25	1,40	0,88	0,72	3,29	96,55	5,15	4,42	9,45	8,34	66,38	93,74
	Chénopode blanc	28,25	0,08	0,20	0,60	3,25	32,38	2,82	0,12	0,37	0,74	7,85	11,90
	Pourpier potager	54,13	1,24	0,04	0,00	0,04	55,46	1,60	3,68	7,98	6,38	55,21	74,85
	MONOCOTYLÉDONES	2,01	0,32	0,36	0,36	0,28	3,33	0,37	0,86	0,74	0,49	3,44	5,89
	VIVACES	0,00	0,04	0,00	0,00	0,08	0,12	0,00	0,00	0,25	0,00	0,12	0,37
	TOTAL	92,26	1,77	1,24	1,08	3,65	100,00	5,52	5,28	10,43	8,83	69,94	100,00

¹ Date du dénombrement des mauvaises herbes avant les traitements.

² Dicotylédones annuelles et vivaces : S1, cotylédons; S2, 1-2 feuilles; S3, 3-4 feuilles; S4, 5-6 feuilles; S5, 7 feuilles et plus. Monocotylédones annuelles : S1, 1 feuille; S2, 2 feuilles; S3, 3 feuilles; S4, 4 feuilles; S5, 5 feuilles et plus.

Le tableau P-1.3.3 indique la dose d'application du propane selon la pression réglée sur le pyrodéssherbeur et sa vitesse d'avancement. Les doses étaient quelque peu différentes d'une année à l'autre, dépendant de la température ambiante lors du test. La plus haute dose a été obtenue avec une pression de 45 PSI à une vitesse de 1,5 km/h alors que la plus faible dose était avec une pression de 35 PSI et une vitesse de 6 km/h.

Tableau P-1.3.3. Dose d'application du propane selon la pression et la vitesse en 2020-21.

PRESSION	VITESSE	DOSE DE PROPANE	
		2020	2021
PSI	km/h	g/m ²	
35	1,5	3,86	3,54
	3	1,93	1,77
	4,5	1,29	1,18
	6	0,97	0,89
45	1,5	5,49	5,58
	3	2,75	2,79
	4,5	1,83	1,86
	6	1,37	1,39

En général, plus la pression du pyrodésherbeur était haute et plus la vitesse était lente, plus le % de répression des mauvaises herbes a été élevé, correspondant à des doses plus élevées de propane (tableaux P-1.3.4 et P-1.3.5). À la première date des traitements, en 2020, la répression des dicotylédones, dominées par du chénopode blanc au stade cotylédons, était moindre à 35 PSI aux vitesses de 4,5 et 6 km/h correspondant aux doses d'application de propane les plus faibles (1,29 et 0,97 g/m²). Moins de 22 % des monocotylédones ont été réprimées lorsque les taux de propane testés étaient plus faibles que 2,75 g/m² soit à 35 PSI aux vitesses de 3, 4,5 et 6 km/h et à 45 PSI aux vitesses de 4,5 et 6 km/h. Le point de croissance des monocotylédones est protégé par l'enroulement des feuilles autour de lui et se trouve souvent sous la surface du sol et n'est pas atteint par la flamme du pyrodésherbeur. Il est possible de réduire la vitesse pour obtenir une certaine efficacité. Le sarcleur à cages roulantes a le mieux performé avec 88 % de répression des monocotylédones et 87 % du total des mauvaises herbes, ce dernier pourcentage similaire à la répression obtenue avec la plus haute dose de propane (45 PSI x 1,5 km/h = 91 %). À la deuxième date, la répression des dicotylédones (principalement du chénopode blanc aux stades cotylédons et 2 feuilles) a été moins élevée à la pression 35 PSI aux vitesses de 4,5 et 6 km/h comme à la première date. Le pyrodésherbage des monocotylédones a été moins efficace aux vitesses de 4,5 et 6 km/h. Le sarcleur à cages a procuré une répression de 85 % du total des mauvaises herbes, similaire aux plus hautes doses d'application de propane soit 35 et 45 PSI à 1,5 km/h. À la dernière date des traitements, la répression des dicotylédones, où le pourpier potager au stade cotylédons dominait, a été de plus de 85 % à l'exception des traitements de pyrodésherbage à la pression de 35 PSI aux vitesses de 4,5 et 6 km/h. Les monocotylédones ont été totalement réprimées par le pyrodésherbeur à la plus haute dose (45 PSI x 1,5 km/h) et par le sarcleur à cages. Le % de répression du total des mauvaises herbes a été seulement de 24 % avec la plus faible dose de propane (35 PSI x 6 km/h) alors qu'elle variait entre 72 et 100 % avec les autres traitements.

À la première date des traitements, en 2021, la différence entre les traitements n'était pas significative, mais la répression des mauvaises herbes avec une dominance de pourpier au stade cotylédons avait tendance à être plus importante aux doses plus élevées (35 PSI à 1,5 km/h et 45 PSI à 1,5 et 3 km/h), variant entre 63 et 86 %. Le sarcleur à cages a réprimé 78 % du total des mauvaises herbes. À la deuxième date, ce dernier a maintenu le même pourcentage de répression bien que le pourpier fût à un stade plus avancé (20 % au stade 7 feuilles et plus). Seule la plus haute dose de propane (45 PSI à 1,5 km/h) a réussi à réprimer plus de 50 % des dicotylédones et monocotylédones. À la dernière date de

désherbage où plus de 55 % du pourpier avait 7 feuilles et plus, plus de 90 % des dicotylédones ont été réprimés avec les doses les plus hautes soit 35 et 45 PSI à 1,5 km/h. Il n'y avait pas de différence significative avec les monocotylédones, mais leur répression avait tendance également à être plus élevée à des doses plus importantes. Le sarcleur à cages n'a pas bien performé avec seulement 49 % de répression, indiquant que le stade du pourpier était trop avancé pour avoir une bonne efficacité.

Tableau P-1.3.4. Répression des mauvaises herbes dans l'expérience P-1.3 en 2020.

DATE	TRAITEMENTS ¹ pression x vitesse	MAUVAISES HERBES									
		DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		ANNUELLES		VIVACES		TOTAL	
		LSD ²	±SE ³	LSD	±SE	LSD	±SE	±SE		LSD	±SE
% de répression											
30 JUIN	35 x 1,5	62,4 ab	21,8	41,7 bc	21,0	57,7 bc	19,9	- ⁴	-	57,7 bc	19,9
	35 x 3	71,1 a	14,7	18,0 c	18,0	67,3 ab	13,8	-	-	67,3 ab	13,8
	35 x 4,5	26,4 c	11,9	16,7 c	9,6	23,1 d	9,1	-	-	23,1 d	9,1
	35 x 6	35,8 bc	14,6	21,0 c	15,0	33,4 bc	14,5	-	-	33,4 cd	14,5
	45 x 1,5	93,0 a	4,3	77,5 ab	5,6	91,4 a	3,9	100,0	- ⁵	91,4 a	3,9
	45 x 3	85,6 a	4,8	51,4 abc	12,2	77,4 ab	1,0	100,0	.	77,6 ab	1,2
	45 x 4,5	87,5 a	4,3	21,6 c	12,8	75,1 ab	5,1	100,0	.	75,3 ab	5,1
	45 x 6	72,4 a	9,4	12,2 c	7,4	57,1 bc	8,8	100,0	.	57,3 bc	8,9
	Cages	86,4 a	4,5	88,3 a	6,1	86,8 ab	3,6	100,0	.	86,9 ab	3,5
<i>Anova</i> ⁶		**		**		**				**	
6 JUILLET	35 x 1,5	88,4 ab	4,6	71,0 ab	9,9	85,1 a	5,9	100,0	.	85,1 a	5,9
	35 x 3	71,4 bc	9,5	54,3 bc	15,8	65,1 ab	11,6	-	-	65,1 ab	11,6
	35 x 4,5	69,7 bcd	12,1	24,1 d	8,8	57,5 bc	8,8	50,0	.	57,3 bc	8,7
	35 x 6	47,1 d	18,8	27,2 cd	9,5	36,6 d	11,1	-	-	36,6 d	11,1
	45 x 1,5	100,0 a	0	47,5 bcd	20,6	83,3 a	6,2	-	-	83,3 a	6,2
	45 x 3	84,7 ab	6,1	45,8 bcd	4,2	70,8 ab	6,4	-	-	70,8 ab	6,4
	45 x 4,5	82,4 abc	10,5	26,4 cd	11,9	67,8 ab	10,3	-	-	67,8 ab	10,3
	45 x 6	60,7 cd	11,6	18,3 d	3,8	39,2 cd	6,9	-	-	39,2 cd	6,9
	Cages	82,5 abc	8,5	96,3 a	3,7	84,5 a	8,7	-	-	84,5 a	8,7
<i>Anova</i>		**		**		***				***	
13 JUILLET	35 x 1,5	97,5 a	1,9	25,0 b	25,0	96,2 ab	1,8	-	-	96,2 ab	1,8
	35 x 3	87,1 ab	1,4	0 b	0	83,4 abc	1,3	-	-	83,4 abc	1,3
	35 x 4,5	76,0 b	7,7	0 b	0	72,4 c	7,0	-	-	72,4 c	7,0
	35 x 6	23,9 c	13,3	8,3 b	8,3	23,5 d	12,8	-	-	23,5 d	12,8
	45 x 1,5	100,0 a	0	100,0 a	0	100,0 a	0	-	-	100,0 a	0,0
	45 x 3	95,2 a	2,7	33,3 b	23,6	93,7 ab	3,1	100,0	.	93,8 ab	3,1
	45 x 4,5	92,2 ab	6,2	20,8 b	12,5	87,7 abc	6,7	-	-	87,7 abc	6,7
	45 x 6	85,9 ab	4,6	5,0 b	5,0	79,5 bc	4,5	-	-	79,5 bc	4,5
	Cages	98,0 a	2,0	100,0 a	0	98,1 a	1,9	-	-	98,1 a	1,9
<i>Anova</i>		**		**		**				**	

¹ Pression : 35 et 45 PSI; Vitesse : 1,5, 3, 4,5 et 6 km/h.

² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %.

³ SE : erreur-type. ⁴ - : absence de mauvaises herbes. ⁵ . : une seule donnée, ne permettant pas de calculer l'erreur-type.

⁶ ** : significatif à 0,01; *** : significatif à 0,001.

Tableau P-1.3.5. Répression des mauvaises herbes dans l'expérience P-1.3 en 2021.

DATE	TRAITEMENTS ¹ pression x vitesse	MAUVAISES HERBES												
		DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		ANNUELLES		VIVACES		TOTAL				
		LSD ²	±SE ³	±SE		LSD	±SE	±SE		LSD	±SE			
% de répression														
30 JUIN	35 x 1,5	86,2	4,3	50,0	50,0	85,5	4,5	- ⁴	-	85,5	4,5			
	35 x 3	56,7	5,6	50,0	0	56,4	5,4	-	-	56,4	5,4			
	35 x 4,5	42,2	20,3	100,0	. ⁵	42,3	20,3	-	-	42,3	20,3			
	35 x 6	56,7	13,6	25,0	25,0	56,4	13,7	-	-	56,4	13,7			
	45 x 1,5	63,6	15,8	68,8	23,7	63,0	16,6	-	-	63,0	16,6			
	45 x 3	78,4	7,6	50,0	50,0	78,0	8,0	-	-	78,0	8,0			
	45 x 4,5	54,1	19,9	28,6	14,4	52,8	19,6	-	-	52,8	19,6			
	45 x 6	28,9	12,8	50,0	50,0	29,2	13,1	-	-	29,2	13,1			
	Cages	78,3	12,5	100,0	.	78,4	12,5	-	-	78,4	12,5			
<i>Anova</i> ⁶		<i>ns</i>		<i>ns</i>		<i>ns</i>				<i>ns</i>				
9 JUILLET	35 x 1,5	45,5	abc	19,4	12,5	12,5	42,2	bc	18,0	-	-	42,2	bc	18,0
	35 x 3	20,7	cd	2,7	25,0	25,0	20,8	cd	2,9	-	-	20,8	cd	2,9
	35 x 4,5	20,9	cd	7,6	0	0	20,4	cd	7,3	100,0	.	20,8	cd	7,6
	35 x 6	10,2	d	4,1	0	.	9,6	d	4,2	-	-	9,6	d	4,2
	45 x 1,5	54,4	abc	11,4	66,7	33,3	56,0	ab	11,0	-	-	56,0	ab	11,0
	45 x 3	38,0	bcd	7,8	37,5	23,9	36,8	bcd	7,3	-	-	36,8	bcd	7,3
	45 x 4,5	19,6	cd	5,0	12,5	12,5	18,1	cd	3,7	-	-	18,1	cd	3,7
	45 x 6	16,1	cd	12,9	0,0	0,0	15,9	cd	12,9	-	-	15,9	cd	12,9
	Cages	77,1	a	14,0	100,0	0,0	78,1	a	13,3	-	-	78,1	a	13,3
<i>Anova</i>		**		<i>ns</i>		**						**		
13 JUILLET	35 x 1,5	90,4	a	9,6	55,6	29,4	85,8	a	11,1	-	-	85,8	a	11,1
	35 x 3	19,6	cd	9,2	75,0	25,0	22,6	cd	11,1	0	.	22,5	cd	11,1
	35 x 4,5	14,7	d	9,7	33,3	33,3	16,5	cd	11,4	-	-	16,5	cd	11,4
	35 x 6	4,6	d	2,7	0	0	4,5	d	2,6	0	.	4,4	d	2,6
	45 x 1,5	100,0	a	0,0	41,7	8,3	92,7	a	4,3	-	-	92,7	a	4,3
	45 x 3	68,2	ab	17,6	25,0	25,0	64,4	ab	17,3	-	-	64,4	ab	17,3
	45 x 4,5	35,1	bcd	16,1	25,0	25,0	33,9	bcd	13,5	-	-	33,9	bcd	13,5
	45 x 6	26,5	cd	13,4	33,3	33,3	25,2	cd	12,1	0	.	23,8	cd	12,4
	Cages	48,6	bc	24,4	-	-	48,6	bc	24,4	-	-	48,6	bc	24,4
<i>Anova</i>		**		<i>ns</i>		**						**		

¹ Pression : 35 et 45 PSI; Vitesse : 1,5, 3, 4,5 et 6 km/h.

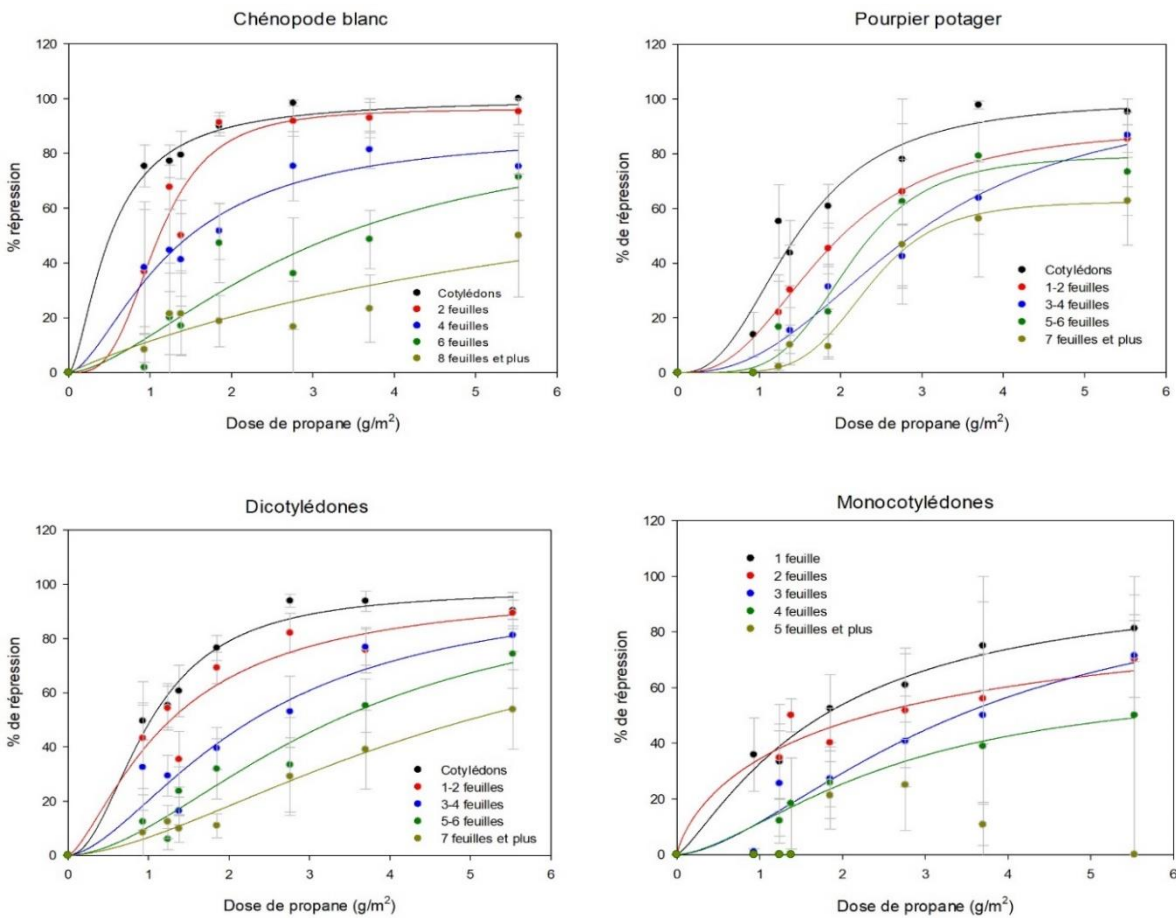
² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %.

³ SE : erreur-type. ⁴ - : absence de mauvaises herbes. ⁵ . : une seule donnée, ne permettant pas de calculer l'erreur-type.

⁶ *ns* : non significatif; ** : significatif à 0,01.

Des courbes dose-réponse représentant la répression moyenne du chénopode blanc, du pourpier potager, des dicotylédones et des monocotylédones à différents stades ont été tracées en fonction des doses de propane (figure P-1.3.2). Règle générale, plus le stade des mauvaises herbes est avancé, plus la dose de propane doit être importante pour réprimer celles-ci. À l'aide des paramètres de l'équation des courbes, il a été possible d'estimer la dose de propane pour la répression souhaitée (tableau P-1.3.6). Par exemple, pour obtenir une répression de 80 %, les doses de propane requis pour le chénopode aux stades cotylédons, 2 et 4 feuilles sont respectivement 1,2, 1,8 et 5 g/m². Au stade 6 feuilles, seulement 68 % des chénopodes sont réprimés par la plus haute dose testée (5,5 g/m²) et à 8 feuilles et plus, moins de 40 % sont réprimés. Pour réprimer 80 % du pourpier, il faut 2,5, 4,1 et 5,1 g/m² respectivement aux stades cotylédons, 1-2 feuilles et 3-4 feuilles. La plus haute dose testée a réprimé 78 % du pourpier au stade 5-6

feuilles et moins de 62 % à 7 feuilles et plus. Pour une répression de 80 % de l'ensemble des dicotylédones, la dose nécessaire était 2,1, 3,4, et 5,3 g/m² pour les stades respectifs cotylédons, 1-2 feuilles et 3-4 feuilles. À 5-6 feuilles, la répression était estimée à 71 % et à 7 feuilles et plus à moins de 54 % avec la plus haute dose testée. Pour que les monocotylédones au stade 1 feuille soient réprimées à 80 %, il faut une dose de propane de 5,3 g/m². À cette même dose, seulement 65 % des monocotylédones aux stades 2 et 3 feuilles seront éliminés alors que moins de 50 % au stade 4 feuilles et probablement, moins de 20 % au-delà de ce stade. Il serait économiquement plus avantageux de désherber avec le sarcléur à cages si le stade des mauvaises herbes n'est pas trop avancé, car il n'y a pas la consommation du propane à considérer dans le coût du désherbage. Le prix du propane en mai 2022 était 1.067 \$/L (<https://www.propanefacts.ca/copy-of-fleet-solution>). Le coût du propane à l'hectare pourrait varier entre 19 (0.9 g propane/m²) à 116 \$/ha (5,5 g propane/m²) selon la combinaison de pression et de vitesse choisies. Le sarcléur à cages à 6,4 km/h prend également moins de temps pour désherber que les traitements de pyrodésherbage qui sont plus efficaces à des vitesses plus lentes variant entre 1,5 et 4,5 km/h. Cependant, le sarcléur à cages ne peut pas être passé en prélevée de la carotte alors que le pyrodésherbeur peut être utilisé juste avant la levée des carottes afin de réduire la compétition exercée par les mauvaises herbes, favoriser la croissance des plantules de carottes et diminuer le temps de désherbage manuel. Le pyrodésherbage demeure une stratégie à ne pas rejeter malgré la consommation de propane qui peut être moins importante si les mauvaises herbes ont 2 feuilles et moins. Il est à conserver dans son coffre à outils de désherbage.



Les barres verticales indiquent l'erreur-type (\pm SE). Les paramètres des courbes dose-réponse sont décrits dans le tableau 1.3.6.

Figure P-1.3.2. Répression des mauvaises herbes en fonction des doses de propane.

Tableau P-1.3.6. Estimation des paramètres des courbes dose-réponse.

MAUVAISES HERBES	STADES	PARAMÈTRES ¹			R ²
		a	b	x ₀	
Chénopode blanc	Cotylédons	100,00	-1,587	0,510	99,0
	2 feuilles	96,30	-3,288	1,087	94,8
	4 feuilles	88,65	-1,619	1,270	95,8
	6 feuilles	92,92	-1,616	3,000	87,5
	8 feuilles et plus	100,00	-0,976	8,080	76,0
Pourpier potager	Cotylédons	99,84	-2,550	1,458	95,0
	1-2 feuilles	90,30	-2,593	1,852	99,9
	3-4 feuilles	100,00	-2,469	2,879	98,3
	5-6 feuilles	79,56	-4,472	2,116	96,5
	7 feuilles et plus	62,78	-5,454	2,342	98,6
Dicotylédones	Cotylédons	98,09	-2,086	1,010	98,0
	1-2 feuilles	99,40	-1,436	1,266	92,0
	3-4 feuilles	100,00	-1,648	2,297	91,3
	5-6 feuilles	100,00	-1,780	3,335	94,6
	7 feuilles et plus	100,00	-1,644	4,980	97,9
Monocotylédones	1 feuille	100,00	-1,269	1,767	98,4
	2 feuilles	100,00	-0,769	2,320	94,3
	3 feuilles	100,00	-1,654	3,408	94,9
	4 feuilles	63,50	-1,607	2,574	98,8
	5 feuilles et plus	²	-	-	-

¹ Courbe logistique à 3 paramètres, $Y=a/(1+(x/x_0)^b)$.

² - : les données ne permettent pas de tracer une courbe de régression.

P-1.4 SEMIS DE CAROTTE DANS DES BANDES DE COMPOST STÉRILE

Mauvaises herbes. Les sites expérimentaux étaient principalement infestés par des mauvaises herbes dicotylédones, dont le chénopode blanc et le pourpier potager (tableau P-1.4.1). Les monocotylédones représentaient seulement 11,3 et 2,5 % des mauvaises herbes respectivement, en 2019 et 2021.

Tableau P-1.4.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-1.4 en 2020-21.

Mauvaises herbes	Nom latin	2019	2021
		%	
DICOTYLÉDONES ANNUELLES		88,3	97,5
Amarante à racine rouge	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	4,0	1,7
Petite herbe à poux	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	0,6	3,3
Capselle Bourse-à-Pasteur	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	8,0	
Chénopode blanc	<i>Chenopodium album</i> L.	35,2	79,3
Laiteron rude	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	1,6	
Pourpier potager	<i>Portulaca oleracea</i> L.	21,5	11,6
Persicaire pâle	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	13,9	
Morelle poilue	<i>Solanum physalifolium</i> Rusby (syn. <i>Solanum sarrachoides</i>)	2,6	
Spargoute des champs	<i>Spergula arvensis</i> L.	0,2	
Autres		0,6	1,7
MONOCOTYLÉDONES ANNUELLES		11,3	2,5
Digitaires sanguine	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	6,4	
Échinochloa pied-de-coq	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	0,6	
Panic capillaire	<i>Panicum capillare</i> L.	1,4	
Sétaire géante	<i>Setaria faberi</i> R.A.W. Herrm.		
Sétaire glauque	<i>Setaria pumila</i> subsp. <i>pumila</i> (Poiret) Roemer & Schultes (syn. <i>Setaria glauca</i>)	0,8	
Sétaire verte	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.		
Autres		2,0	2,5
VIVACES		0,4	0,0
Trèfle	<i>Trifolium</i>	0,4	

La densité des mauvaises herbes à 7 jours après le semis était moindre avec le traitement de pyrodés herbage en prélevée de la carotte, réalisé moins de 2 jours avant le décompte (tableau P-1.4.2). En 2019, son efficacité n'a pas duré puisqu'au dénombrement du 14 jours après le semis, la densité de mauvaises herbes était similaire au témoin sans intervention (TSI). Cependant, le compost a maintenu une faible densité des mauvaises herbes jusqu'à 14 jours après le semis. En 2021, de grands vents ont contaminé le compost après le semis et avant la date du pyrodés herbage. La densité mauvaises herbes dans le compost était similaire au témoin sans intervention alors qu'elle est demeurée faible dans les parcelles pyrodés herbées.

Par la suite, cinq dés herbages manuels ont été nécessaires en 2019 et seulement trois en 2021 puisqu'il y avait 6 fois moins de mauvaises herbes sur le site. En 2019, le temps de dés herbage manuel était significativement moins élevé dans le compost au 1^{er} et 3^e dés herbage. Au 4^e et 5^e dés herbage

manuel, le temps requis pour enlever manuellement les mauvaises herbes était similaire puisque la levée des mauvaises herbes s'amenuise avec le temps. En 2021, comme le compost a été contaminé, les différences entre les traitements du 1^{er} et 2^e désherbage n'étaient pas significatives et au 3^e désherbage, significativement un peu plus de temps a été requis pour désherber manuellement le compost.

Tableau P-1.4.2. Densité des mauvaises herbes 7 et 14 jours après le semis dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.

AN	JOURS APRÈS LE SEMIS ¹	TRAITEMENTS ²	MAUVAISES HERBES									
			DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		VIVACES ²		TOTAL			
			LSD ³	±SE ⁴	±SE		±SE		LSD	±SE		
Plantules/m ²												
2019	7	COMPOST	50,0	12,9	20,0	14,1	0	0	70,0	20,8		
		PYRO	25,0	15,0	5,0	5,0	0	0	30,0	12,9		
		TSI	120,0	54,8	25,0	18,9	0	0	145,0	72,7		
		Anova ⁵	ns		ns				ns			
	14 ⁶	COMPOST	46,7	b	6,7	6,7	6,7	0	0	53,3	b	6,7
		PYRO	345,0	a	58,0	40,0	8,2	5,0	5,0	390,0	a	52,0
		TSI	340,0	a	75,7	65,0	51,9	0	0	405,0	a	126,9
Anova	ns		ns		ns		*					
2021	7 ⁶	COMPOST	60,0	a	14,1	0	0	0	0	60,0	a	14,1
		PYRO	0,0	b	0,0	0	0	0	0	0	b	0,0
		TSI	50,0	a	23,8	0	0	0	0	50,0	a	23,8
		Anova	ns						ns			
	14	COMPOST	60,0		14,1	0	0	0	0	60,0		14,1
		PYRO	20,0		14,1	0	0	0	0	20,0		14,1
		TSI	55,0		18,9	0	0	0	0	55,0		18,9
Anova	ns							ns				

¹ 7= 14 juin 219, 31 mai 2021; 14=21 juin 2019, 7 juin 2021.

² COMPOST : semis dans des bandes de compost stérile; PYRO : pyrodésherbage 5 jours après le semis; TSI : témoin sans intervention.

³ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%.

⁴ SE : erreur-type. ⁵ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01.

⁶ Analyse réalisée sur des données transformées $\sqrt{(x+0,5)}$.

Tableau P-1.4.3. Temps requis pour désherber manuellement le rang dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.

AN	TRAITEMENTS ¹	Temps du désherbage manuel du rang ²													
		T1		T2		T3		T4		T5		TOTAL			
		LSD ³	±SE ⁴		±SE	LSD	±SE		±SE		±SE		±SE		
Heures/ha/personne															
2019 ⁵	COMPOST	78,7	b	37,1	64,0	33,3	26,0	b	14,5	65,3	40,0	37,2	16,0	271,2	140,6
	PYRO	117,0	ab	16,5	73,3	27,4	34,8	ab	8,2	63,4	11,1	36,7	4,5	325,2	65,1
	TSI	145,5	a	19,0	79,5	32,0	46,6	a	12,4	75,8	17,1	41,2	6,6	388,7	79,8
	Anova ⁶	*		ns		*		ns		ns		ns		ns	
2021	COMPOST	48,7		1,3	33,2	1,0	26,2	a	0,9	- ⁶	-	-	-	108,1	1,1
	PYRO	43,4		5,6	33,1	2,0	20,5	b	1,1	-	-	-	-	97,1	8,6
	TSI	58,6		5,4	31,8	1,7	20,6	b	0,7	-	-	-	-	111,1	7,1
	Anova	ns			ns		**							ns	

¹ COMPOST : semis dans des bandes de compost stérile; PYRO : pyrodésherbage 5 jours après le semis; TSI : témoin sans intervention.

² Bande de 10 cm sur la butte. 2019 : T1=26 juin, T2=3 juillet, T3=15 juillet, T4= 24 juillet, T5=2 août. 2021 : T1=16 juin, T2=28 juin, T3=7 juillet.

³ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%.

⁴ SE : erreur-type. ⁵ T1 : Analyse réalisée sur des données transformées $\text{Log}(x+1)$.

⁶ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01. ⁷ - : Aucun désherbage manuel.

Rendement. En 2019, la densité et le poids des carottes commercialisables ou non ont été significativement plus faibles dans le compost à cause d'une faible germination de celles-ci (tableau P-1.4.4 et P-1.4.5). Différents essais ont été réalisés pour comprendre ce phénomène unique au compost. En fait, le compost retient moins bien l'eau et une irrigation soutenue est nécessaire jusqu'à la germination des carottes. En 2021, toutes les carottes ont été irriguées et la germination de celles-ci dans le compost a été similaire aux autres traitements. Aucune différence significative n'a été observée au niveau de la densité et du rendement des carottes et la qualité des carottes était la même. La proportion des carottes fourchues était plus importante en 2021 qu'en 2019.

Tableau P-1.4.4. Densité des carottes dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.

AN	TRAITEMENTS ¹	DENSITÉ						PROPORTION DÉCLASSÉE											
		COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL		PETITES		CROCHES		FENDUES		FOURCHUES		INSECTES MALADIE		DÉCOLORÉES POILUES	
		LSD ²	±SE ³	LSD	±SE	LSD	±SE	LSD	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE		
Carottes/m linéaire						% du nombre total de carottes													
2019	COMPOST	2,5 b	0,9	1,2 c	0,6	3,7 b	1,5	7,2 b	5,0	1,5	1,0	5,4	2,9	6,1	2,1	0	0	1,5	1,0
	PYRO	22,1 a	1,8	12,3 a	1,6	34,4 a	3,1	27,1 a	2,3	3,4	1,3	1,1	0,3	4,0	0,6	0,2	0,2	0	0
	TSI	20,3 a	5,1	6,9 b	1,1	27,2 a	6,3	14,7 a	2,1	3,1	1,6	3,2	0,6	5,3	2,2	0	0	0	0
	Anova ⁴	**		**		**		*		ns		ns		ns		ns		ns	
2021	COMPOST	12,6	1,0	10,3	1,4	22,9	1,1	20,2	4,3	0	0	0,3	0,3	23,2	5,6	0,5	0,5	0,6	0,3
	PYRO	12,2	0,7	9,1	1,9	21,3	1,7	14,9	1,9	0	0	1,5	0,5	24,8	5,2	0	0	0,3	0,3
	TSI	16,0	2,1	10,3	2,9	26,3	3,7	19,9	2,9	0	0	0,4	0,4	17,6	5,2	0	0	0	0
	Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	

¹ COMPOST : semis dans des bandes de compost stérile; PYRO : pyrodés herbage 5 jours après le semis; TSI : témoin sans intervention.
² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%.
³ SE : erreur-type. ⁴ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01.

Tableau P-1.4.5. Rendement des carottes dans l'expérience P-1.4 en 2019-21.

AN	TRAITEMENTS	POIDS						PROPORTION DÉCLASSÉE											
		COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL		PETITES		CROCHES		FENDUES		FOURCHUES		INSECTES MALADIE		DÉCOLORÉES POILUES	
		LSD ²	±SE ³	LSD	±SE	LSD	±SE	LSD	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE		
t/ha						% du poids total des carottes													
2019	COMPOST	8,8 b	3,2	3,7 c	2,1	12,5 c	5,3	3,5 b	3,1	1,4	0,9	6,8	3,9	6,6	3,0	0	0	1,5	0,9
	PYRO	62,2 a	4,3	21,7 a	2,5	83,9 a	4,2	13,7 a	2,2	4,9	1,6	2,0	0,7	5,3	0,9	0,1	0,1	0	0
	TSI	51,9 a	8,0	12,8 b	0,5	64,8 b	8,1	6,3 b	1,1	3,5	1,8	4,5	0,6	6,6	2,3	0	0	0	0
	Anova	***		***		***		*		ns		ns		ns		ns		ns	
2021	COMPOST	52,1	4,7	26,6	4,6	78,7	2,6	6,2	1,8	0	0	0,2	0,2	26,9	6,1	0,3	0,3	0,2	0,2
	PYRO	46,4	3,4	22,5	4,6	68,8	3,3	4,2	0,6	0	0	1,9	0,8	25,8	6,1	0	0	0,3	0,3
	TSI	56,3	4,7	20,0	3,3	76,4	1,8	6,4	1,6	0	0	0,4	0,4	19,6	4,0	0	0	0	0
	Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	

¹ COMPOST : semis dans des bandes de compost stérile; PYRO : pyrodés herbage 5 jours après le semis; TSI : témoin sans intervention.
² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%.
³ SE : erreur-type. ⁴ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; *** : significatif à 0,001.

En résumé, le semis de carottes dans du compost stérile a demandé moins de désherbage manuel lorsqu'il n'avait pas été contaminé par le sol apporté par de grands vents. Toutefois, l'irrigation du compost est nécessaire pour la germination de la carotte. Le compost pourrait également contribuer à la fertilisation des carottes. Il n'existe pas d'équipement mécanisé qui peut distribuer à grande échelle le compost sur une bande de 10 cm comme il a été fait dans cette expérience. Pour le moment, la technique pourrait fonctionner à petite échelle avec un placement manuel du compost en bande et réduire le temps de désherbage manuel.

P-2.1 IMPACT DU TYPE D'OUTILS DE SARCLAGE ET DE LA DISTANCE DU RANG À LAQUELLE IL EST PASSÉ

Mauvaises herbes. Le site de cette expérience était majoritairement infesté par des mauvaises herbes dicotylédones dont 59,5 et 80,9 % de celles-ci étaient du pourpier potager respectivement en 2019 et 2021 (tableau P-2.1.1). En 2019, les monocotylédones représentaient 29,7 % des mauvaises herbes avec surtout la présence de digitaires (23,4 %) alors qu'il y en avait très peu en 2021 (4,7 %).

Tableau P-2.1.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-2.1 en 2019-21.

Mauvaises herbes	Nom latin	2019	2021
		%	
DICOTYLÉDONES ANNUELLES		70,3	94,9
Amarante à racine rouge	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	2,7	0,4
Chénopode blanc	<i>Chenopodium album</i> L.	8,1	10,2
Chénopode glauque	<i>Oxybasis glauca</i> (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch (syn. <i>Chenopodium glaucum</i>)		2,6
Pourpier potager	<i>Portulaca oleracea</i> L.	59,5	80,9
Tabouret des champs	<i>Thaspi arvense</i> L.		0,4
Autres			0,4
MONOCOTYLÉDONES ANNUELLES		29,7	4,7
Digitaires sanguine et astringente	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. et <i>Digitaria ischaemum</i> (Schreb.) Muhl.	23,4	4,3
Échinochloa pied-de-coq	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	1,8	
Autres		4,5	0,4
VIVACES			0,4
Trèfle	<i>Trifolium</i>		0,4

En 2019, au dénombrement des mauvaises herbes après le 1^{er} passage des outils, aucune différence significative n'a été décelée entre les traitements (tableau P-2.1.2). Au 2^e passage, il n'y a pas eu de différence significative entre les outils de sarclage. La zone sarclée avait très peu de mauvaises herbes. Lorsque les outils s'approchaient à 2,5 cm du rang, la densité des mauvaises herbes était significativement plus faible qu'à une distance de 5 cm faisant en sorte qu'au final, le total pondéré incluant la zone sarclée et non sarclée avait 57 % moins de mauvaises herbes. En 2021, au 1^{er} passage, le DUO-parallélogramme avec des doubles disques a moins bien performé que les autres outils et a laissé plus de mauvaises herbes dans la zone sarclée. Cependant, cette différence n'a pas eu d'impact sur le dénombrement global des mauvaises herbes dans la bande totale de 20 cm incluant la partie sarclée et non sarclée. Le nombre de dicotylédones et le total des mauvaises herbes contenus dans le total pondéré des 2 zones étaient 39 % plus faibles lorsque l'outil sarclait à 2,5 cm du rang comparé à 7,5 cm. Au 2^e passage, aucune différence significative n'a été observée entre les outils ou les distances du rang auxquelles ces derniers étaient passés. Toutefois, le total des deux zones pondérées avait tendance à avoir 42 et 55 % moins de mauvaises herbes avec des outils distants de 2,5 cm du rang qu'avec des distances de 5 et 7,5 cm du rang.

Tableau P-2.1.2. Densité des mauvaises herbes juste après le désherbage mécanique dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.

AN	DATE (stade carotte)	PARCELLES PRINCIPALES : OUTILS ¹	SOUS- PARCELLES : DISTANCES DU RANG	DICOTYLÉDONES						MONOCOTYLÉDONES						TOTAL						
				ZONE			TOTAL PONDÉRÉ ²			ZONE			TOTAL PONDÉRÉ			ZONE			TOTAL PONDÉRÉ			
				NON SARCLÉE	SARCLÉE		LSD		±SE	NON SARCLÉE	SARCLÉE		LSD		±SE	NON SARCLÉE	SARCLÉE		LSD		±SE	
				±SE ³	LSD ⁴		±SE	LSD		±SE	LSD		±SE	LSD		±SE	LSD		±SE			
Plantules/m ²																						
2019	5 JUILLET (1 feuille)	DD	125,0	22,0	21,7	10,1	55,0	9,8	40,0	16,9	33,3	20,6	40,0	17,7	165,0	27,7	55,0	23,4	95,0	22,3		
		DL	155,0	34,2	30,0	12,8	77,5	19,1	35,0	20,6	23,3	15,5	30,0	12,0	190,0	47,1	53,3	23,1	107,5	28,3		
		Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
		2,5	160,0	21,4	26,7	10,1	60,0	8,5	20,0	13,1	36,7	21,9	32,5	18,1	180,0	25,1	63,3	20,1	92,5	19,3		
		5	120,0	33,8	25,0	13,0	72,5	20,3	55,0	21,3	20,0	13,1	37,5	11,6	175,0	49,0	45,0	25,6	110,0	30,2		
		Anova ⁵	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
	10 JUILLET (2 feuilles)	DD	35,0	17,6	10,0	6,6	20,0	11,3	25,0	13,0	0	0	10,0	5,4	60,0	26,2	10,0	6,6	30,0	16,0		
		DL	35,0	15,9	0,0	0,0	15,0	7,3	10,0	10,0	0	0	2,5	2,5	45,0	15,9	0,0	0,0	17,5	7,0		
		RS	60,0	25,1	13,3	6,7	27,5	12,5	0,0	0,0	0	0	0	0	60,0	25,1	13,3	6,7	27,5	12,5		
		Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
		2,5	40,0	15,6	2,2	b	2,2	11,7	5,2	13,3	9,0	0	0	3,3	2,3	53,3	15,0	2,2	b	2,2	15,0	5,0
		5	46,7	16,9	13,3	a	5,7	30,0	10,3	10,0	7,2	0	0	5,0	3,6	56,7	21,2	13,3	a	5,7	35,0	12,6
Anova	ns		*		ns		ns		ns		ns		ns		*		ns					
2021	28 JUIN ⁶ (1 feuille)	DD	71,1	19,2	38,9	13,2	46,7	7,1	3,3	3,3	12,2	10,0	8,3	6,7	74,4	19,0	51,1	a	16,2	55,0	8,9	
		DL	115,6	19,4	13,3	9,0	68,3	13,1	2,2	2,2	0	0	1,7	1,7	117,8	20,0	13,3	b	9,0	70,0	13,8	
		RS	183,3	64,0	6,7	6,7	81,7	21,1	14,4	8,0	0	0	6,7	3,8	197,8	62,5	6,7	b	6,7	88,3	21,0	
		CR	101,1	32,6	18,9	9,6	61,7	15,5	0	0	0	0	0,0	0,0	101,1	32,6	18,9	b	9,6	61,7	15,5	
		Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		*		ns			
		2,5	140,0	51,4	18,3	7,6	48,8	b	14,9	5,0	5,0	1,7	1,7	2,5	1,7	145,0	51,2	20,0		7,5	51,3	b
	5	115,0	25,5	15,0	6,2	65,0	ab	12,9	5,0	3,4	7,5	7,5	6,3	5,1	120,0	24,5	22,5		10,9	71,3	ab	12,8
	7,5	98,3	15,3	25,0	12,0	80,0	a	10,5	5,0	3,6	0	0	3,8	2,7	103,3	17,0	25,0		12,0	83,8	a	11,7
	Anova	ns		ns		*		ns		ns		ns		ns		ns		*				
	7 JUILLET (3 feuilles)	DD	28,9	14,0	20,0	8,0	26,7	9,3	3,3	3,3	0	0	1,7	1,7	32,2	14,6	20,0	8,0	28,3	9,7		
		DL	38,9	13,1	0,0	0,0	21,7	7,6	0	0	0	0	0	0	38,9	13,1	0,0	0,0	21,7	7,6		
		RS	80,0	31,5	10,0	7,2	40,0	14,4	0	0	0	0	0	0	80,0	31,5	10,0	7,2	40,0	14,4		
CR		44,4	14,1	12,2	7,2	25,0	6,6	0	0	0	0	0	0	44,4	14,1	12,2	7,2	25,0	6,6			
Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns				
2,5		50,0	20,5	6,7	3,9	17,5	5,4	0	0	0	0	0	0	50,0	20,5	6,7	3,9	17,5	5,4			
5	47,5	19,7	10,0	4,5	28,8	10,6	2,5	2,5	0	0	1,3	1,3	50,0	19,8	10,0	4,5	30,0	10,8				
7,5	46,7	11,0	15,0	8,1	38,8	8,3	0	0	0	0	0	0	46,7	11,0	15,0	8,1	38,8	8,3				
Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns					

¹ DD : DUO-parallélogramme avec 2 séries de disques ouvreurs; DL : DUO-parallélogramme avec 1 paire de disques ouvreurs et 1ames Lelièvre; RS : roues sarclieuses; CR : cages roulantes.

² TOTAL PONDÉRÉ : 2,5 = 25 % NON SARCLÉE + 75 % SARCLÉE; 5 = 50 % NON SARCLÉE + 50 % SARCLÉE; 7,5 = 75 % NON SARCLÉE + 25 % SARCLÉE. ³ SE : erreur-type.

⁴ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%. ⁵ ns : non significatif; * : significatif à 0,05. ⁶ Analyse réalisée sur des données transformées $\sqrt{(x+0,5)}$.

Rendement. En 2019, le nombre de carottes était similaire entre les outils ou les distances du rang auxquelles ils étaient passés (tableau P-2.1.3). Le rendement commercialisable a toutefois été significativement plus élevé avec les roues sarclieuses comparées au DUO avec deux séries de disques (tableau P-2.1.4). Les parcelles de carottes qui devaient être sarclées avec les roues sarclieuses ont été désherbées manuellement au premier passage dû à une trop grande quantité de mauvaises herbes à des stades trop avancés qui occasionnaient du bourrage et empêchait le bon fonctionnement de l'outil. Il est possible que ce désherbage manuel ait eu un impact positif sur le rendement. En 2021, la densité totale des carottes sarclées à 2,5 cm du rang était semblable au témoin désherbé manuellement. Aucune différence de rendement n'a été décelée entre les traitements. La densité et le poids des carottes étaient plus faibles en 2019 qu'en 2021. Il y avait également plus de petites carottes en 2019 indiquant possiblement un manque de maturité à la récolte. Pour les autres catégories de carottes déclassées, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements démontrant que le sarclage aussi près que 2,5 cm des carottes n'a pas d'impact sur la qualité de celles-ci.

Tableau P-2.1.3. Densité des carottes dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.

AN	PARCELLES PRINCIPALES : OUTILS ¹	SOUS-PARCELLES : DISTANCES DU RANG	DENSITÉ					PROPORTION DÉCLASSÉE														
			COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL	PETITES	CROCHES	FENDUES	FOURCHUES	INSECTES MALADIE	DÉCOLORÉES POILUES									
			±SE ²		±SE		LSD ³ ±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE									
2019	DD		17,5	1,4	23,6	2,1	41,1	2,1	45,0	4,0	5,1	1,0	1,3	0,5	5,2	1,3	0	0	0,1	0,1		
	DL		19,2	1,2	21,5	2,2	40,7	2,0	41,0	3,9	4,9	0,8	0,7	0,3	3,6	0,8	1,3	0,8	0	0		
	RS		20,0	1,1	20,9	1,7	40,9	1,5	40,6	3,3	4,7	0,8	1,5	0,6	3,1	0,5	0,1	0,1	0,3	0,2		
	Anova ⁴		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
		2,5		19,1	2,0	21,6	2,8	40,7	2,8	39,8	4,9	5,3	1,3	2,2	0,8	4,2	1,2	0,7	0,7	0,3	0,2	
		5		19,3	1,2	23,0	2,0	42,2	1,8	42,9	3,3	5,1	0,6	0,6	0,2	4,4	1,0	0,6	0,6	0,3	0,2	
		7,5		17,3	1,1	26,4	1,1	43,6	1,2	54,2	2,2	2,4	0,7	0,8	0,5	2,2	0,9	0,7	0,5	0	0	
		TM		19,6	1,0	18,5	2,1	38,2	1,8	36,3	3,8	5,7	1,0	1,2	0,3	4,2	1,0	0	0	0	0	
	Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
2021	DD		18,1	1,1	5,6	0,8	23,7	1,5	12,8	2,0	0	0	2,0	0,8	7,3	1,1	0,6	0,4	0,2	0,2		
	DL		17,4	0,6	6,5	0,9	23,8	1,0	17,1	3,0	0	0	1,4	0,5	6,3	0,7	0,7	0,4	0,7	0,4		
	RS		19,1	0,7	5,3	0,5	24,3	1,1	13,4	1,7	0	0	2,0	0,6	4,9	1,0	0,4	0,2	0,4	0,2		
	CR		17,7	1,0	7,4	0,7	25,1	1,4	16,6	1,9	0,1	0,1	1,3	0,4	10,5	1,8	0,6	0,4	0,1	0,1		
	Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns			
		2,5		18,3	0,9	6,2	0,6	24,5	ab	1,2	15,8	1,8	0,1	0,1	1,6	0,7	6,6	1,1	0,5	0,2	0,5	0,4
		5		17,6	0,9	5,9	0,8	23,5	b	1,2	15,0	2,7	0	0	1,5	0,5	7,3	1,4	0,1	0,1	0,4	0,2
		7,5		16,6	0,8	5,4	0,9	22,0	b	1,3	12,5	2,2	0	0	1,3	0,4	8,7	1,6	1,0	0,5	0	0
	TM		19,8	0,7	7,2	0,6	27,0	a	1,0	16,7	2,0	0	0	2,2	0,7	6,5	1,2	0,7	0,5	0,5	0,3	
	Anova		ns		ns		*		ns		ns		ns		ns		ns		ns			

¹ DD : DUO-parallélogramme avec 2 séries de disques ouvreurs; DL : DUO-parallélogramme avec 1 paire de disques ouvreurs et de lames Lelièvre; RS : roues sardeuses; CR : cages roulantes.

² SE : erreur-type. ³ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%. ⁴ ns : non significatif; * : significatif à 0,05.

Tableau P-2.1.4. Rendement des carottes dans l'expérience P-2.1 en 2019-21.

AN	PARCELLES PRINCIPALES : OUTILS ¹	SOUS-PARCELLES : DISTANCES DU RANG	POIDS					PROPORTION DÉCLASSÉE													
			COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL	PETITES	CROCHES	FENDUES	FOURCHUES	INSECTES MALADIE	DÉCOLORÉES POILUES								
			LSD ² ±SE ³		±SE		±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE							
2019	DD		43,1	b	3,9	27,0	1,9	70,1	3,1	26,2	3,7	5,5	1,4	2,2	0,8	5,6	1,4	0	0	0,1	0,1
	DL		48,9	ab	3,8	25,0	2,0	73,9	2,6	23,8	3,3	5,1	0,8	0,8	0,4	3,7	0,9	1,3	0,8	0	0
	RS		51,8	a	3,3	25,0	1,5	76,8	2,3	22,1	2,7	5,1	1,0	1,9	0,7	3,6	0,8	0,1	0,1	0,4	0,2
	Anova ⁴		*		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns
		2,5		48,6	5,9	26,8	2,3	75,4	4,4	23,2	4,3	5,7	1,6	3,0	1,2	4,6	1,5	0,8	0,8	0,3	0,2
		5		48,3	3,4	26,6	1,8	74,9	2,1	23,5	3,0	5,5	0,9	0,8	0,3	5,6	1,2	0,6	0,6	0,3	0,2
		7,5		41,2	2,2	27,3	1,8	68,5	1,3	33,0	2,6	2,9	0,8	1,4	0,9	2,0	1,0	0,6	0,4	0	0
		TM		51,5	3,6	22,6	1,9	74,1	3,0	19,8	3,2	5,9	1,1	1,4	0,4	4,0	0,8	0	0	0	0
	Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		
2021	DD		69,6	3,2	12,2	1,3	81,7	2,9	4,4	1,0	0	0	1,8	0,7	8,0	1,1	0,7	0,6	0,2	0,2	
	DL		67,0	3,5	13,5	1,1	80,5	3,4	7,0	1,5	0	0	1,9	0,7	7,0	0,8	0,8	0,4	0,4	0,2	
	RS		72,7	2,3	10,7	1,3	83,4	2,7	4,7	0,7	0	0	1,8	0,6	5,5	1,2	0,3	0,2	0,2	0,1	
	CR		60,0	2,0	15,5	1,9	75,6	2,6	6,6	1,0	0,1	0,1	1,6	0,6	11,2	2,0	0,5	0,4	0,1	0,1	
	Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		
		2,5		67,7	2,7	13,1	1,3	80,7	3,0	6,0	0,9	0,1	0,1	2,0	0,8	7,4	1,1	0,3	0,2	0,3	0,2
		5		67,3	3,2	13,4	1,6	80,7	3,0	5,7	1,2	0	0	1,4	0,4	9,3	1,4	0,1	0,1	0,2	0,1
		7,5		66,7	3,5	12,3	2,0	79,1	3,1	4,3	1,2	0	0	1,6	0,5	8,6	1,8	1,3	0,7	0	0
	TM		67,5	2,8	13,0	1,0	80,5	2,9	6,7	0,9	0	0	2,2	0,7	6,5	1,3	0,6	0,4	0,4	0,2	
	Anova		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		

¹ DD : DUO-parallélogramme avec 2 séries de disques ouvreurs; DL : DUO-parallélogramme avec 1 paire de disques ouvreurs et lames Lelièvre; RS : roues sardeuses; CR : cages roulantes.

² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%. ³ SE : erreur-type. ⁴ ns : non significatif; * : significatif à 0,05.

P-2.2 EFFET DU RENCHAUFFAGE SUR LES MAUVAISES HERBES ET LA QUALITÉ ET LE RENDEMENT DES CAROTTES

Mauvaises herbes. Les dicotylédones annuelles représentaient 94 % des mauvaises herbes du site expérimental avec principalement du chénopode blanc. Très peu de monocotylédones annuelles et de vivaces occupaient les lieux.

Tableau P-2.2.1. Composition de la flore des sites expérimentaux de l'expérience P-2.2 avant le renchauffage en 2020-21.

Mauvaises herbes	Nom latin	2020	2021
		%	
DICOTYLÉDONES ANNUELLES		94,5	93,5
Amarante à racine rouge	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0,7	3,5
Capselle Bourse-à-Pasteur	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	1,4	2,4
Chénopode blanc	<i>Chenopodium album</i> L.	70,0	61,1
Chénopode glauque	<i>Oxybasis glauca</i> (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch (syn. <i>Chenopodium glaucum</i>)		1,5
Galinsoga cilié	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav. (syn. <i>Galinsoga ciliata</i>)	0,7	
Potentille de Norvège	<i>Potentilla norvegica</i> L.	1,4	0,6
Pourpier potager	<i>Portulaca oleracea</i> L.	3,0	16,2
Persicaire pâle	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre		0,6
Rorippe d'Islande	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser (syn. <i>Rorippa islandica</i>)	1,1	0,3
Morelle noire de l'Est	<i>Solanum ptychanthum</i> Dunal	0,2	
Morelle poilue	<i>Solanum physalifolium</i> Rusby (syn. <i>Solanum sarrachoides</i>)	4,8	2,9
Moutarde des champs	<i>Sinapis arvensis</i> L. (syn. <i>Brassica arvensis</i>)		1,8
Tabouret des champs	<i>Thaspi arvense</i> L.	9,8	
Autres		1,4	2,7
MONOCOTYLÉDONES ANNUELLES		1,4	3,8
Digitaires sanguine	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	0,7	
Panic capillaire	<i>Panicum capillare</i> L.	0,7	0,3
Sétaire géante	<i>Setaria faberi</i> R.A.W. Herrm.		2,1
Sétaire verte	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.		0,9
Autres			0,6
VIVACES		4,1	2,7
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	2,1	1,2
Plantain majeur	<i>Plantago major</i> L.		0,6
Lychnide blanche	<i>Silene latifolia</i> Poiret (syn. <i>Lychnis alba</i>)		0,3
Trèfle	<i>Trifolium</i>	2,1	
Vesce jargeau	<i>Vicia cracca</i> L.		0,6

Au moment des traitements en 2020, la carotte avait en moyenne 8 feuilles et un diamètre de 9,7 cm le 29 juillet, 9 feuilles et 15,3 cm le 7 août, 9 feuilles et 19,2 cm le 13 août et plus de 10 feuilles et 23,7 cm le 20 août. En 2021, la carotte avait 8 feuilles et un diamètre de 16,6 cm le 26 juillet et plus de 10 feuilles et 28,8 cm le 17 août. Les doigts de binage projetaient plus de sols sur le rang que le DUO-parallélogramme (tableau P-2.2.2.). Ce dernier apportait le moins de sol sur le rang, entre 1,6 et 2 cm, comparé aux autres

traitements. Les disques de 25 cm réglés pour apporter 5 cm de terre sur le rang étaient les outils qui renchaussaient le plus les carottes. Comme les buttes n'étaient pas parfaitement de niveau, l'apport de sol moyen par le renchaussage n'atteignait pas le 5 cm souhaité. En 2020, la répression des dicotylédones avait tendance à être plus élevée avec les doigts qu'avec le DUO. Cette tendance n'a pas été observée à la deuxième année de l'essai. En 2021, au premier passage des outils, il n'y avait pas de différence significative de répression entre les traitements bien que le renchaussage avec les disques réglés à 5 cm d'apport de sol avait tendance à réprimer une plus grande proportion de mauvaises herbes. Au deuxième passage, la répression des dicotylédones était également plus importante avec les disques ajustés à 5 cm.

Tableau P-2.2.2. Répression des mauvaises herbes par le renchaussage des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.

AN	DATE	TRAITEMENTS ¹	SOL PROJETÉ SUR LE RANG		MAUVAISES HERBES									
			LSD ³	±SE ⁴	DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		ANNUELLES		VIVACES ²		TOTAL	
					LSD	±SE	±SE	LSD	±SE	±SE	LSD	±SE		
			cm		% de répression									
2020	29 JUILLET	DOIGTS	2,60 a	0,25	77,4	6,2	- ⁵	-	77,4	6,2	100	- ⁶	78,1	6,6
		DUO/15	1,63 b	0,11	46,3	13,3	-	-	46,3	13,3	100	-	48,8	13,2
		Anova ⁷	*		ns				ns				ns	
	7 AOÛT	D25/2,5	2,47 b	0,06	64,7	15,2	100	-	65,5	14,7	0	-	63,0	12,9
		D25/5	4,48 a	0,34	58,0	7,8	-	-	58,0	7,8	100	0	62,4	7,7
		Anova	**		ns				ns				ns	
13 AOÛT	DOIGTS	2,33	0,09	66,3	13,4	-	-	66,3	13,4	-	-	66,3	13,4	
20 AOÛT	D25/2,5	2,48	0,13	21,1	9,0	-	-	21,1	9,0	0	-	21,1	9,0	
2021	26 JUILLET	D25/2,5	2,53	0,29	52,8	12,8	0	0	50,4	12,8	0	-	49,6	13,0
		D25/5	4,45	1,45	70,5	7,3	0	-	69,2	8,2	-	-	69,2	8,2
		DOIGTS	2,63	0,09	65,0	20,6	-	-	65,0	20,6	-	-	65,0	20,6
		DUO/15	2,04	0,14	68,9	10,5	100	0	70,4	10,0	50	50	64,8	3,5
		Anova	ns		ns		ns		ns				ns	
	17 AOÛT	D25/2,5	2,17	0,44	22,9 ab	12,2	-	-	22,9 ab	12,2	50	-	25,0 ab	12,2
D25/5		3,76	0,91	44,4 a	11,1	-	-	44,4 a	11,1	-	-	44,4 a	11,1	
DOIGTS		2,03	0,12	0 b	0	-	-	0 b	0	-	-	0 b	0,0	
	Anova	ns		*				*				*		

¹ D25/2,5 : disques 25 cm/2,5 cm de sol; D25/5 : disques 25 cm/5 cm de sol; DUO/15 : DUO-parallélogramme/disques 15 cm pour renchausser.

² Dicotylédones. ³ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %. ⁴ SE : erreur-type.

⁵ - : absence de mauvaises herbes. ⁶ . : une seule donnée, ne permettant pas de calculer l'erreur-type. ⁷ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01.

En 2020, la densité des dicotylédones était significativement plus faible lorsque le renchaussage avait été réalisé deux fois avec les doigts de binage comparé aux autres traitements, mais à l'exception du témoin manuel (tableau P-2.2.3). La biomasse suivait la même tendance. En 2021, le nombre de dicotylédones avait également tendance à être plus faible avec un renchaussage aux doigts de binage alors que la biomasse était la plus élevée indiquant que le peu de mauvaises herbes qui ont survécu au renchaussage sont devenues grosses. Le renchaussage réalisé deux fois avec les disques de 25 cm ajusté à 5 cm d'apport de sol a eu la plus faible biomasse de mauvaises herbes.

Tableau P-2.2.3. Densité et biomasse des mauvaises herbes dans les carottes dans l'expérience P-2.2 au début septembre 2020-21.

AN	TRAITEMENTS ¹	MAUVAISES HERBES															
		DENSITÉ								BIOMASSE							
		DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		VIVACES ²		TOTAL		DICOTYLÉDONES		MONOCOTYLÉDONES		VIVACES		TOTAL	
		LSD	±SE ³	±SE	±SE	±SE	±SE	LSD ⁴	±SE	LSD	±SE	±SE	±SE	±SE	LSD	±SE	
plantules/m ²								g/m ²									
2020	D25/2,5	9,2 a	2,8	0,4	0,4	0,4	0,4	10,0 a	3,1	45,02	22,73	0,05	0,05	0,25	0,25	45,32	22,67
	D25/5	9,2 a	1,4	0	0	0,4	0,4	9,6 ab	1,7	9,62	6,07	0	0	0,001	0,001	9,62	6,07
	DOIGTS	5,0 b	2,6	0	0	0,0	0,0	5,0 bc	2,6	0,27	0,13	0	0	0	0	0,27	0,13
	DUO/15	8,8 ab	1,0	0	0	0,8	0,8	9,6 ab	1,3	10,16	4,50	0	0	0,005	0,005	10,17	4,50
	TE	10,0 a	2,0	0	0	0,8	0,8	10,8 a	2,6	78,10	59,95	0	0	1,05	1,05	79,15	60,99
	TM	0,8 c	0,5	0	0	0,0	0,0	0,8 c	0,5	0,003	0,002	0	0	0	0	0,003	0,002
	Anova ⁵	**		ns		ns		**		ns		ns		ns		ns	
2021	D25/2,5	10,0	3,5	0	0	0	0	10,0	3,5	95,93 ab	21,23	0	0	0	0	95,93 ab	21,23
	D25/5	12,5	7,1	0	0	0,4	0,4	12,9	7,0	21,68 b	17,63	0	0	0	0	21,68 b	17,63
	DOIGTS	3,3	0,0	0	0	0	0	3,3	0	181,27 a	106,22	0	0	0	0	181,27 a	106,22
	DUO/15	6,7	1,7	1,1	0,6	0	0	7,8	2,2	70,5 b	41,04	0,55	0,49	0	0	71,05 b	40,77
	TE	7,5	4,2	0	0	0	0	7,5	4,2	70,11 b	2,38	0	0	0	0	70,11 b	2,38
	TM	3,8	1,3	0,4	0,4	0,4	0,4	4,6	1,1	0,15 b	0,12	0	0	0,01	0,01	0,16 b	0,12
	Anova	ns		ns		ns		ns		*		ns		ns		*	

¹ D25/2,5 : disques 25 cm/2,5 cm de sol; D25/5 : disques 25 cm/5 cm de sol; DUO/15 : DUO-parallélogramme/disques 15 cm; TE : témoin sans renchaussage enherbé; TM : témoin sans renchaussage dés herbé manuellement.
² Dicotylédones. ³ SE : erreur-type. ⁴ Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %.
⁵ ns : non significatif; * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01.

Rendement. La densité, le rendement et le déclassement des carottes n'ont pas été significativement différents entre les traitements de renchaussage durant les deux années d'expérimentation (tableaux P-2.2.4 et P-2.2.5). Les témoins sans renchaussage ont eu plus de carottes avec une coloration verte au collet sans toutefois être déclassées puisqu'elle occupait moins de 2,5 cm de la couronne (tableau P-2.2.6). En 2021, le renchaussage avec les disques réglés à 5 cm d'apport de sol a été le traitement qui a eu le moins de carottes avec un collet vert.

Tableau P-2.2.4. Densité des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.

AN	TRAITEMENTS ¹	DENSITÉ						PROPORTION DÉCLASSÉE													
		COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL		PETITES		CROCHES		FENDUES		FOURCHUES		BRÛLURES		INSECTES MALADIE		DÉCOLORÉES POILUES	
		±SE ²		±SE		±SE		±SE		±SE		±SE		±SE		±SE		±SE		±SE	
		Carottes/m linéaire						% du nombre total de carottes													
2020	D25/2,5	24,9	1,2	15,2	2,3	39,4	1,8	30,7	3,3	2,3	1,2	1,6	0,6	2,9	1,2	0	0	0	0	0	0
	D25/5	22,4	0,7	12,5	1,4	34,4	1,9	23,7	0,4	6,6	1,5	3,0	0,3	2,2	0,8	0	0	0	0	0	0
	DOIGTS	26,2	0,9	15,9	0,9	41,4	0,9	29,4	1,8	5,7	1,6	0,9	0,3	1,8	0,3	0	0	0	0	0	0
	DUO/15	26,9	1,7	12,1	1,7	37,8	2,6	23,3	2,7	4,0	0,6	1,9	0,5	1,5	0,5	0	0	0,2	0,2	0	0
	TE	25,6	1,9	12,8	1,4	36,4	2,5	25,0	1,9	4,7	0,4	1,3	0,6	2,0	0,6	0,1	0,1	0,2	0,2	0	0
	TM	25,9	0,5	12,8	1,9	36,6	2,1	23,8	4,0	3,5	0,4	3,0	1,1	1,5	0,5	0,7	0,5	0	0	0	0
	Anova ³	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
2021	D25/2,5	18,1	0,9	5,0	0,8	21,2	0,9	12,6	0,6	0,0	0,0	2,9	1,0	4,7	2,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7
	D25/5	19,6	2,0	7,7	2,5	26,8	2,2	19,9	5,4	0,0	0,0	1,8	1,0	3,5	1,8	0	0	2,1	1,8	0,38	0,38
	DOIGTS	20,6	1,3	6,5	1,7	22,9	1,6	15,0	5,2	0,0	0,0	2,2	1,1	4,8	1,3	0,3	0,3	0,8	0,5	0,2	0,2
	DUO/15	18,1	0,6	7,3	2,8	21,8	2,6	16,3	9,1	0,8	0,5	4,4	1,3	3,5	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,5
	TE	17,3	1,1	7,6	1,1	19,3	1,5	24,1	4,6	0,0	0,0	1,8	1,3	3,6	0,9	0	0	1,0	0,5	0	0
	TM	19,9	2,2	5,1	0,5	20,0	1,7	12,4	1,9	0,0	0,0	3,0	0,2	4,1	1,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
	Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	

¹ D25/2,5 : disques 25 cm/2,5 cm de sol; D25/5 : disques 25 cm/5 cm de sol; DUO/15 : DUO-parallélogramme/disques 15 cm; TE : témoin sans renchaussage enherbé; TM : témoin sans renchaussage dés herbé manuellement.
² SE : erreur-type. ³ ns : non significatif.

Tableau P-2.2.5. Rendement des carottes dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.

AN	TRAITEMENTS	POIDS						PROPORTION DÉCLASSÉE													
		COMMERCIALISABLES		NON COMMERCIALISABLES		TOTAL		PETITES	CROCHES	FENDUES	FOURCHUES	BRÛLURES	INSECTES MALADIE	DÉCOLORÉES POILUES							
		±SE		±SE		±SE		±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE	±SE						
		t/ha						% du poids total des carottes													
2020	D25/2,5	68,7	2,9	16,3	1,8	82,3	2,7	12,6	1,4	2,5	1,2	1,5	0,6	2,7	1,2	0	0	0	0	0	0
	D25/5	62,8	2,2	18,9	2,6	79,7	2,9	9,7	0,9	7,8	1,9	3,5	0,2	2,0	0,5	0	0	0	0	0	0
	DOIGTS	66,4	1,8	18,4	0,6	82,2	1,0	12,6	1,2	6,2	1,2	1,1	0,4	1,8	0,2	0	0	0	0	0	0
	DUO/15	74,4	3,8	15,4	1,7	85,1	3,6	8,9	1,1	4,6	1,3	2,2	0,5	1,2	0,4	0	0	0,3	0,3	0	0
	TE	69,9	2,0	17,8	4,0	80,2	4,8	9,7	0,5	5,0	0,7	1,8	1,0	2,5	1,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0	0
	TM	72,9	5,0	17,6	1,6	83,2	3,7	9,6	3,1	3,6	0,6	3,6	1,4	1,7	0,8	1,3	1	0	0	0	0
	Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
2021	D25/2,5	59,7	2,8	9,7	2,1	62,3	5,4	5,3	1,3	0,0	0,0	3,0	1,2	3,9	2,7	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
	D25/5	60,1	7,6	11,2	3,9	68,8	4,5	9,2	3,3	0,0	0,0	1,9	1,2	3,4	2,3	0	0	2,0	1,8	0,2	0,2
	DOIGTS	65,2	5,4	11,1	1,2	63,0	3,8	6,3	3,1	0,0	0,0	1,9	1,3	5,3	1,9	0,48	0,5	0,8	0,5	0,2	0,2
	DUO/15	60,7	3,3	12,4	2,2	59,5	2,3	6,7	4,7	0,5	0,3	4,3	1,3	3,9	0,5	0,86	0,9	0,2	0,2	0,4	0,3
	TE	54,4	6,3	11,0	0,3	46,0	7,2	10,6	2,9	0,0	0,0	2,1	1,6	3,8	1,1	0	0	0,8	0,4	0	0
	TM	67,4	5,9	9,4	1,2	59,2	4,8	4,7	0,8	0,0	0,0	2,8	0,2	4,1	2,2	0,53	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1
	Anova	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	

¹ D25/2,5 : disques 25 cm/2,5 cm de sol; D25/5 : disques 25 cm/5 cm de sol; DUO/15 : DUO-parallélogramme/disques 15 cm; TE : témoin sans renchaussage enherbé; TM : témoin sans renchaussage dés herbé manuellement.
² SE : erreur-type. ³ ns : non significatif.

Tableau P-2.2.6. Densité et poids des carottes ayant une coloration verte au collet dans l'expérience P-2.2 en 2020-21.

AN	TRAITEMENTS ¹	DENSITÉ						POIDS									
		COMMERCIALISABLE		NON COMMERCIALISABLE		TOTAL		COMMERCIALISABLE		NON COMMERCIALISABLE		TOTAL					
		LSD ²	±SE ³		±SE	LSD	±SE	LSD	±SE		±SE	LSD	±SE				
		carottes/m linéaire						t/ha									
2020	D25/2,5	0,69	b	0,52	0	0	0,69	bc	0,52	2,68	b	1,90	0	0	2,68	c	1,90
	D25/5	0,50	b	0	0	0	0,50	c	0	2,00	b	0,13	0	0	2,00	c	0,13
	DOIGTS	0,63	b	0,26	0	0	0,63	bc	0,26	2,60	b	1,02	0	0	2,60	c	1,02
	DUO/15	1,25	b	0,27	0	0	1,25	b	0,27	4,62	ab	1,00	0	0	4,62	bc	1,00
	TE	2,06	a	0,19	0,06	0,06	2,13	a	0,16	7,50	a	1,33	0,19	0,19	7,69	ab	1,19
	TM	2,06	a	0,36	0,25	0,18	2,31	a	0,34	7,31	a	1,73	1,02	0,78	8,33	a	1,66
	Anova ⁴	**			ns		***		*			ns		**			
2021 ⁵	D25/2,5	1,92	bc	0,51	0,08	0,08	2,00	bc	0,58	7,10	ab	1,47	0,49	0,49	7,59	ab	1,8
	D25/5	0,50	c	0,23	0	0	0,50	c	0,23	2,48	b	1,21	0	0	2,48	b	1,2
	DOIGTS	4,19	ab	0,85	0,06	0,06	4,25	ab	0,81	13,27	a	2,23	0,38	0,38	13,65	a	2,0
	DUO/15	3,69	ab	0,83	0,06	0,06	3,75	ab	0,82	13,63	a	3,58	0,56	0,56	14,19	a	3,5
	TE	5,63	a	2,15	0	0	5,63	a	2,15	19,38	a	7,64	0	0	19,38	a	7,6
	TM	5,06	ab	1,43	0,13	0,13	5,19	ab	1,39	17,60	a	4,49	0,37	0,37	17,98	a	4,3
	Anova	*			ns		*		*			ns		*			

¹ D25/2,5 : disques 25 cm/2,5 cm de sol; D25/5 : disques 25 cm/5 cm de sol; DUO/15 : DUO-parallélogramme/disques 15 cm; TE : témoin sans renchaussage enherbé; TM : témoin sans renchaussage dés herbé manuellement.
² Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%.
³ SE : erreur-type. ⁴ ns : non significatif, * : significatif à 0,05; ** : significatif à 0,01; *** : significatif à 0,001.
⁵ Analyse réalisée sur des données transformées $\sqrt{(x+0,5)}$.

INAB – Carotte nantaise pour le marché frais

I-1.1 MOMENT D'APPLICATION DU FUMIER DE POULE GRANULÉ

L'effet de l'année d'essai n'était pas significatif selon les données présentées au tableau I-1.1.2 des moyennes des variables pour les deux années d'essai. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux traitements, et ce, pour toutes les catégories de rendement, dont le rendement commercialisable ainsi que la proportion du nombre de carottes trop petites sur le total récolté. Bien que les différences entre les traitements ne soient pas significatives, le fractionnement de la fertilisation dans la carotte sous forme de fumier de poule granulé avait tendance à produire un rendement de 3,5 t/ha de plus.

Tableau I-1.1.2. Moyenne combinée des deux années d'essai du rendement commercialisable selon le fractionnement de la fertilisation et proportion du nombre de carottes trop petites déclassées.

Traitements	Rendement commercialisable			Proportion trop petite
	CAT no.1	CAT no.2	TOTAL	
	t/ha (SE)			% (SE)
Fractionné	23,81 (2,95)	8,94 (1,43)	32,75 (3,17)	6,4 (1,4)
Témoin	22,33 (2,25)	7,01 (1,48)	29,34 (2,96)	5,7 (3,1)
Anova	ns	ns	ns	ns

*Le traitement fractionné a reçu 2/3 de la dose totale d'N au semis et 1/3 au stade 4 feuilles. Le traitement témoin a été fertilisé avec la pleine dose au semis.

**SE=erreur type; ns= non significatif.

L'analyse économique a été réalisée en supposant que le fractionnement de la fertilisation pouvait augmenter le rendement des carottes nantaises de 3,5 t/ha, une tendance observée dans l'expérience sans toutefois être confirmée par les résultats de l'analyse statistique des données. Conditionnellement à cette hypothèse, l'analyse économique a démontré que le fractionnement de la fertilisation pourrait être avantageux (tableau I-1.1.3). L'augmentation de revenu est assez importante (11 %) alors que les frais directs en plus liés au fractionnement sont assez faibles (0,7 % des revenus en plus).

Les frais directs et indirects sont principalement affectés par les dimensions de l'équipement disponible. Un épandage fractionné effectué sur la même largeur que l'épandage non fractionné occasionne des coûts minimes. L'achat d'équipement et du matériel nécessaire pour modifier l'épandeur et être en mesure de fractionner et incorporer l'engrais granulé représente une part importante des frais liés au fractionnement. Seulement 42,7 et 88,4 kg/ha de carottes de plus sont nécessaires pour combler les frais directs et indirects occasionnés par le fractionnement, respectivement avec l'épandeur à 4 et 16 rangs.

Tableau I-1.1.3. Revenus et frais (en plus) pour le fractionnement.

	Épandeur d'engrais	
	4 rangs	16 rangs
	\$/ha	
Revenus		
Catégorie no.1	3 582 \$	3 582 \$
Catégorie no.2	4 034 \$	4 034 \$
Revenus en plus	7 615 \$	7 615 \$
Frais directs		
Carburant	32,78 \$	8,17 \$
Temps rémunéré	18,47 \$	4,61 \$
Frais directs en plus	51,25 \$	12,78 \$
Marge sur frais directs	7 564 \$	7 603 \$
Frais indirects		
Amortissement	23,82 \$	95,27 \$
Intérêt, entretien et assurance	24,49 \$	97,97 \$
Frais indirects en plus	48,31 \$	193,24 \$
Marge comparative	7 516 \$	7 409 \$

* Les données présentées représentent les revenus et les charges en plus et non les revenus et charges totales.

** Prix carotte (\$/kg), no. 1 : 2,42, no.2 : 2,09; Diesel : 1,73 \$/l; Rendement (t/ha), fractionnement no. 1 : 23,81, témoin no. 1 : 22,33, fractionnement no. 2 : 8,94, témoin no. 2 : 7,01 t/ha; Salaire retenu : 22 \$/h; Taux d'assurance : 5%; Taux d'ajustement pour lubrifiant : 15%; Taux de réparation et d'entretien : 4%; Taux d'intérêt : 3,37 %; Tracteur : 99 HP; Valeur résiduelle (modification épandeur) : 5%; Vie utile (modification épandeur) : 10 ans.

La répartition des frais indirects sur des superficies plus importantes permet de réduire ces coûts à l'hectare (tableau I-1.1.4). Malgré des charges indirectes qui peuvent être importantes, l'option demeure intéressante dans la mesure où le choix de l'équipement est adapté aux superficies cultivées. Par exemple, l'avantage d'un équipement de 16 rangs est réduit dans le cas de faibles superficies.

Tableau I-1.1.4. Répartition des frais indirects pour l'équipement de 16 rangs selon différentes superficies.

	Superficie (ha)				
	5	10	20	30	50
Amortissement (\$/ha)	676 \$	338 \$	169 \$	113 \$	68 \$
Intérêt (\$/ha)	126 \$	63 \$	31 \$	21 \$	13 \$
Réparation et entretien (\$/ha)	285 \$	142 \$	71 \$	47 \$	28 \$
Assurance (\$/ha)	285 \$	142 \$	71 \$	47 \$	28 \$
	1 372 \$	686 \$	343 \$	229 \$	137 \$

Bien que l'analyse économique laisse entrevoir la possibilité de marges intéressantes par l'utilisation du fractionnement, cette conclusion est conditionnelle à une augmentation du rendement des carottes qui n'a pas pu être démontrée statistiquement dans cette expérience.

I-1.2 TECHNIQUE DE L'OCCULTATION

Le tableau I-1.2.2 présente la moyenne des observations de densité de mauvaises herbes pour toutes les observations de 2020 (n=2) et 2021 (n=5). On constate donc un effet général du traitement occulté sur la pression des adventices vivaces en 2020 (p=0,01) et en 2021 (p<0,001). Lorsque les dates d'observation étaient analysées séparément, l'effet de l'occultation sur la densité de vivaces était significatif jusqu'à 10 jours après le retrait des bâches en 2020, tandis qu'en 2021 l'effet était significatif jusqu'à 29 jours après le semis, date de la dernière observation (données non présentées). L'occultation n'a pas eu d'effet sur la pression des annuelles et sur la pression totale de mauvaises herbes. Tel qu'illustré au tableau I-1.2.3, l'évaluation de la température et de l'humidité du sol au semis en 2021 a permis de constater que le sol des parcelles occultées était en effet plus froid et humide que les autres traitements témoins ((p<0,001), situation observée, mais non mesurée, aussi en 2020. En 2020, la principale vivace présente sur le site était le souchet, tandis que les principales annuelles étaient l'amarante à racine rouge, la digitale sanguine ainsi que le galinsoga cilié. En 2021 la principale espèce vivace présente était le pâturin des prés et les principales annuelles étaient le chénopode blanc, le céraiste vulgaire ainsi que la rorippe d'Islande.

Tableau I-1.2.2. Densité de mauvaises herbes présentes après le semis selon le traitement en 2020-21.

Traitement	Total	Vivaces	Annuelles
	pl/m ² (SE)	pl/m ² (SE)	pl/m ² (SE)
2020			
Occulté	26,88 (6,49) a	11,25 (5,54) a	15,62 (4,15) a
Pyrodés herbé	51,88 (8,25) a	30,00 (7,63) b	21,88 (5,65) a
2021			
Occulté	159,62 (9,26) b	13,00 (3,02) a	17,13 (3,12) b
Pyrodés herbé	49,38 (3,57) a	4,00 (0,89) a	2,00 (0,57) a
Témoin	160,25 (9,09) b	25,00 (2,47) b	17,13 (2,50) b

*Le traitement occulté était occulté à l'aide de bâches d'ensilage de l'automne au printemps. Le traitement pyrodés herbé était un témoin dés herbé au pyrodés herbeur avant le semis. Le traitement témoin était un témoin en herbé.

**Les données présentées sont une moyenne des densités de mauvaises herbes pour toutes les dates de prise de données soit jusqu'à 15 jours (2020) ou 29 jours (2021) après le semis.

***En 2021, la colonne Total inclut les mauvaises herbes au stade cotylédons, qui sont exclues des colonnes Vivace et Annuel.

****SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne à l'intérieur des années ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5 %.

Tableau I-1.2.3. Température et humidité du sol au moment du semis en 2021.

Traitement	Température	Humidité
	°C (SE)	m ³ eau/m ³ sol (SE)
Occulté	21,53 (0,09) a	19,76 (0,40) b
Pyrodés herbé	22,55 (0,14) b	14,82 (0,32) a
Témoin	22,77 (0,15) b	14,25 (0,35) a

I-2.1 IMPACT DU TYPE D'OUTILS DE SARCLAGE ET DE LA DISTANCE DU RANG À LAQUELLE IL EST PASSÉ

Pour le décompte de mauvaises herbes, les données sont présentées pour les trois années d'essai combinées, car aucune interaction avec le facteur *année* n'était significative (tableau I-2.1.2). Les principales espèces de mauvaises herbes étaient : la digitale sanguine et la petite oseille en 2019; l'amarante, la digitale sanguine et le galinsoga cilié en 2020; et la digitale sanguine, le mollugo et le pâturin des prés en 2021. On constate au tableau I-2.1.3 que le sarcler à cages a permis un meilleur contrôle des adventices dans la zone travaillée en comparaison aux doubles-disques ($p=0,003$). L'effet se dissipe lorsqu'on regarde l'ensemble des mauvaises herbes à une distance de 10 cm du rang, incluant donc la zone travaillée et la zone non-travaillée. On constate aussi que le sarclage à 2,5 cm du rang a offert un meilleur contrôle pour le total des adventices jusqu'à 10 cm du rang ($p<0,001$). Il est intéressant d'observer que cet effet était aussi significatif à l'intérieur de la zone travaillée ($p=0,01$). Cela pourrait s'expliquer par l'étroitesse des buttes, les outils de sarclage paramétrés à 5 cm du rang n'ayant possiblement pas toujours été en mesure de travailler sur une surface plate et donc d'être aussi efficace que les outils à 2,5 cm du rang.

Tableau I-2.1.2. Densité de mauvaises herbes présentes dans la zone travaillée et dans la zone totale (travaillée et non-travaillée).

Traitement	Zone travaillée	Total
	<i>nb/m² (SE)</i>	<i>nb/m² (SE)</i>
Outil		
Cages	52,11 (13,19) a	145,63 (16,00) a
DUO/Disque	68,95 (17,21) b	168,44 (12,57) a
DUO-Lames	65,35 (28,74) ab	160,89 (15,38) a
Distance sur le rang (cm)		
2,5	35,49 (6,54) a	112,27 (8,32) a
5	88,65 (22,17) b	204,26 (13,96) b

*Le décompte de MH était réalisé jusqu'à 10 cm du rang dans un quadrat de 10x50 cm. Afin d'obtenir les valeurs en m² les données ont été corrigées selon la superficie échantillonnée (ex. distance 2.5 cm : zone travaillée= 375 cm², zone non-travaillée=125 cm²).

**SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne à l'intérieur des années ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

Concernant le rendement et la qualité des carottes à la récolte, aucune différence significative n'a été trouvée entre les traitements. Un sarclage très proche du rang n'augmenterait donc pas le risque de difformité dans la carotte, et ce, peu importe l'outil utilisé (tableau I-2.1.3).

Tableau I-2.1.3. Rendement en carottes et proportion de carottes déclassées selon le facteur outil et distance du rang.

Facteurs	Total		Commercialisable		Non-commercialisable		Proportion de carottes déclassées (%)							
	nb/ m lin. (SE)	t/ha (SE)	nb/ m lin. (SE)	t/ha (SE)	nb/ m lin. (SE)	t/ha (SE)	Trop petite		Croche		Fourchue		Fendue	
							nb (SE)	pds (SE)	nb (SE)	pds (SE)	nb (SE)	pds (SE)	nb (SE)	pds (SE)
Outils														
Cages	19,44 (1,26)	35,86 (1,69)	15,21 (1,12)	29,52 (1,77)	4,23 (0,45)	6,34 (0,55)	21,86 (3,47)	6,46 (1,55)	27,62 (5,49)	32,57 (6,83)	40,76 (5,12)	48,97 (6,22)	3,70 (1,47)	6,15 (0,04)
DUO/Disque	19,17 (0,95)	34,01 (2,04)	14,88 (0,93)	27,88 (1,92)	4,29 (0,67)	6,13 (0,72)	31,73 (4,19)	12,40 (3,51)	17,72 (4,75)	23,47 (6,50)	42,20 (4,22)	52,54 (3,97)	7,33 (2,36)	11,90 (0,02)
DUO-lames	18,40 (1,30)	31,72 (1,58)	14,74 (1,17)	26,11 (1,70)	3,69 (0,43)	5,61 (0,57)	23,83 (4,36)	9,70 (2,93)	26,49 (5,12)	32,74 (6,79)	40,76 (4,92)	46,57 (5,17)	7,18 (2,26)	8,02 (0,04)
TM	20,28 (0,90)	34,47 (1,39)	15,83 (0,79)	28,57 (1,41)	4,45 (0,49)	5,90 (0,61)	28,03 (3,67)	10,02 (2,00)	19,48 (3,52)	25,68 (4,74)	38,08 (3,89)	45,83 (4,12)	5,74 (1,42)	8,27 (0,04)
Distance du rang (cm)														
2,5 cm	18,18 (0,93)	32,36 (1,52)	14,52 (0,82)	26,93 (1,47)	3,60 (0,33)	5,43 (0,47)	25,42 (3,31)	9,61 (1,82)	25,46 (4,32)	31,62 (5,66)	41,69 (3,86)	48,17 (4,19)	5,08 (1,85)	7,63 (0,03)
5 cm	19,82 (0,95)	35,36 (1,36)	15,36 (0,90)	28,74 (1,44)	4,53 (0,50)	6,62 (0,51)	26,19 (3,33)	9,47 (2,66)	22,43 (4,06)	27,56 (5,21)	40,79 (3,79)	50,55 (4,19)	7,05 (1,50)	9,75 (0,03)
TM	20,28 (0,90)	34,47 (1,39)	15,83 (0,79)	28,57 (1,41)	4,45 (0,49)	5,90 (0,61)	28,03 (3,67)	10,02 (2,00)	19,48 (3,52)	25,68 (4,74)	38,08 (3,89)	45,83 (4,12)	5,74 (1,42)	8,27 (0,04)

* Les proportions de carottes déclassées ont été calculées avec le total (nombre ou poids) de carottes non-vendables au dénominateur.

**Les carottes déclassées pour une cause autre (dommage d'insecte ou chance de chaleur) ne sont pas présentées ici, mais ont été incluses au total de carottes déclassées.

***SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne à l'intérieur des années ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

I-2.2 EFFET DU RENCHAUSSAGE SUR LES MAUVAISES HERBES ET LA QUALITÉ ET LE RENDEMENT DES CAROTTES

Pour les données de mauvaises herbes, les deux années ont été analysées séparément en raison d'un changement dans la méthode de prise de données. Ainsi, tel que présenté au tableau I-2.2.2 en 2020, le décompte des mauvaises herbes réalisé après le renchaussage n'a pas permis d'identifier de différence entre les traitements de renchaussage, autant pour les monocotylédones que les dicotylédones. Les résultats présentés au tableau I-2.2.3 montrent que pour l'essai 2021, tous les traitements semblaient avoir un pourcentage de répression des mauvaises herbes similaires, et ce, pour toutes les hauteurs de mauvaises herbes. En 2021, quelques difficultés ont été rencontrées lors du deuxième renchaussage. Malgré plusieurs tentatives d'ajustement pour le renchaussage avec les doigts Kress, celui-ci ramenait tout de même trop peu de terre sur le rang soit seulement 0,6 cm en moyenne. Il est possible que la présence de sable grossier en quantité importante (2020 : 67,6% sable, 16,1% limon, 16,6% argile; 2021 : 80,3 % sable, 2,8% limon, 7% argile) ainsi que la faible humidité sur les buttes et l'étroitesse de ceux-ci en raison du premier renchaussage en soit la cause. Avec les résultats de 2021, on constate que le renchaussage a

permis une répression élevée soit de 80-100% pour les mauvaises herbes de taille inférieure à 1 cm, tandis que pour les mauvaises herbes d'une hauteur supérieure à 5 cm, certains traitements n'ont permis de contrôler que 44 à 83% des adventices.

Tableau I-2.2.2. Densité de mauvaises herbes monocotylédones et dicotylédones après le premier renchaussage en 2020.

Traitement	Monocotylédones	Dicotylédones
	<i>pl/m² (SE)</i>	<i>pl/m² (SE)</i>
25/2,5	13,3 (9,2) a	83,3 (15,4) a
25/5	20,0 (11,3) a	143,3 (38,1) a
DUO/15	20,0 (9,8) a	70,0 (17,7) a
Doigts	20,0 (13,9) a	173,3 (65,9) a

SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

Tableau I-2.2.3. Pourcentage de répression des outils de renchaussage sur l'ensemble des mauvaises selon la hauteur en 2021.

Traitement	Date	Terre sur le rang	Cot-<1cm	>1cm<5cm	>5cm
		<i>cm (SE)</i>	<i>% (SE)</i>	<i>% (SE)</i>	<i>% (SE)</i>
25/2,5		2,7 (0,1)	100 (0) a	68 (8) a	44 (11) a
DUO/15	29-juil	1,8 (0,1)	96 (5) a	87 (10) a	55 (17) a
Doigts		2,1 (0,1)	80 (17) a	83 (10) a	78 (10) a
25/5	05-août	3,9 (0,1)	96 (9) a	82 (7) a	54 (12) a
25/2,5		3,6 (0,2)	100 (0) a	100 (0) a	83 (15) a
25/5	20-août	3,7 (0,2)	98 (6) a	100 (0) a	73 (10) a
Doigts		0,6 (0,1)	97 (5) a	86 (10) a	52 (15) a

SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne (par date) ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

Le tableau I-2.2.4 présente la densité et la biomasse de mauvaises herbes à la récolte. Comme la densité était mesurée sur les mauvaises herbes toutes tailles confondues, aucune différence significative n'a été observée. Il est à noter que la majorité des mauvaises herbes à la récolte en 2021 était d'une hauteur inférieure à 1 cm. Concernant la biomasse des mauvaises herbes à la récolte en 2021, l'ajout du témoin enherbé a permis de démontrer que tous les traitements de renchaussage avaient permis de diminuer significativement la biomasse de mauvaises herbes à la récolte ($p=0,003$).

Tableau I-2.2.4. Densité de mauvaises herbes monocotylédones et dicotylédones et biomasse sèche de mauvaises herbes selon le traitement à la récolte en 2020-21.

Traitement	Densité	Biomasse
	pl/m ² (SE)	g/m ² (SE)
2020		
25/2,5	160,0 (25,9) a	0,58 (0,15) a
25/5	200,0 (49,6) a	1,03 (0,49) a
DUO/15	223,3 (89,0) a	0,99 (0,40) a
Doigts	133,0 (23,8) a	0,89 (0,21) a
2021		
25/2,5	102,7 (20,2) a	28,4 (14,8) a
25/5	113,3 (22,2) a	15,2 (7,7) a
DUO/15	130,0 (16,7) a	19,8 (17,7) a
Doigts	107,5 (25,3) a	15,6 (5,1) a
TE	171,7 (20,6) a	154,3 (41,7) b

SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne (par date) ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

Pour les données de rendement de la carotte, une analyse combinée des deux sites a permis d'observer une interaction année x traitements significative ($p=0,01$) pour certaines variables associées au rendement des carottes. Les deux années d'essais ont donc été analysées séparément. En 2020, le témoin désherbé manuellement a eu un rendement commercialisable significativement supérieur au traitement de renchaussage avec les doigts Kress et avec les disques de 25 cm rapportant 5 cm d'épaisseur de terre sur le rang (tableau I-2.2.5). Aucun des traitements mis en place n'a eu d'effet significatif sur le rendement total de carottes non commercialisable ni sur des catégories spécifiques de carottes déclassées. En 2021 on constate une situation inverse, avec le témoin désherbé manuellement qui a obtenu le rendement total le plus faible. Cela pourrait être dû à un stress de chaleur plus élevé et un affaissement des billons plus marqué en 2021 en comparaison à 2020, tel que soutenu par la quantité de collets verts dénombrés parmi le témoin. En effet, on observe un nombre et un poids systématiquement plus élevé de carottes avec collets verts en 2021, et ce, pour toutes largeurs de collet (tableau I-2.2.6). En comparaison tous les traitements de renchaussage ont permis de diminuer la présence des collets verts de 1 cm. Pour les catégories supérieures de collet vert, c'est le traitement de renchaussage avec disques de 25 cm et 5 cm de terre rapportée sur le billon qui a permis le meilleur contrôle, tandis que le traitement avec doigts Kress s'est classé avant-dernier.

Tableau I-2.2.5. Rendement en carottes et proportion de carottes déclassées selon le traitement de renchaussage en 2020-21.

Traitement	Total		Commercialisable		Non-commercialisable		Proportion de carottes déclassées (%)							
	nb/m lin (SE)	t/ha (SE)	nb/m lin (SE)	t/ha (SE)	nb/m lin (SE)	t/ha (SE)	Trop petite		Forme		Fourchue		Fendue	
							nb (SE)	poids (SE)	nb (SE)	poids (SE)	nb (SE)	poids (SE)	nb (SE)	poids (SE)
2020														
25/2,5 cm	12,8 (2,9)	24,6 (4,1) ab	12,2 (2,4)	20,5 (3,1) ab	2,7 (0,7)	4,1 (1,1)	21,4 (18,2)	5,3 (3,5)	9,5 (11,7)	12,8 (15,6)	57,9 (29,5)	58,0 (28,9)	0	0
25/5 cm	12,5 (2,2)	20,0 (4,0) b	10,3 (3,2)	17,2 (4,0) b	2,2 (1,4)	2,8 (2,3)	48,2 (35,4)	37,4 (38,6)	7,4 (9,1)	8,5 (10,5)	22,2 (27,2)	10,9 (13,4)	11,1 (13,6)	20,7 (25,3)
Duo/15	17,5 (3,2)	26,8 (0,9) ab	15,3 (3,5)	24,6 (1,7) ab	2,2 (0,5)	2,3 (1,0)	38,5 (11,8)	25,0 (4,9)	13,1 (8,9)	23,5 (16,5)	39,9 (24,5)	39,9 (27,0)	0	0
Doigts	13,5 (1,5)	19,3 (4,2) b	11,2 (1,3)	17,1 (3,4) b	2,3 (0,4)	2,3 (0,8)	58,3 (10,2)	16,5 (8,9)	0	0	41,7 (10,2)	83,5 (8,9)	0	0
TM	18,2 (0,9)	36,1 (4,0) a	15,0 (0,4)	30,0 (1,7) a	3,3 (1,2)	6,1 (2,5)	38,6 (4,2)	13,6 (12,6)	19,4 (12,3)	13,6 (12,6)	42,0 (8,2)	31,7 (30,9)	0	0
2021														
25/2,5 cm	18,1 (1,8) ab	33,5 (5,1)	12,2 (1,8)	24,6 (4,4)	6,0 (0,6) ab	8,9 (3,2) ab	17,2 (4,4)	6,3 (2,1)	20,3 (3,3)	20,2 (9,4)	32,8 (3,4)	40,2 (4,4)	8,6 (1,7)	10,7 (2,1)
25/5 cm	20,3 (1,1) b	39,3 (2,2)	14,1 (1,1)	27,6 (2,5)	6,2 (0,6) ab	11,6 (2,9) b	7,4 (2,9)	3,4 (1,6)	24,3 (4,3)	22,8 (11,4)	40,3 (5,7)	43,8 (6,7)	3,8 (2,4)	6,4 (4,9)
Duo/15	21,1 (1,6) b	31,8 (3,6)	13,4 (1,5)	21,1 (2,9)	7,6 (0,9) b	10,7 (3,3) ab	20,7 (7,0)	8,7 (3,4)	18,3 (5,4)	18,6 (13,8)	45,4 (11,4)	50,4 (11,7)	3,5 (0,4)	4,5 (0,8)
Doigts	16,4 (1,8) ab	31,0 (1,9)	12,1 (1,4)	24,2 (2,0)	4,3 (1,2) a	6,8 (2,6) a	13,4 (4,9)	9,4 (4,3)	16,4 (5,8)	15,4 (17,4)	40,1 (7,4)	43,0 (9,8)	3,4 (2,2)	4,4 (2,5)
TM	14,3 (0,8) a	26,6 (1,8)	9,5 (1,0)	19,2 (2,0)	4,8 (0,9) ab	7,5 (1,5) ab	12,3 (4,0)	7,7 (4,8)	31,4 (6,9)	28,2 (9,6)	20,2 (5,0)	20,2 (5,6)	2,2 (1,2)	5,8 (3,1)

SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne (par année) ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%. L'absence de lettre dans une colonne signifie qu'aucune différence significative n'a été trouvée pour cette variable.

Tableau I-2.2.6. Moyenne du nombre et du poids de carottes ayant un collet vert pour l'essai 2021.

Traitement	Collet vert					
	< 1cm		>1cm <2cm		>2cm	
	nb/m lin. (SE)	t/ha (SE)	nb/m lin. (SE)	t/ha (SE)	nb/m lin. (SE)	t/ha (SE)
25/2,5cm	2,03 (0,96) a	3,88 (1,57) a	0,57 (0,18) ab	0,98 (0,18) ab	0,19 (0,11) ab	0,35 (0,22) ab
25/5cm	1,53 (0,47) a	3,14 (0,88) a	0,31 (0,12) a	0,73 (0,12) a	0,00 (0,00) a	0,00 (0,00) a
DUO/15	1,59 (0,24) a	3,08 (0,62) a	1,13 (0,34) bc	2,10 (0,34) bc	0,63 (0,35) bc	1,30 (0,76) bc
Doigts	2,06 (0,47) ab	4,37 (1,02) ab	1,69 (0,21) cd	3,52 (0,21) c	1,13 (0,28) cd	2,86 (0,71) cd
TM	4,81 (0,66) b	9,59 (1,36) b	3,44 (0,56) d	7,58 (0,56) c	1,84 (0,42) d	4,77 (1,11) d

SE=erreur type. Les moyennes d'une même colonne ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison Tukey au seuil de 5%.

CONCLUSION

Les résultats sur le fractionnement ou non de la fertilisation dans la carotte nantaise ne permettent pas d'appuyer l'une ou l'autre des pratiques. Bien que le fractionnement de la fertilisation eût tendance à augmenter le rendement, ce dernier n'était pas statistiquement différent de celui qui avait reçu la pleine dose au semis. La technique de l'occultation a permis de diminuer la pression des adventices vivaces jusqu'à 2 à 4 semaines après le semis sans toutefois réduire la densité des mauvaises herbes annuelles. L'essai sur le faux-semis a montré que le pyrodésherbeur pouvait être passé à plus grande vitesse et consommait moins de propane lorsque les mauvaises herbes à réprimer étaient jeunes et petites. Le sarcler à cages utilisé pour le faux-semis avec travail du sol a été aussi efficace que le pyrodésherbeur, mais ne peut pas être utilisé en prélevée de la carotte comme le pyrodésherbeur. Le semis de carottes dans du compost stérile a demandé moins de désherbage manuel lorsqu'il n'avait pas été contaminé par le sol apporté par le vent. Toutefois, l'irrigation du compost a été nécessaire pour la germination de la carotte. Les outils de désherbage mécanique ont été passés très près du rang (2,5 cm) et à des stades hâtifs de la carotte sans perte de rendement et de qualité. Le renchaussage a permis de réduire la présence de collet vert à la récolte sans réduction de rendement. L'étude a démontré qu'il est possible d'utiliser certaines stratégies ou moyens de lutte physique contre les mauvaises herbes afin de réduire leur présence dans la carotte et par conséquent, de diminuer le temps de désherbage manuel du rang.

Voici un exemple de stratégie qui pourrait faciliter le désherbage de la carotte cultivée sur buttes :

- Utilisation du pyrodésherbeur et/ou du sarcler à cages jusqu'au semis pour diminuer la pression des mauvaises herbes sur la butte.
- Passage du pyrodésherbeur en prélevée de la carotte pour détruire les mauvaises herbes qui auraient levé avant la carotte.
- Désherbage lorsque les mauvaises herbes sont jeunes pour augmenter la performance des outils de désherbage (pyrodésherbeur et sarcler).
- Sarclage mécanique à des stades hâtifs de la carotte avec des outils réglés à 2,5 cm du rang afin de réduire la bande à sarcler manuellement sur la butte.
- Renchaussage des carottes plus avancées avec des disques de 25 cm réglés pour projeter 5 cm de sol sur le rang pour réduire la croissance des mauvaises herbes et la présence de collet vert à la récolte.

RÉFÉRENCES

- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments). 2022. Recueil des normes canadiennes de classification : Volume 2 – Fruits ou légumes frais, Partie 2 : Exigences relatives aux catégories de légumes frais. <https://inspection.canada.ca/a-propos-de-l-acia/lois-et-reglements/liste-des-lois-et-reglements/documents-incorpores-par-renvoi/recueil-des-normes-canadiennes-de-classification-v/fra/1519996239002/1519996303947?chap=3#s22c3> (Accès le 25 mai 2022).
- Ascard, J. 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research* 35 (5): 397-411.
- Benoit, D.L. 2009. Reduced risk weed control strategies in carrot production in organic and mineral soils. Pesticide Risk Reduction Strategies Initiative. AAFC. PRR06-700. Final report. 60 pp.
- Birthisel, S. K., E. R. Gallandt et A. E. S. Cunha. 2018. Solarization and Tarping for Weed Management on Organic Vegetable Farms in the Northeast USA. *E-Organic Article* 25440. <https://articles.extension.org/pages/74713/solarization-and-tarping-for-weed-management-on-organic-vegetable-farms-in-the-northeast-usa>
- Boyd, N., E. B. Brennan et S. A. Fennimore. 2006. Stale seedbed techniques for organic vegetable production. *Weed Technology* 20(4): 1052-1057.
- Côté C. et M.-C. Rioux. 2020. Profil sectoriel de l'industrie horticole au Québec, Édition 2020. Institut de la statistique du Québec et MAPAQ, Québec. 108 p.
- Financière agricole du Québec. 2015. Section 5, annexe 21 - Cultures maraîchères - Méthodes d'échantillonnage par culture. <https://www.fadq.qc.ca/fileadmin/fr/normes-procedures/assurance-recolte/cultures-maraicheres-section-5-annexe-21.pdf> (Accès 25 mai 2022)
- Leblanc, M. 2017. Cultures biologiques: La techno au service du sarclage. *Vecteur environnement* 50 (1) : 24-27.
- Sivesind, E. C., M. L. Leblanc, D. C. Cloutier, P. Seguin et K. A. Stewart. 2009. Weed Response to Flame Weeding at Different Developmental Stages. *Weed Technology* 23(3): 438-443.
- Swanton, C., K. Chandler, J. O'Sullivan, D. Robinson et D.-L. Benoit. 2009 (révisé 2010). La lutte contre les mauvaises herbes dans les carottes. Fiche technique AGDEX : 258/642. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/09-046w.htm#2> (Accès le 25 mai 2022).
- Swanton, C. J., J. O'Sullivan et D. E. Robinson. 2010. The Critical Weed-Free Period in Carrots. *Weed Science* 58: 229-233.
- Swanton C. 2015. Détermination de la période critique exempte de mauvaises herbes dans les plantations de carottes sur sols tourbeux et minéraux. Projet PRR07-260.
- Van Heemst H. 1985. The influence of weed competition on crop yield. *Agricultural Systems* 18: 81-93.
- Van der Weide R., P. Bleeker, V. Achten, L. Lotz, F. Fogelberg et B. Melander. 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research* 48: 215-224.