ÉVALUATION ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DE CERTAINES TECHNIQUES ALTERNATIVES EN POMICULTURE

23-005-CECPA

DURÉE DU PROJET : 03-2023 / 01-2025

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Xavier Allognon, CECPA
Marianne Dumas, CECPA
Marc-Antoine Larrivée, CECPA
Ana McBride, CECPA
Richard Miville, CECPA
David Ouellet, CECPA
Eva Panyszak, CECPA
Yves Paré, CECPA
Antoine St-Cyr, CECPA

25 février 2025

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Québec

ÉVALUATION ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DE CERTAINES TECHNIQUES ALTERNATIVES EN POMICULTURE

23-005-CECPA

RÉSUMÉ DU PROJET

Les Producteurs de pommes du Québec (PPQ), en collaboration avec l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), ont lancé les projets Vitrines 1.0[1] et Vitrines 2.0[2] pour promouvoir et favoriser l'adoption de régies à moindres risques. Le Centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA), suivant les recommandations des acteurs du milieu, a démarré le projet actuel intitulé *Évaluation économique et environnementale de certaines techniques alternatives en pomiculture*.

Ce projet s'est déroulé dans les années de culture 2023 et 2024 auprès de producteurs volontaires qui ont adopté certaines pratiques alternatives ciblées par le comité de suivi et partagé les données de leur entreprise avec le CECPA. Ceci complète donc les projets Vitrines et poursuit les mêmes grands objectifs, justifiés par les mêmes problématiques et soucis de développement durable.

Le présent projet permet de dégager plusieurs éléments clés. Tout d'abord, il offre un portrait sociodémographique des entreprises participantes, avec une analyse de leurs principales caractéristiques. Ensuite, il présente des valeurs médianes et les étendues pour des paramètres techniques, économiques et environnementaux concernant les sept techniques retenues : la lutte contre la mouche de la pomme, l'utilisation de fongicides à faible IRPeQ, la confusion sexuelle contre le carpocapse, le désherbage mécanique, la prévention de la tavelure par le broyage de feuilles, les pulvérisateurs certifiés AirCheck et l'éclaircissage sans carbaryl. Enfin, une comparaison des résultats de la méthode alternative par rapport à la méthode traditionnelle est exposée sous forme de figures, permettant de juger de la variation des résultats. Ce rapport met en lumière les principaux aspects du projet et facilite la compréhension des différentes techniques et de leurs impacts.

L'objectif de produire des analyses économiques des données observées ou modélisées durant le projet est également de promouvoir la diffusion et l'adoption de pratiques réduisant ou remplaçant les pesticides de synthèse les plus nocifs pour la santé et l'environnement. Certaines analyses et résultats doivent être interprétés avec prudence et ne peuvent pas être directement appliqués à l'échelle commerciale. À terme, le projet vise à encourager une adoption plus large de nouvelles approches permettant de réduire l'empreinte environnementale de la pomiculture québécoise tout en préservant la santé et la sécurité des producteurs et productrices.

[1] Vitrines de régie à moindres risques dans la pomme : optimisation des pulvérisations et diversification des modes d'intervention pour la réduction de l'empreinte environnementale de la pomiculture québécoise.
[2] Vitrines 2.0 : Régie à moindres risques et caravane de l'innovation en pomiculture

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DU PROJET 2

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE 6

Objectif général 6
Objectifs spécifiques 6
Aperçu de la méthodologie 7

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS 12

Portrait sociodémographique 12
1) Lutte contre la mouche de la pomme 13
2) Fongicides à faible IRPeQ 19
3) Confusion sexuelle contre le carpocapse 26
4) Désherbage mécanique 31
5) Prévention de la tavelure 34
6) Pulvérisateur certifié « AirCheck » 39
7) Éclaircissage sans carbaryl 43

DIFFUSION DES RÉSULTATS 50

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE 50

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION 51

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS 51

RÉFÉRENCES 52

ANNEXE(S) i

Table des figures

Figure 1 - Exemple de représentation d'étendue et interprétation 10
Figure 2 - Superficies traitées et exploitées des vergers (mouche) 14
Figure 3 - Nombre d'interventions pour les traitements (mouche) 14
Figure 4 - Interventions et produits utilisés (mouche) 15
Figure 5 - Temps de préparation et d'opération (mouche) 15
Figure 6 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (mouche) 16
Figure 7 - Sommaire des charges par hectare verger (mouche) 17
Figure 8 - Indices de risque (mouche) 17
Figure 9 - Relation entre l'utilisation de fongicides à faible IRPeQ et le nombre annuel d'interventions (faible IRPeQ) 20
Figure 10 - Superficies traitées et exploitées des vergers (faible IRPeQ) 21
Figure 11 - Temps de préparation et d'opération (faible IRPeQ) 22
Figure 12 - Charges d'intrants par hectare verger (faible IRPeQ) 23
Figure 13 - Charges de machinerie par hectare verger (faible IRPeQ) 24
Figure 14 - Sommaire des charges par hectare verger (faible IRPeQ) 24
Figure 15 - Indices de risque (faible IRPeQ) 25
Figure 16 - Superficies des pratiques Diffuseurs et Pulvérisation (confusion) 27
Figure 17 - Temps des activités pose, préparation et passage (confusion) 28
Figure 18 - Coût annuel des intrants et de la machinerie (confusion) 28
Figure 19 - Sommaire des charges par ha verger (confusion) 29
Figure 20 - Indice de risque (confusion) 30
Figure 21 - Superficies traitées et exploitées des vergers (tavelure) 35
Figure 22 - Nombre de passages pour les traitements (tavelure) 35
Figure 23 - Temps de préparation et d'opération (tavelure) 36
Figure 24 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (tavelure) 37
Figure 25 - Sommaire des charges par hectare verger (tavelure) 37
Figure 26 - Indices de risque (tavelure) 38
Figure 27 - Superficies traitées et exploitées des vergers (éclaircissage) 44
Figure 28 - Nombre de passages pour les traitements (éclaircissage) 45
Figure 29 - Temps de préparation et d'opération (éclaircissage) 45
Figure 30 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (éclaircissage) 46
Figure 31 - Sommaire des charges par hectare verger (éclaircissage) 47
Figure 32 - Indices de risque (éclaircissage) 48

Table des tableaux

Tableau 1 - Nombre d'entreprises par région administrative 12
Tableau 2 - Nombre de pratiques utilisées par les entreprises 12
Tableau 3 - Avantages et risques de l'appâticide contre la mouche de la pomme 13
Tableau 4 - Avantages et risques de l'appâticide et insecticides contre la mouche de la pomme 13
Tableau 5 - Avantages et risques pour l'utilisation de fongicides à faible IRPeQ 19
Tableau 6 - Avantages et risques pour l'utilisation de fongicides à IRPeQ intermédiaires ou élevés 20
Tableau 7 - Avantages et risques pour la technique confusion sexuelle 26
Tableau 8 - Avantages et risques pour la technique sans confusion sexuelle 26
Tableau 9 - Avantages et risques du désherbage mécanique 31
Tableau 10 - Paramètres techniques et économiques retenus pour le désherbage mécanique 32
Tableau 11 - Avantages et risques des techniques de prévention de la tavelure 34
Tableau 12 - Avantages et risques pour l'utilisation d'un pulvérisateur 39
Tableau 13 - Coûts d'acquisition et frais annuels pour les types de pulvérisateurs (AirCheck) 40
Tableau 14 - Temps de préparation et d'opération (AirCheck) 40
Tableau 15 - Interventions par catégorie de produit (AirCheck) 41
Tableau 16 - Indices de risque (AirCheck) 41
Tableau 17 - Coût par ha/verger (AirCheck) 42
Tableau 18 - Avantages et risques des techniques d'éclaircissage 43

Table des annexes

Annexe 1 - Détail - Nombre d'entreprises par techniques visées i
Annexe 2 - Table de calcul de coût d'entretien i
Annexe 3 - Détail des matières actives dans le groupe « autres » ii

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Objectif général

Ce projet vise à réaliser une évaluation économique des principales pratiques examinées et diffusées par les projets de Vitrines. Plus précisément, les évaluations économiques ont pour but d'analyser la viabilité économique de ces pratiques sur le terrain. Des informations à propos de l'impact sur les revenus, les coûts (directs, indirects et de main-d'œuvre), ainsi que sur les impacts environnementaux et sociaux-sanitaires sont produites et diffusées. Les évaluations économiques des sept pratiques ciblées sont présentées dans ce rapport, permettant ainsi d'atteindre l'objectif général.

Objectifs spécifiques

LA RÉDUCTION DE L'USAGE DES PESTICIDES ET DE LEURS RISQUES POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT VIA L'ADOPTION DURABLE DES PRATIQUES VISÉES PAR LES ENTREPRISES POMICOLES
Il n'était pas prévu d'évaluer cet objectif. Il n'est donc pas possible de savoir si cet objectif est atteint. Toutefois, les observations montrent une diminution de l'utilisation des pesticides lorsque des pratiques alternatives sont utilisées ou une réduction des indices de risques des produits utilisés. De plus, l'utilisation de pratiques alternatives n'implique pas directement le retrait complet des pesticides, car les entreprises peuvent choisir d'appliquer ces derniers afin de conserver leur récolte et sa qualité devant des évènements climatiques et sanitaires agressifs ou hors de contrôle.

BONIFIER L'INFORMATION APPORTÉE PAR LES CARAVANES DANS LES VITRINES 2.0
Cet objectif n'a pas été atteint puisque l'information de la saison 2023 a été analysée après la saison des Vitrines 2024.

SERVIR DE BASE AU DÉVELOPPEMENT DE PROJETS FUTURS
Les conclusions et réflexions issues du présent projet seront utilisées pour orienter, enrichir et structurer les futurs projets, autant en recherche et développement qu'en applications concrètes pour les producteurs. Elles permettront d'identifier les bonnes pratiques, d'anticiper les défis potentiels et de proposer des pistes d'amélioration adaptées aux enjeux et besoins sectoriels identifiés par les intervenants et les entreprises.

ATTEINTE DE LA CIBLE 4 DU PLAN STRATÉGIQUE 2018-2022 DES PPQ
Ce projet est axé sur le plan stratégique 2018-2022 des PPQ, notamment autour de la cible 4 : Soutien et production pomicole. Cette cible est déclinée en plusieurs points. Voici ceux concernés par le présent projet :

a) Appuyer la mise en œuvre de la production fruitière intégrée :
   - Promouvoir le programme PFI (production fruitière intégrée) auprès des producteurs;
   - Appuyer les entreprises dans l'adoption du PFI au moyen de services-conseils;
   - Former et sensibiliser les producteurs sur la santé et la sécurité des travailleurs sur l'utilisation des pesticides.
b) Appuyer le développement de la production biologique :
   - Mettre à la disposition des producteurs en transition vers le biologique ou en production biologique des outils et des services pour les appuyer.

L'ensemble de ces éléments sont affectés avec les documents produits ainsi que les activités de diffusion.

DIFFUSION DES RÉSULTATS LORS D'UN ÉVÈNEMENT ANNUEL
Cet objectif est atteint. Des résultats préliminaires ont été présentés aux Journées horticoles de St-Rémi en novembre 2024.

Aperçu de la méthodologie

Cette section décrit les principaux éléments de la méthodologie utilisée, notamment la manière de traiter et d'analyser les données.

CHOIX DES PRATIQUES VISÉES

Les pratiques visées ont été sélectionnées à la suite d'un sondage auprès du *comité de recherche et du comité de sécurité du revenu* des PPQ visant à évaluer les méthodes avec un bon degré de faisabilité économique. Les pratiques sont les suivantes :

1. Appâticide à base de spinosad (lutte contre la mouche de la pomme);
2. Fongicides à faible IRPeQ (indicateur de risque de pesticides du Québec);
3. Confusion sexuelle contre le Carpocapse;
4. Désherbage mécanique;
5. Prévention de la tavelure par le broyage des feuilles;
6. Pulvérisateur certifié AirCheck*;*
7. Éclaircissage sans carbaryl.

RECRUTEMENT

Il n'existe pas de répertoire d'entreprises utilisant les pratiques visées. En utilisant le bouche-à-oreille (technique boule de neige) ainsi que des diffusions dans les médias spécialisés, 15 entreprises utilisant minimalement une pratique visée ont accepté de participer. Un aperçu de cet échantillon non représentatif et des pratiques utilisées par les entreprises est présenté dans la section Portrait sociodémographique.

COLLECTE DE DONNÉES

L'approche originale visait la création d'un registre de collecte en ligne qui permettait une transmission de l'information en continu entre les analystes du CECPA et les exploitants pomicoles. Notamment, cette approche permettait de déclarer le temps de travail dès la fin d'une tâche. Toutefois, cette méthode s'est avérée impopulaire. En cours de projet, le CECPA a donc utilisé des registres de pulvérisation annotés avec une estimation des temps nécessaires pour les tâches visées. Les entreprises ont déterminé un seul ravageur principal pour chaque utilisation de produit.

Les données qualitatives furent collectées via des rencontres avec les exploitants durant la saison 2024. Les sources de données principales sont donc les registres de pulvérisation, les registres maison de passages d'outil mécanique et d'éclaircissage manuel, des factures d'intrants, des déclarations des exploitants, certaines données des Vitrines 2.0 et des données de SAgE pesticides.

TRAITEMENT DES DONNÉES

<u>Validation et cohérence</u>

Les données collectées ont été validées sur :

a) leur cohérence individuelle avec le contexte de l'entreprise;
b) leur cohérence avec les autres données pour une pratique visée.

Lors de l'analyse des données, l'analyste pouvait remarquer que certaines réponses des producteurs sont incohérentes avec les autres résultats. Notre équipe s'est donc affairée à contacter les producteurs concernés pour vérifier l'exactitude des données d'enquête et des données déclarées. Si aucune erreur technique n'est détectée, nous examinons les facteurs contextuels (climat, marchés, qualité, etc.) pouvant expliquer cette anomalie. Notre jugement professionnel nous permet d'exclure certaines réponses qui dévient significativement de la médiane, après justification claire.

Notion de traitements de passage et d'intervention

Les opérations sur les entreprises pomicoles sont optimisées, mais irrégulières. C'est-à-dire qu'elles peuvent servir à effectuer plusieurs tâches (ex. : appliquer deux produits en même temps) et varier en intensité, en nombre et en couverture. Pour être en mesure d'uniformiser le traitement des données, trois concepts sont utilisés :

Traitement : combinaison d'une date, d'une parcelle et d'un produit.

- Ex. : l'application d'un mélange de X et Y en même temps sur une même parcelle dans une journée donnée représente deux traitements distincts.
- Permet de savoir combien de fois chaque parcelle est traitée par produit durant une saison.

Passage : combinaison d'une date, d'une combinaison de machineries (tracteur et pulvérisateur) qui a arpenté un verger.

- Ex. : les parcelles no. 1, 2 et 3 sont pulvérisées avec l'intrant X. La même journée, les parcelles no. 4, 5 et 6 sont pulvérisées avec le même intrant X mais avec un tracteur ou un pulvérisateur différent. Cela équivaut à deux passages, même si les parcelles ne sont traitées qu'une seule fois.
- Permet de calculer les frais liés à la machinerie.
- Un (1) passage ne signifie pas implicitement que l'ensemble du verger est traité. En réalité, il est courant qu'un producteur ne traite qu'une partie de ses parcelles pour cibler ses traitements et en maximiser l'efficacité.

Intervention : combinaison d'une date, d'un produit et d'un ravageur.

- Ex. : l'application d'un produit X avec deux machineries différentes représente deux passages mais une seule intervention.
- Permet d'avoir une unité d'analyse qui considère la protection du verger dans son ensemble.
- Lorsqu'un passage comprend deux interventions, les frais sont répartis de manière égale entre les deux interventions.
- Lorsqu'une intervention comprend deux passages, les frais sont additionnés.

Saisonnalité

Un des objectifs de l'analyse est d'obtenir des résultats qui réduisent les effets climatiques et qui sont actuels. Ainsi, l'approche retenue consiste à appliquer les coûts de l'année 2024 (intrants, carburant et salaire) à l'ensemble des données techniques et à analyser l'ensemble des données sans égards à l'année. Conséquemment, les effets climatiques sont réduits et l'ensemble des frais calculés sont l'équivalent de ceux de 2024.

Exemple :

1) *L'entreprise no.5 effectue une pulvérisation le 2023-06-10, pour une consommation de 20 l de diesel.*
2) *L'entreprise no.6 effectue une pulvérisation le 2024-06-15, pour une consommation de 24 l de diesel.*
3) *Le prix du diesel retenu est celui de 2024 : 1,394 $/l.*
4) *Le coût en diesel pour l'année 2023 est de 20 l x 1,394 $/l = 27,88 $.*
5) *Le coût en diesel pour l'année 2024 est de 24 l x 1,394 $/l = 34,46 $.*
6) *L'analyse regroupe les deux données, la médiane est alors de 31,17 $/l.*

Calcul des indices de risques

Les indices de risques sont calculés avec l'outil *Calculateur d'indices de risque* du site web SAgE pesticide (SagePesticides, s.d.). Le calcul est basé sur la dose, le produit et le type de pulvérisation (déclarés par l'entreprise). La pulvérisation au sol est utilisée principalement pour les herbicides. La pulvérisation en hauteur standard est utilisée à moins que l'entreprise mentionne utiliser des buses

antidérive ou un pulvérisateur certifié AirCheck. Ces derniers sont catégorisés dans le type d'intervention antidérive[3].

L'indice de risque obtenu sur le site est pour 1 ha traité. Cet indice est donc multiplié par la superficie traitée avec un produit. Les indices de chaque intervention sont additionnés pour une saison (selon la technique visée) puis divisés par les hectares exploités en verger. Ainsi l'indice de risque est annuel et ajusté pour chaque entreprise.

Coûts des produits
Le CECPA a compilé des factures d'achat d'intrants pour les saisons 2023 et 2024. La moyenne des prix documentés pour 2024 est retenue. Ces prix par format d'intrant (ex. : $/kg) sont multipliés par les dosages déclarés puis par la superficie traitée. Les coûts du traitement sont ensuite compilés selon la technique visée puis rapportés par hectare de verger.

Frais fixes
Trois frais fixes sont considérés dans l'analyse, la dépréciation (amortissement), les intérêts et l'assurance. Ces postes sont entièrement modélisés grâce aux déclarations des entreprises. Ces frais sont dits fixes puisque leur coût annuel n'est pas affecté par leur utilisation. Ces frais sont calculés annuellement avec des taux annuels reconnus. Les valeurs annuelles sont alors divisées par les hectares d'utilisation annuelle de la machinerie ou de l'équipement. Ces coûts par hectare sont ensuite multipliés par la superficie traitée lors de chaque passage. Conséquemment, une partie des coûts fixes est attribuée proportionnément à chaque passage, ce qui permet de faire des analyses plus précises. De plus, lorsqu'un passage permet l'application de deux produits, les frais fixes sont séparés également entre les produits.

Les entreprises ont fourni les coûts d'acquisitions des machineries et des équipements, leur pourcentage d'utilisation pour la pomme, l'année de construction et l'année d'acquisition. Le CECPA a ensuite calculé l'amortissement de manière linéaire avec des taux reconnus, pour la première vie (moins de 15 ans). Des taux ajustés sont utilisés lorsque l'âge est plus élevé que 15 ans (seconde vie).

Les intérêts représentent le coût d'un emprunt à terme de 5 ans pour le financement d'équipements agricoles de moins de 50 000 $ à un taux de 6,7 %, appliqué à 50 % de la valeur d'acquisition (Desjardins Services financiers, communication personnelle, novembre 2024). Ce calcul est utilisé pour la première vie et il n'y a pas d'intérêts pour la seconde vie. Le coût d'assurance est de 4,19 $ par tranche de 1 000 $ de valeur d'acquisition (CRAAQ, 2023).

Frais variables
Les frais variables considérés dans le projet sont l'entretien de la machinerie, le carburant et le temps de travail.

Pour l'entretien, la méthode de calcul repose sur le tableau de l'annexe 2 pour déterminer le pourcentage du coût d'acquisition qui est utilisé pour obtenir un coût d'entretien annuel. Cela permet de tenir compte de l'âge pour le calcul des coûts. Toutefois, cette approche repose sur l'hypothèse d'un coût fixe d'entretien, ce qui peut sous-estimer les coûts d'entretien pour les machineries utilisées intensivement et surestimer ces coûts pour un usage minimal. Un ajustement a été effectué pour minimiser les surestimations.

Les coûts de carburant diesel et d'essence sont basés sur les puissances de tracteurs déclarés et les consommations de carburant du CRAAQ (2022) à 60 % de charge. Pour les véhicule tout terrain (VTT), une consommation de 8 l/h est utilisée (Concessionnaires, communication personnelle,

[3] Voir les limitations mentionnées section 6.

novembre 2024). Le prix de l'essence et du diesel est calculé sur les moyennes provinciales pour 2024 de la Régie de l'énergie, ajustée pour le diesel coloré.
Les temps de préparation et de travail (passage) sont déclarés par les entreprises. Pour la majorité des travaux effectués, un taux horaire de 28 $/h est utilisé, ce qui représente la valeur du temps de travail d'un exploitant. L'exception est le temps d'éclaircissage manuel où le travail est généralement effectué par des salariés, un taux horaire de 19 $/h est alors utilisé.

ANALYSE

Les délais dans le recrutement ainsi que dans la transmission de données n'ont pas permis de faire une analyse préliminaire en 2023. L'analyse a donc été effectuée avec l'ensemble des données après la saison 2024.

L'approche originale était basée sur la comparaison des moyennes pour les principaux postes budgétaires (frais directs et indirects) entre la pratique à moindres risques et la pratique dite « conventionnelle », qui n'est pas à moindres risques. Toutefois, en cours d'analyse, il est devenu évident que cette approche n'était pas appropriée.

Premièrement, les notions de comparaison ne s'appliquent pas à toutes les pratiques visées. Ainsi les pratiques du broyage des feuilles sont complémentaires aux pulvérisations, le désherbage mécanique repose sur des modélisations tout comme l'utilisation de pulvérisateur certifié AirCheck. Le détail se retrouve dans les sections appropriées.

Deuxièmement, les données recueillies sont plus hétérogènes qu'anticipé. Conséquemment, l'utilisation unique de mesures de tendances centrales (moyenne, médiane et mode) pour les données techniques et économiques est inappropriée et peut mener à des interprétations erronées. Les informations et les analyses produites reposent ainsi fortement sur les étendues. Les constats sont donc plus nuancés qu'anticipé, mais permettent une meilleure compréhension des études de cas et donc de la diversité de contexte des entreprises pomicoles.

La Figure 1 suivante est un exemple fictif qui permet de comprendre et de visualiser les analyses à l'aide d'étendues. Ainsi, considérant que l'étendue représente la distance entre la valeur minimum et la valeur maximum, le premier quartile représente le premier 25 %, la médiane 50 % (soit le milieu) et le troisième quartile 75 %. À noter que les valeurs « min » et « max » telles que représentées à la Figure 1 n'apparaîtront pas dans les figures. Dans ce rapport, seule la médiane est utilisée en raison de la nature des données, dont la distribution est rarement normale. Par conséquent, les résultats présentés ne doivent pas être additionnés d'une figure à l'autre. Il est ainsi possible que les médianes affichées dans une figure ne correspondent pas à la somme des médianes présentées précédemment.

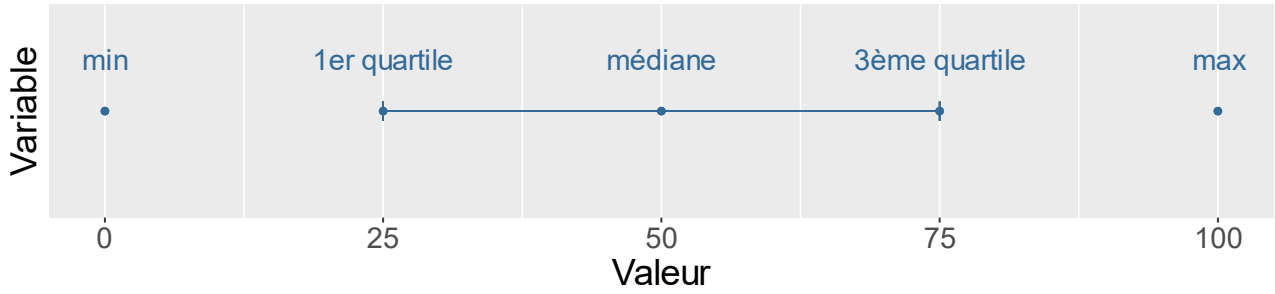

Figure 1 - Exemple de représentation d'étendue et interprétation

Rendements et dommages

Ce projet repose sur des études de cas, il n'est donc pas possible d'identifier des liens de cause à effet pour l'impact des pratiques sur les rendements en quantités et en qualité. L'hypothèse sous-jacente est que le choix d'une pratique n'affecte pas le rendement ni la qualité.

Éléments non considérés

Il est à noter que certains éléments ne sont pas considérés dans l'analyse :

- Les adjuvants;
- Les quantités d'eau (bouillies);
- Les engrais foliaires et régulateurs de croissances.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Portrait sociodémographique

En 2023, 3 entreprises de l'échantillon étaient actives en régie biologique, tandis qu'en 2024, ce nombre est passé à 2. L'âge moyen des producteurs et productrices est de 48 ans et ils sont en production depuis environ 21 saisons. Les tableaux suivants montrent la distribution des entreprises de l'échantillon dans la province de Québec (Tableau 1) et le nombre de techniques utilisées par chacune d'entre elles (Tableau 2). On remarque dans ce dernier tableau que la majorité des entreprises (13) utilisent plus de 3 techniques visées dans leurs vergers.

Tableau 1 - Nombre d'entreprises par régions administratives

Régions	Nombre d'entreprises
Montérégie	6
Chaudière-Appalaches	4
Estrie	2
Laurentides	1
Autres régions	2
Total	15

Tableau 2 - Nombre de pratiques utilisées par les entreprises

Nombre de techniques	Nombre d'entreprises
1	2
2	0
3	6
4	3
5+	4
Total	15

La prochaine section est organisée en fonction des pratiques retenues à la suite des consultations menées lors des comités d'experts. En raison du faible nombre d'observations disponibles pour certaines pratiques (le désherbage mécanique et la pulvérisation certifiée AirCheck), il a été nécessaire de modéliser les résultats en s'appuyant sur la littérature. Cette approche a été adoptée afin de compenser la variabilité importante due au nombre limité d'entreprises ayant adopté et utilisé ces pratiques dans notre échantillon.

1) Lutte contre la mouche de la pomme

MISE EN CONTEXTE

La mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*) constitue une menace importante et croissante pour les vergers québécois en raison des dommages causés aux fruits, notamment par les galeries creusées par les asticots. Pour y faire face, diverses stratégies de lutte sont mises en œuvre, incluant des mesures préventives telles que l'élagage ciblé (IRDA, 2024). En cas d'infestation avérée, des approches répressives, comme la pulvérisation d'insecticides biologiques ou de synthèse, notamment à base de phosmet, sont appliquées pour leur efficacité. Ces interventions visent à limiter les pertes tout en réduisant l'impact environnemental.

La méthode étudiée dans l'échantillon suivi repose sur l'utilisation d'un appâticide sucré à base de spinosad. Contrairement à la pulvérisation traditionnelle, cette méthode consiste à appliquer une fine couche d'appât à l'aide d'une cuve spécialisée (60 ou 100 litres) montée sur un VTT. Ce produit, homologué pour une utilisation en régie biologique, présente de faibles indices de risques pour l'environnement (IRE) et la santé (IRS). Au moment d'écrire ces lignes, l'achat d'équipement est admissible aux subventions via le Programme Prime-Vert du MAPAQ[4].

En comparaison, les entreprises de l'échantillon optent généralement pour une lutte traditionnelle contre la mouche de la pomme, principalement par pulvérisation d'insecticides homologués. Certaines combinent cette méthode avec l'utilisation d'un appâticide à base de spinosad, d'où leur appellation d'entreprise « hybride » dans les figures de la présente section. Les Tableaux 3 et 4 suivants synthétisent les observations recueillies auprès des producteurs (identifiées par un astérisque*) et dans la littérature, en mettant en lumière les avantages et les risques des deux régies de traitement comparées.

Tableau 3 - Avantages et risques de l'appâticide contre la mouche de la pomme

Avantages	Risques
Produit efficace*	Passages fréquents*
Faible toxicité pour l'environnement et l'humain*	Se délave facilement sous la pluie*
Application simple, rapide et moins bruyante*	Nettoyage de la cuve (produit sucré)*
	Achat d'un nouvel équipement
	Probabilité d'être plus dispendieux en intrants, surtout si la pression de ravageurs est élevée*

Tableau 4 - Avantages et risques de l'appâticide et insecticides contre la mouche de la pomme

Avantages	Risques
Nécessite moins de passages*	Certains produits sont néfastes pour l'environnement et l'humain*
Ne nécessite pas de nouvel équipement	Résistance des produits à surveiller

[4] Voir : https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/sous-volets/Pages/Volet-1.aspx

DONNÉES ET ANNÉES DU PROJET

Les données ont été recueillies à partir de 23 observations menées auprès d'entreprises volontaires en 2023 et 2024, dont 15 portent sur l'appâticide. Les informations techniques des deux années ont été fusionnées, tandis que les coûts considérés sont ceux de 2024.

La Figure 2 montre que les entreprises hybrides de l'échantillon appliquant cette pratique ont de plus grands vergers que les entreprises du groupe appâticide (11,7 et 4,8 ha respectivement). La variation est similaire pour les deux groupes d'entreprises pour ce paramètre. Du côté des superficies traitées annuellement, les entreprises hybrides traitent plus d'hectares que les entreprises du groupe appâticide, et elles présentent aussi des résultats plus hétérogènes (variation plus grande).

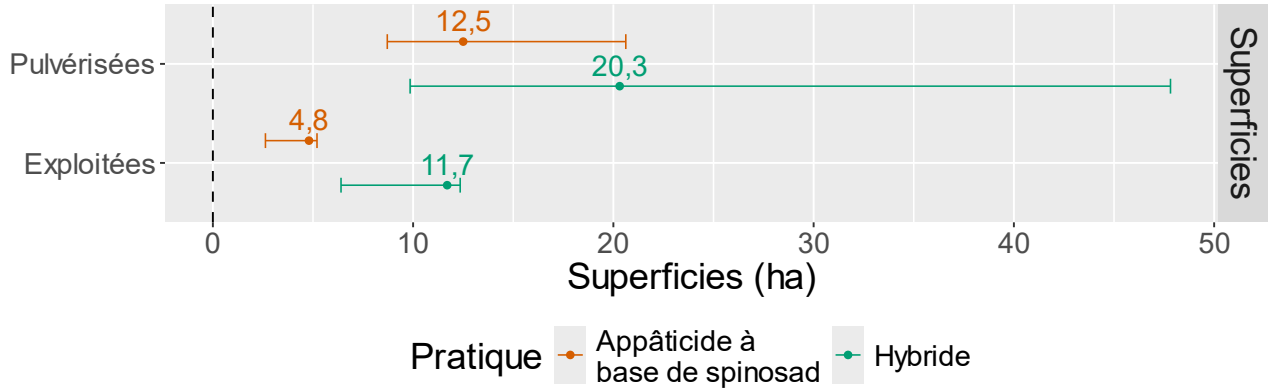

Figure 2 - Superficies traitées et exploitées des vergers (mouche)

Le nombre d'interventions contre la mouche de la pomme est généralement plus élevé pour les entreprises hybrides (Figure 3). Cela est causé par un nombre d'interventions similaire pour l'application d'appâticide, en plus de l'application des produits conventionnels. Ceci explique aussi en partie la différence importante entre les superficies pulvérisées. Toutefois, les entreprises hybrides font aussi plusieurs applications sur de petites superficies de leurs vergers. En effet, la pression de ravageurs varie entre les cas étudiés. Plusieurs entreprises catégorisées comme hybride ont alors eu des approches réactives plutôt que préventives. De plus, le délai de réentrée après l'application de certains insecticides peut être long, ce qui peut les rendre moins intéressants sur certaines parcelles où un éclaircissage manuel est planifié. À l'inverse, le délai de réentrée pour l'appâticide est faible et donc plus intéressant pour cet aspect.

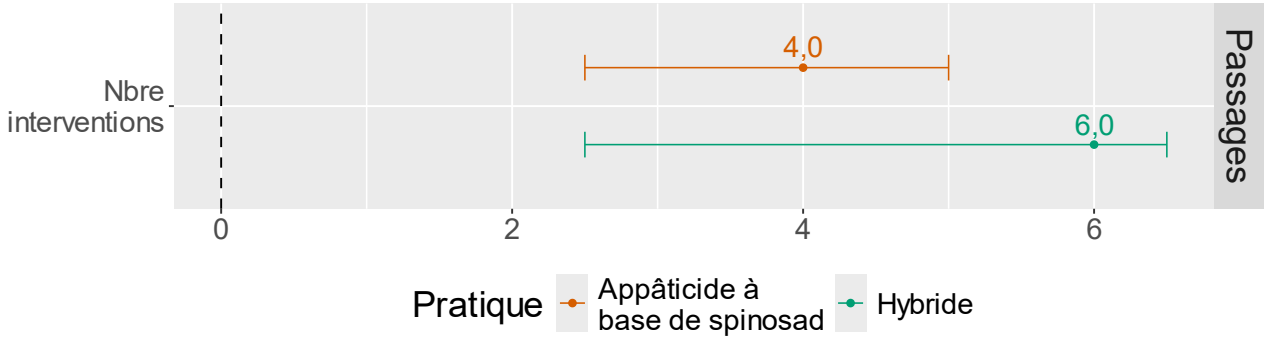

Figure 3 - Nombre d'interventions pour les traitements (mouche)

La Figure 4 expose les coûts totaux annuels par hectare verger des différents produits selon la technique employée. La variation des coûts d'appâticide des entreprises dans la méthode appâticide est grande, étant donné que les producteurs hybrides traitent en général 33 % de leurs superficies avec l'appâticide. De plus, l'entreprise hybride utilisant l'ensemble des produits présentés (spinosad, phosmet, cyantraniliprole et thiaclopride), les coûts de pesticides sont donc supérieurs pour cette

approche, tels que cumulés à la Figure 7. Comme mentionné précédemment, la pression de ravageurs varie entre les cas étudiés.

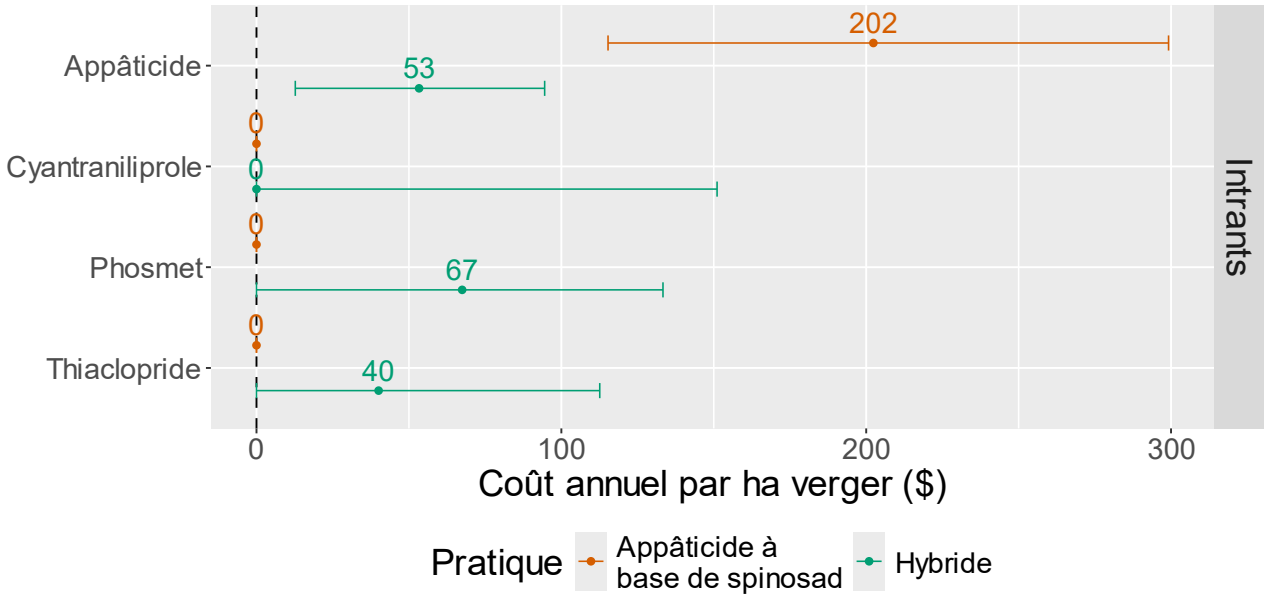

Figure 4 - Interventions et produits utilisés (mouche)

OPÉRATIONNALISATION

La Figure 5 compare le temps médian nécessaire pour effectuer les deux principales activités, soit la préparation et le passage (pulvérisation), selon les deux pratiques. Le temps médian de préparation est plus élevé et plus variable pour la méthode "appâticide à base de spinosad" (0,3 h) comparée à la méthode hybride (0,2 h), ce qui suggère que la préparation du matériel et du produit est légèrement plus longue avec l'appâticide seulement. De même, le temps de passage (applications au verger) est également plus long avec l'appâticide à base de spinosad (0,8 h) qu'avec la pratique hybride (0,7 h), certaines entreprises pulvérisant parfois une rangée sur deux lors d'une pulvérisation standard.

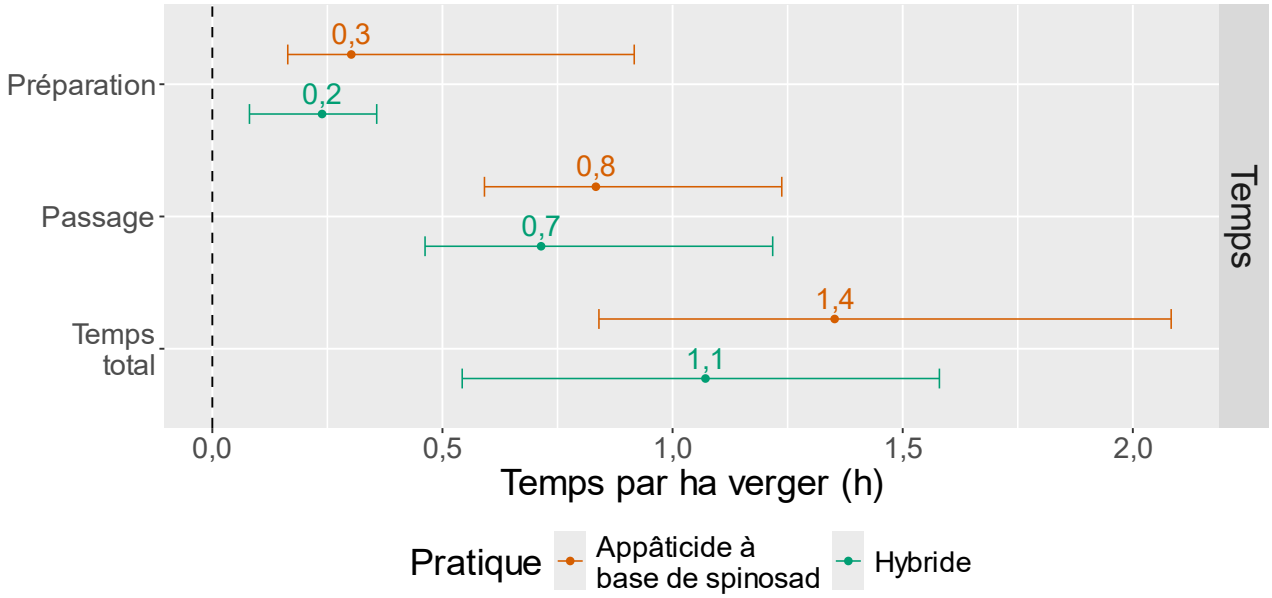

Figure 5 - Temps de préparation et d'opération (mouche)

Enfin, le temps total médian (préparation + passage) est plus élevé avec l'appâticide à base de spinosad (1,4 h) qu'avec la méthode hybride (1,1 h), indiquant une meilleure efficacité temporelle pour cette dernière. Ainsi, la méthode hybride semble globalement moins consommatrice de temps à toutes les étapes, bien que cette observation doive être considérée à la lumière d'autres critères tels que l'efficacité des traitements, la pression des ravageurs, les coûts ou l'impact environnemental.

CHARGES D'INTRANTS ET DE MACHINERIE

La Figure 6 compare les coûts annuels par hectare de verger pour différents postes de la machinerie, soit l'amortissement, les intérêts et les assurances (DIA), l'entretien et le carburant, selon les deux approches de traitement du ravageur.

Les coûts liés au DIA sont nettement plus élevés pour l'appâticide à base de spinosad (50 $/ha) par rapport à la méthode hybride (27 $/ha). Cela reflète la différence dans les équipements utilisés, certains producteurs du groupe appâticide ayant des VTT neufs. En comparaison, certains producteurs du même groupe ont des VTT usagés de plus de 15 ans, les frais de possession sont alors plus faibles.

En ce qui concerne les coûts d'entretien, la médiane de ceux-ci sont identiques pour les deux pratiques (12 $/ha), ce qui suggère que l'usure et la maintenance des équipements nécessaires sont comparables entre les deux méthodes, quoique plus variables pour la méthode appâticide. De même, les coûts de carburant sont également similaires pour les deux approches (12 $/ha), indiquant une consommation énergétique équivalente pour la réalisation des traitements dans les deux cas.

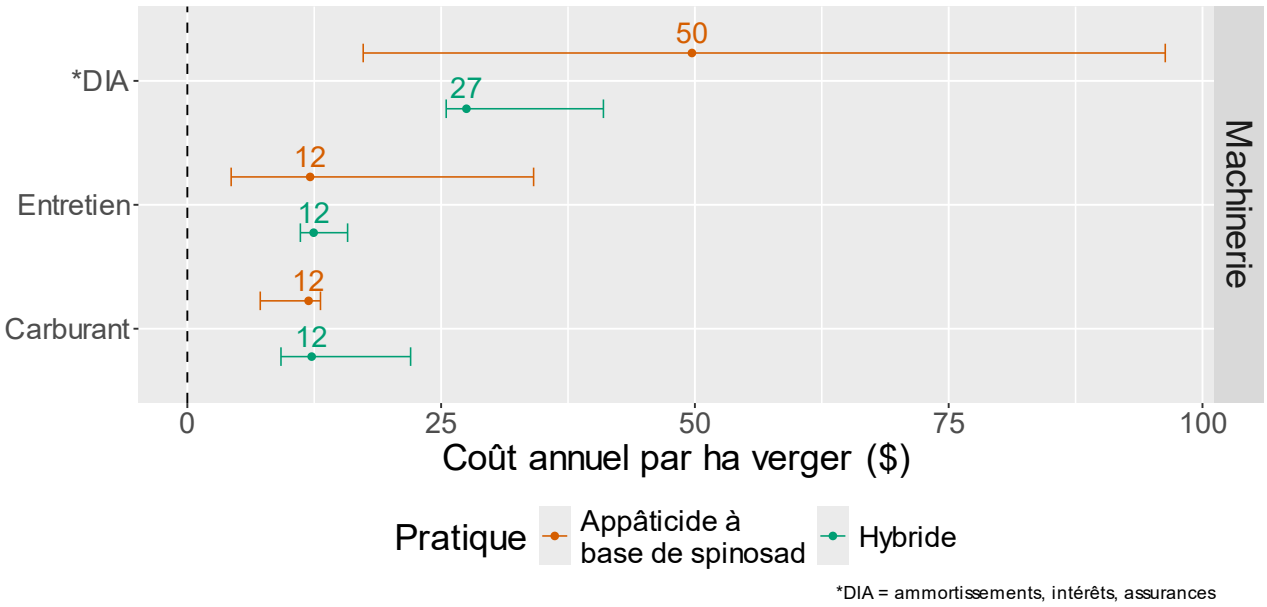

Figure 6 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (mouche)

La Figure 7 présente le sommaire des coûts annuels par hectare de verger, regroupant les dépenses liées à la machinerie (Figure 6), aux intrants (produit) et aux salaires nécessaires pour les travaux. Les entreprises hybrides affichent des coûts d'intrants plus élevés (229 $/ha) par rapport à celles utilisant des appâts (202 $/ha), ce qui reflète une utilisation accrue de produits, comme indiqué précédemment (Figure 4). En revanche, les coûts de travail sont moins élevés pour les entreprises hybrides (30 $/ha) que pour celles utilisant des appâts (38 $/ha). Toutefois, les entreprises hybrides présentent des coûts totaux de travaux globalement plus élevés et plus variables (296 $/ha) par rapport aux entreprises du groupe appâticide (264 $/ha) en raison des coûts élevés des intrants, malgré une réduction des charges de travail.

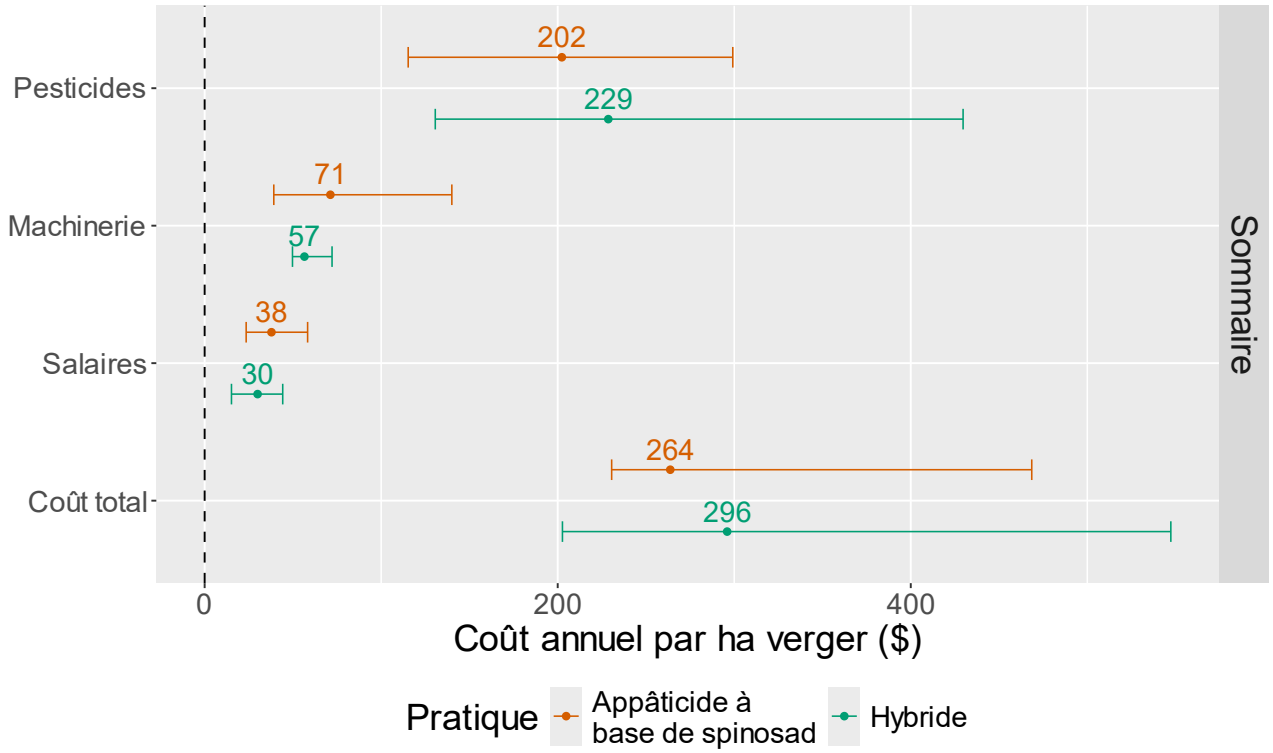

Figure 7 - Sommaire des charges par hectare verger (mouche)

Lors de l'interprétation des résultats, il est important de considérer les étendues. Dans le cas présent, le coût médian total est plus faible pour les entreprises du groupe appâticide, mais ce n'est pas le cas pour toutes les entreprises. Ainsi, l'analyse de la rentabilité de la technique pour une entreprise donnée requiert la prise en compte des facteurs externes affectant les principales variables, telles la météo et la pression des ravageurs qui affectent le nombre d'interventions, ainsi que la considération des facteurs altérables tels le type d'équipement utilisé et l'efficacité du travail. Une entreprise pourrait alors estimer son emplacement dans les étendues afin d'obtenir une comparaison plus précise pour son contexte précis.

INDICES DE RISQUE POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

La Figure 8 illustre les valeurs des indices IRPeQ pour les deux catégories d'entreprises à l'étude, selon les deux indices spécifiques.

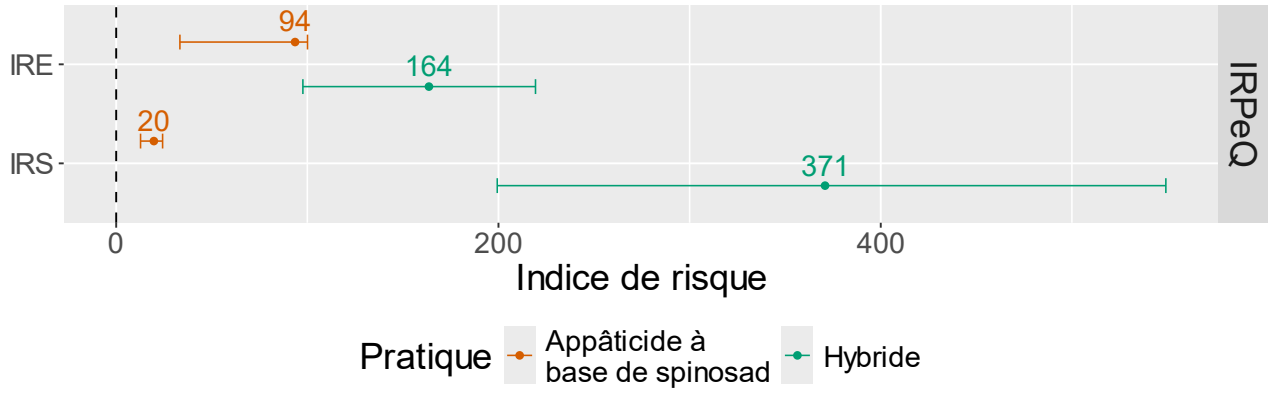

Figure 8 - Indices de risque (mouche)

Les entreprises préconisant l'appâticide ont un IRE plus faible (94) que les entreprises hybrides (164). De même, elles présentent un IRS médian très faible (20), tandis que les entreprises hybrides affichent un IRS beaucoup plus élevé et plus variable (371). Cela reflète assurément une exposition accrue aux intrants chimiques dans les systèmes hybrides, qui augmenteraient le risque pour la santé humaine.

Les entreprises du groupe appâticide se démarquent par des indices significativement plus faibles, suggérant des pratiques plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. À l'inverse, les entreprises hybrides, bien que potentiellement plus performantes en termes de productivité (données non validées ni observées), présentent des risques accrus, tant pour la santé que pour l'environnement.

2) Fongicides à faible IRPeQ

MISE EN CONTEXTE

Les applications de fongicides sont courantes dans les vergers (voir le modèle de la section AirCheck). Certains de ces fongicides ont de faibles IRE et IRS et sont catégorisés comme étant à *impact minimal* dans la PFI. Toutefois, les entreprises vont généralement utiliser une grande diversité de fongicides tant en termes de produit commercial qu'en termes de catégorie d'impact (*faible*, *intermédiaire*, *important*). Les produits non catégorisés par la PFI sont classés comme *intermédiaire* ou *important*.

Parmi les produits à faible IRPeQ, le bicarbonate de potassium (B2K) et les produits à base de soufre et de cuivre sont les plus utilisés. Ces fongicides ont peu de risque de développer des résistances. Parmi cette catégorie de produits, on retrouve les matières actives les plus anciennes et avec une phytotoxicité plus élevée. « *Au moins quatre facteurs importants jouent sur l'efficacité et la phytotoxicité du cuivre : la formulation, la dose, la disponibilité (pH) et le volume d'application* » (Philion, Fiche 50 description des fongicides non sujets à la résistance, 2024).

Les produits « unisites », plus récents et moins toxiques, sont plus sujets au développement de résistances mais résistent mieux au lessivage par la pluie. Ils se distinguent par le spectre des maladies qu'ils peuvent contrôler et leur site d'action sur les champignons. Plusieurs familles de produits ont été développées et elles se distinguent par le spectre des maladies qu'elles peuvent contrôler et le site d'action sur les champignons visés (Philion et al., 2024).

Le ravageur principal ciblé par les applications fongiques est la tavelure, mais quelques applications contre l'oïdium et le chancre sont aussi retenues pour cette technique. La présente analyse vise à comparer les coûts pour les produits à faible IRE et IRS aux coûts des autres produits. Les Tableaux 5 et 6 suivants résument les différentes observations obtenues auprès des producteurs (identifiées par un astérisque*) et dans la littérature concernant les avantages et les risques reliés à la pratique.

Tableau 5 - Avantages et risques pour l'utilisation de fongicides à faible IRPeQ

Avantages	Risques
Indices IRE et IRS faibles*	Pour le bicarbonate de potassium (B2K), la fenêtre d'opportunité pour l'arrosage est courte*
Certains produits ont un coût plus faible à l'achat*	Les produits se délavent facilement*
Ne nécessite pas l'achat de nouvelle machinerie*	L'efficacité des produits est moindre lors d'été pluvieux*
Le délai de réentrée dans le verger est moins long après les applications*	Les nouveaux produits développés sont généralement plus dispendieux*

Tableau 6 - Avantages et risques pour l'utilisation de fongicides à IRPeQ intermédiaires ou élevés

Avantages	Risques
Il existe des produits efficaces pour tous les climats*	Les produits sont plus toxiques pour l'environnement et l'humain*
	Certains produits peuvent exiger des délais de réentrée dans le verger*
	Certains produits peuvent être plus dispendieux*
	La rotation des différents produits devient nécessaire afin d'éviter de créer une résistance aux fongicides*

Il était attendu d'observer une augmentation des interventions avec l'utilisation de produits à *impact faible*, mais notre analyse montre qu'il n'y a pas de relation entre le nombre d'interventions et le pourcentage d'interventions avec des produits à faible IRPeQ (Figure 9). Cela ne signifie pas nécessairement que le remplacement d'un produit à *impact faible* par un produit avec un *impact intermédiaire* ou *important* ne demandera pas une augmentation des applications puisque d'autres facteurs, comme la météo et la tolérance au risque de la tavelure, influencent également le nombre d'interventions.

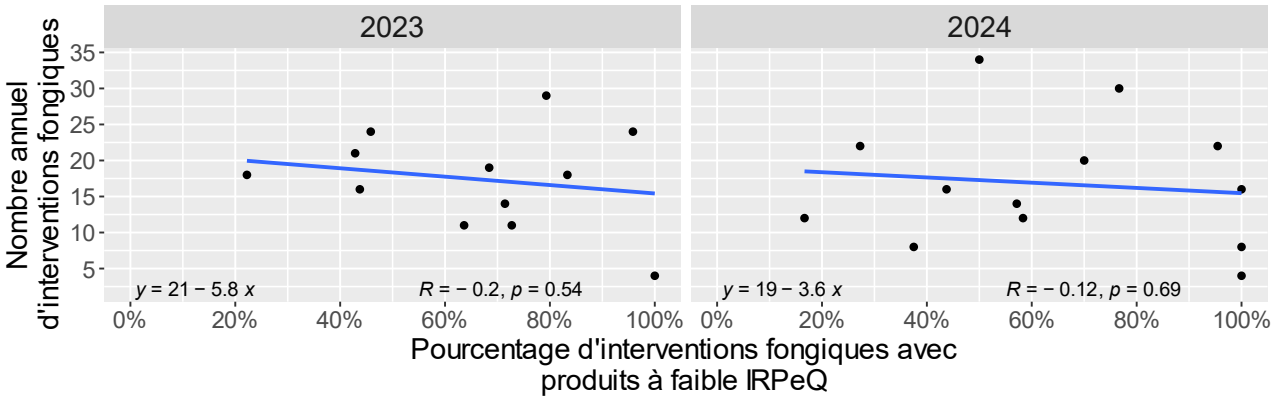

Figure 9 - Relation entre l'utilisation de fongicides à faible IRPeQ et le nombre annuel d'interventions (faible IRPeQ)

DONNÉES ET ANNÉES DU PROJET

Les données proviennent de 46 observations sur les entreprises volontaires collectées durant les années 2023 et 2024. Les entreprises étaient en mesure de fournir jusqu'à quatre observations, soit une par catégorie de risque de produit (faible ou autre) par année. Les informations techniques des deux années sont combinées et les coûts retenus sont ceux pour l'année 2024.

Puisque la majorité des entreprises utilisent une combinaison de produits à faible IRPeQ et conventionnel, l'analyse repose sur la comparaison des interventions avec ces deux catégories de produits. Ainsi, la majorité des entreprises sont présentes dans ces deux catégories. De plus, un troisième groupe, *tous*, est présenté, ce dernier représentant l'ensemble des interventions fongiques peu importe la catégorie de produits.

La Figure 10 présente les superficies pulvérisées annuellement par type de produits. Ces dernières varient beaucoup puisque les entreprises et le nombre d'interventions avec chacune des catégories diffèrent entre les entreprises. Ce sont toutefois les produits à faible IRPeQ qui ont été pulvérisés sur les plus grandes superficies. La superficie exploitée médiane est de 4,9 ha.

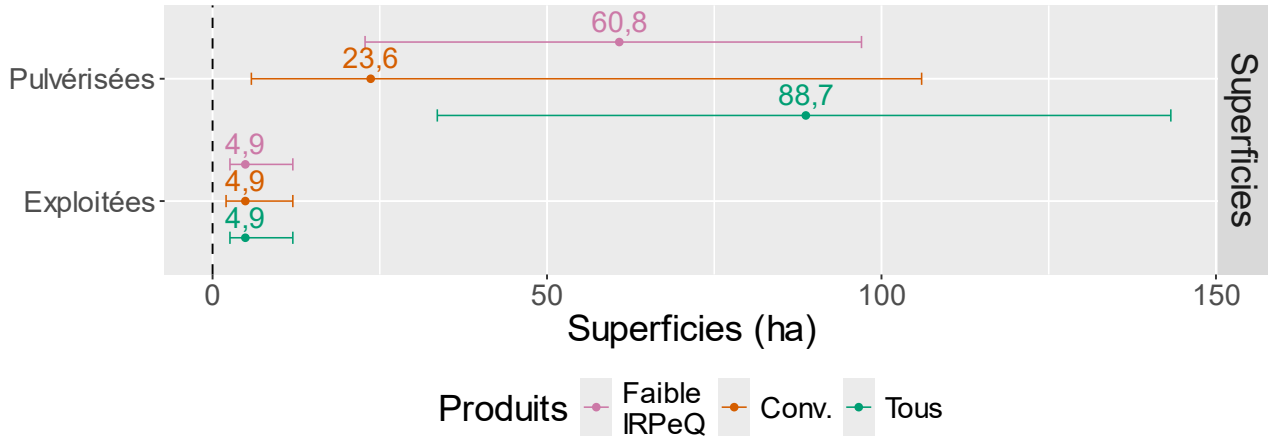

Figure 10 - Superficies traitées et exploitées des vergers (faible IRPeQ)

OPÉRATIONNALISATION

À noter que les figures de temps et de coût (Figures 11, 12, 13 et 14) présentent l'information par ha verger/intervention, soit que le coût annuel d'une entreprise est divisé par la superficie exploitée de l'entreprise puis par son nombre d'interventions annuelles. Cela permet de comparer le coût des interventions. De plus, pour cette technique uniquement, une intervention est définie par un traitement à une date donnée, contre un ravageur avec une catégorie de produit. Ainsi, une pulvérisation avec un mélange de produits à faible IRPeQ est considérée comme étant une seule intervention alors qu'une pulvérisation avec un mélange de produits à faible IRPeQ et conventionnel est considérée comme étant deux interventions. Cet ajustement est nécessaire pour comparer les deux groupes.

Le temps de préparation et de passage est plus court pour les interventions utilisant des produits conventionnels (Figure 11). En particulier, le temps de passage est plus court avec ces produits, soit 0,29 h/ha verger/intervention. Cela peut être causé par une pulvérisation partielle des vergers avec des produits qui ne sont pas à faible IRPeQ. En effet, l'approche retenue pour l'analyse repose sur l'hypothèse qu'une intervention sert à protéger l'ensemble du verger. Cet élément peut influencer ce résultat, mais ne l'explique pas en totalité, car c'est l'ensemble de l'étendue pour le temps de passage de produits conventionnels qui est plus faible. Ainsi, le temps total médian d'une intervention à faible IRPeQ est plus long que celui d'une intervention avec des produits conventionnels (0,54 et 0,34 h/ha verger/intervention respectivement).

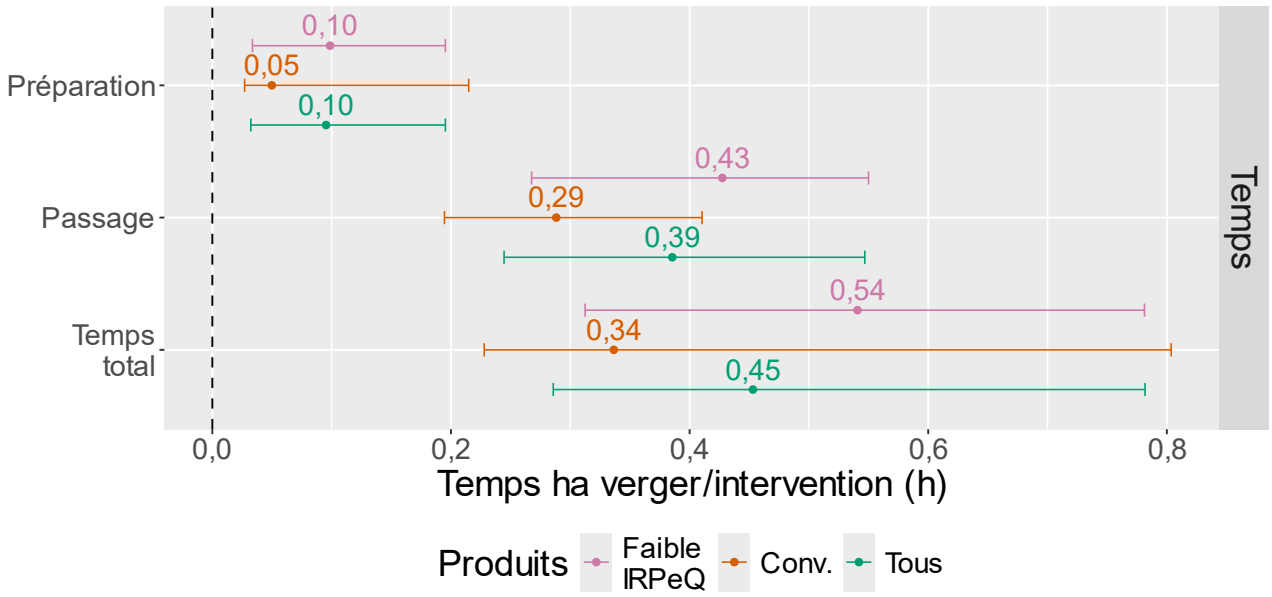

Figure 11 - Temps de préparation et d'opération (faible IRPeQ)

CHARGES D'INTRANTS ET DE MACHINERIE

Il existe une grande diversité de fongicides utilisés dans les vergers. La Figure 12 présente le coût médian en matière active par ha verger d'intervention. Les matières actives dans le groupe « Autres » sont présentées à l'Annexe 3. Les indices de risques sont calculés sur les produits commerciaux, alors que certaines matières actives sont présentes dans plusieurs produits. Ainsi le captane et le cuivre sont les matières actives de plusieurs produits commerciaux, certains étant à faible IRPeQ alors que d'autres sont à impact *intermédiaire* ou *important*. Pour certaines matières actives, tous les produits utilisés par les entreprises participantes sont classés dans le même groupe, ainsi le bicarbonate de potassium et le soufre n'ont de valeurs que pour le groupe faible IRPeQ, alors que le folpet et le mancozèbe n'ont de valeurs que pour le groupe conventionnel.

Les étendues reflètent les variations entre les doses observées dans les études de cas. Pour la majorité des matières actives, le coût en intrant des interventions avec des produits à faible IRPeQ est plus faible, à l'exception du captane et du cuivre. Toutefois, ces matières actives comprennent des produits commerciaux différents.

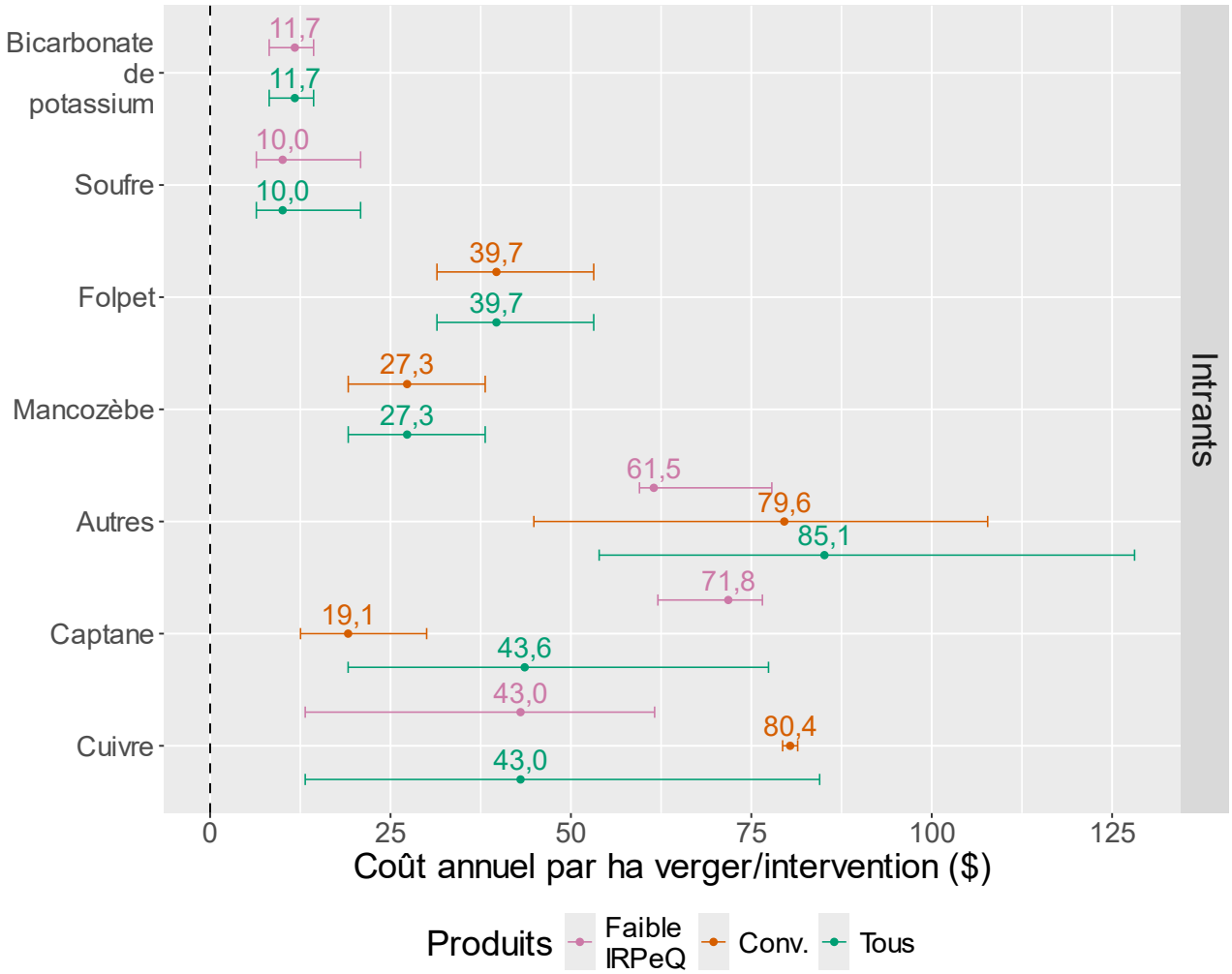

Figure 12 - Charges d'intrants par hectare verger (faible IRPeQ)

La machinerie utilisée pour les pulvérisations est généralement la même lorsqu'une entreprise applique des fongicides à faible IRPeQ ou conventionnels. La Figure 13 présente toutefois des valeurs médianes et des étendues différentes pour les deux groupes de fongicide. Ces variations sont causées par les variations observées entre les entreprises. En effet, certaines entreprises étant intervenues uniquement avec des produits à faible IRPeQ sont de plus petite taille et leurs frais de machinerie sont alors répartis sur de plus petites superficies, le coût par hectare verger est alors plus élevé.

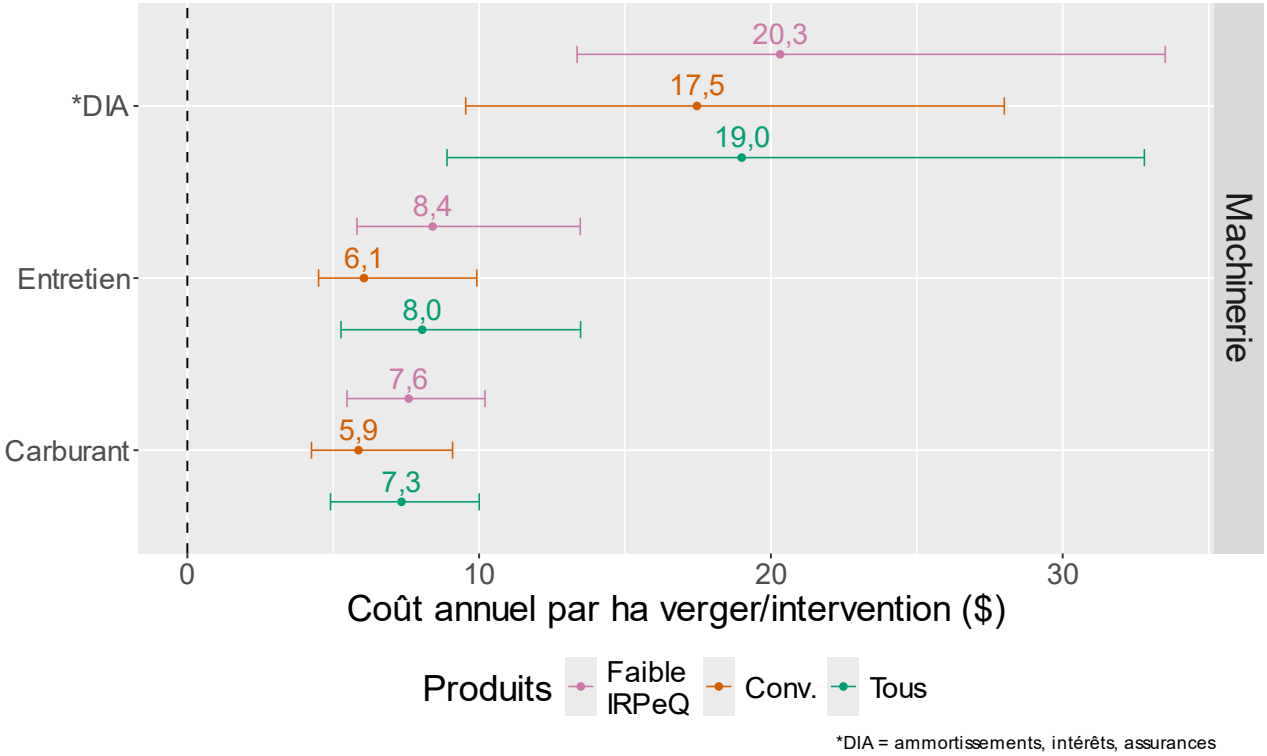

Figure 13 - Charges de machinerie par hectare verger (faible IRPeQ)

Reprenant les constats précédents, le sommaire présenté à la Figure 14, montre que de manière générale une intervention avec des produits à faible IRPeQ est moins dispendieuse qu'une intervention avec des produits conventionnels. Toutefois, le croisement des étendues pour le coût total indique que cette relation peut être inversée dans certains cas.

Figure 14 - Sommaire des charges par hectare verger (faible IRPeQ)

Sans surprise, les résultats de la Figure 15 montrent que les produits à faible IRPeQ affichent des IRE et IRS relativement faibles et semblent offrir un avantage notable en termes de réduction du risque annuel. En effet, les produits conventionnels présentent un IRS médian élevé, atteignant 296.

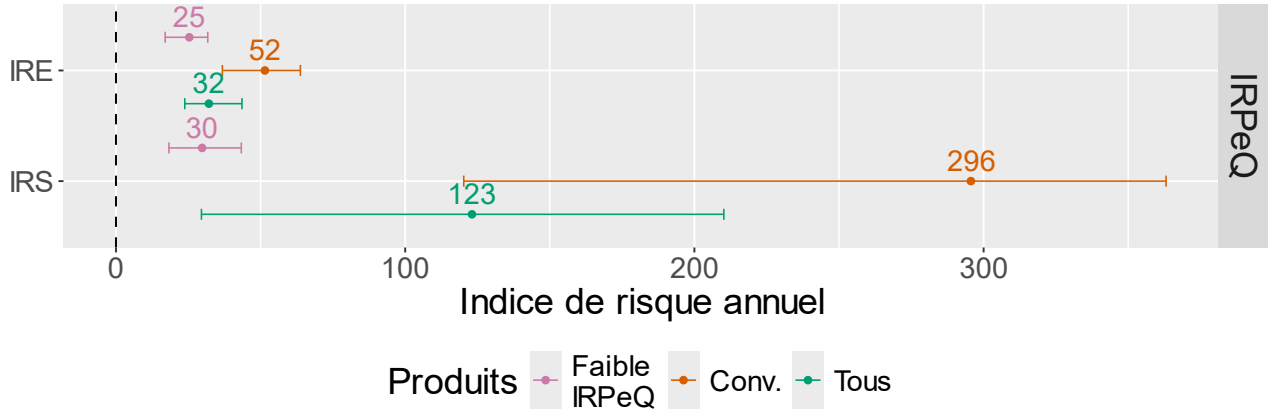

Figure 15 - Indices de risque (faible IRPeQ)

3) Confusion sexuelle contre le carpocapse

MISE EN CONTEXTE

Cette pratique consiste à placer des diffuseurs en haut des arbres pour libérer des phéromones sexuelles dans le verger. Dans un environnement saturé en phéromones, les carpocapses mâles et femelles ont du mal à se retrouver pour s'accoupler. Cette technique de lutte contre le carpocapse de la pomme permet de réduire le nombre d'applications d'insecticides dans les vergers, diminuant ainsi les risques pour l'environnement et la santé (Larose et al., 2023).

En 2024, le secteur pomicole a été soumis à une réduction de l'aide aux agriculteurs par l'entremise du Programme Prime-Vert[5] (volet 1) pour l'achat des diffuseurs ISOMATE® CM/OFM TT. Avant 2024, la subvention était de 90 % et en 2024 elle a été réduite à 70 %.

Selon certains experts du secteur, certains producteurs ont envisagé d'arrêter d'utiliser ces diffuseurs en 2024 en raison de la réduction de la subvention. Les recommandations étaient de réduire à 350 diffuseurs par hectare (au lieu de 500/ha) pour les vergers utilisant cette technique depuis plus de trois ans[6]. Dans les cas appropriés, la protection reste très efficace, car les populations de carpocapse sont à leur minimum. Les tableaux suivants (7 et 8) résument les observations issues du projet (identifiées par un astérisque*) et de la littérature.

Tableau 7 - Avantages et risques pour la technique confusion sexuelle

Avantages	Risques
Produit efficace*	Le coût s'avère élevé sans subvention*
Faible toxicité pour l'environnement et l'humain*	Dois être fait après la taille*
Le nombre à installer peut être diminué lorsqu'utilisé pendant plus de deux années consécutives*[6]	
Peut être installé par des employés supervisés ou certifiés*	
Subventionné jusqu'à 70 %[7]	
Peut permettre de répartir la charge de travail durant la saison*	

Tableau 8 - Avantages et risques pour la technique sans confusion sexuelle

Avantages	Risques
S'intègre bien dans la stratégie globale de pulvérisation*	Indices IRE et IRS plus élevés
Il existe des produits certifiés biologiques*	Il faut faire attention au développement de résistances aux produits*

[5] Voir : https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/sous-volets/Pages/Volet-1.aspx
[6] Sous recommandation agronomique
[7] Une bonification de 15 % du taux d'aide financière peut s'appliquer pour certaines clientèles

DONNÉES ET ANNÉES DU PROJET

Les années considérées pour cette analyse sont 2023 et 2024. Les études de cas ont permis d'obtenir 17 observations sur 2 ans pour la méthode utilisant les diffuseurs et de 6 observations pour la méthode conventionnelle utilisant la pulvérisation.

En plus d'utiliser les diffuseurs pour traiter la totalité de leur superficie de verger, certaines entreprises effectuent également quelques pulvérisations pour contrôler le carpocapse. Étant donné que l'utilisation de la pulvérisation est très marginale, les données recueillies pour cette pratique n'ont pas été retenues. L'utilisation de la médiane implique que la valeur 0 est retenue pour certains postes.

La Figure 16 montre les superficies traitées avec des diffuseurs et celles traitées par pulvérisation de pesticides. Pour la méthode utilisant des diffuseurs, 7 hectares ont été traités sur une superficie cultivée de 11,4 hectares de verger. En ce qui concerne la méthode de pulvérisation, 2,3 hectares ont été pulvérisés sur une superficie exploitée de 2 hectares de verger. L'écart entre ces deux valeurs s'explique par le fait que, pour l'une des deux années, une des entreprises étudiées couvrait environ 60 % de sa superficie de verger avec des diffuseurs. Nous avons observé un nombre d'interventions variant entre 1 et 2 avec l'approche avec pulvérisations (données non montrées).

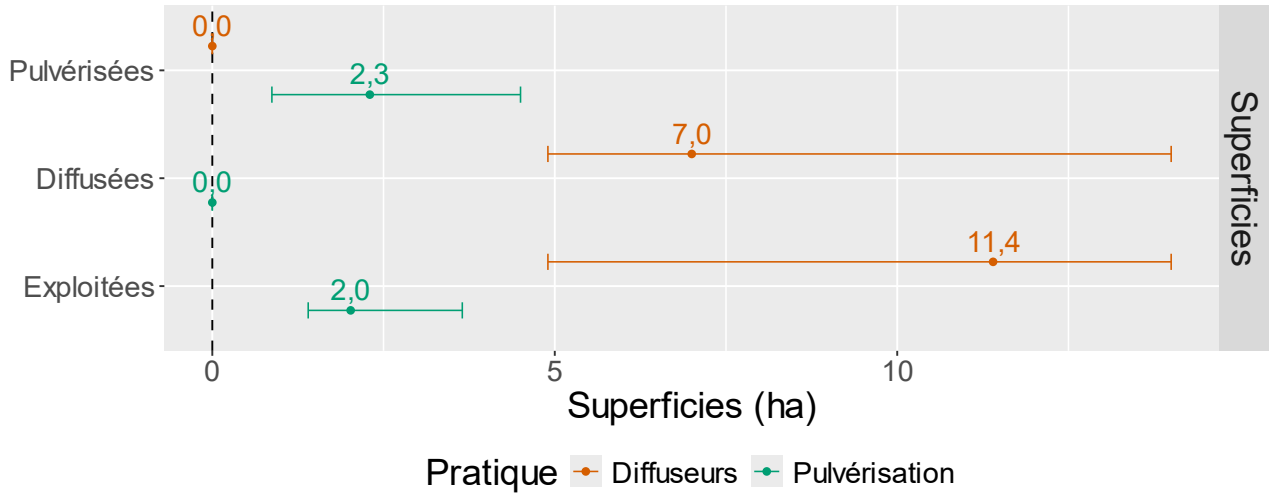

Figure 16 - Superficies des pratiques Diffuseurs et Pulvérisation (confusion)

OPÉRATIONNALISATION

La Figure 17 ci-dessous affiche un temps de 5,8 h/ha verger pour la pose des diffuseurs. Selon la littérature, le temps de pose avoisine les 3 heures par hectare pour une personne (Larose & al., 2023). Les observations recueillies montrent donc un temps deux fois supérieur à celui décrit par les chercheurs de l'IRDA. Les données recueillies ne permettent pas d'expliquer ou d'interpréter cet écart.

Pour la méthode de pulvérisation, le temps nécessaire à la préparation de la bouillie (0,3 h/ha) et à la pulvérisation elle-même (0,6 h/ha) est beaucoup moins important que celui requis pour l'installation des diffuseurs (5,8 h/ha). Le Tableau 7 présente toutefois plusieurs avantages de l'utilisation des diffuseurs. De plus, cette pratique peut permettre de répartir la charge de travail pendant la saison de production.

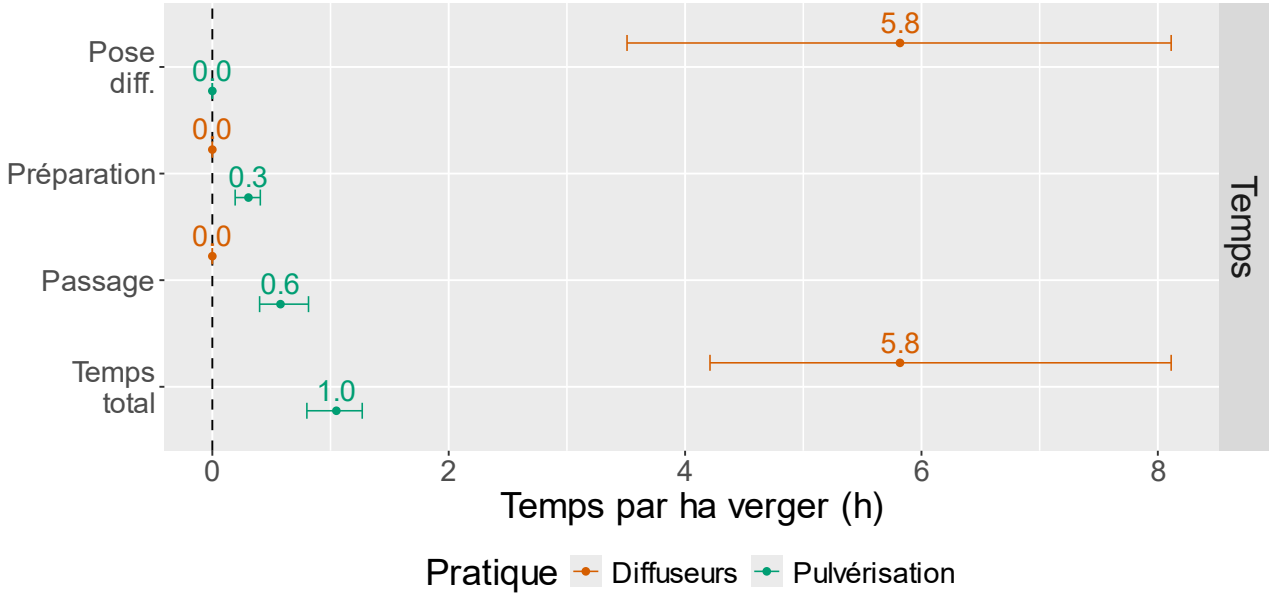

Figure 17 - Temps des activités pose, préparation et passage (confusion)

CHARGES D'INTRANTS ET DE MACHINERIE

La Figure 18 montre le coût annuel par hectare de verger pour deux catégories de dépenses : les intrants utilisés et les frais liés à l'utilisation de la machinerie. La méthode utilisant les diffuseurs présente un coût annuel médian des intrants de 156 $/ha après subventions (519 $/ha avant subvention). Cette méthode est plus coûteuse que la pulvérisation conventionnelle, qui affiche un coût des intrants de 119 $/ha.

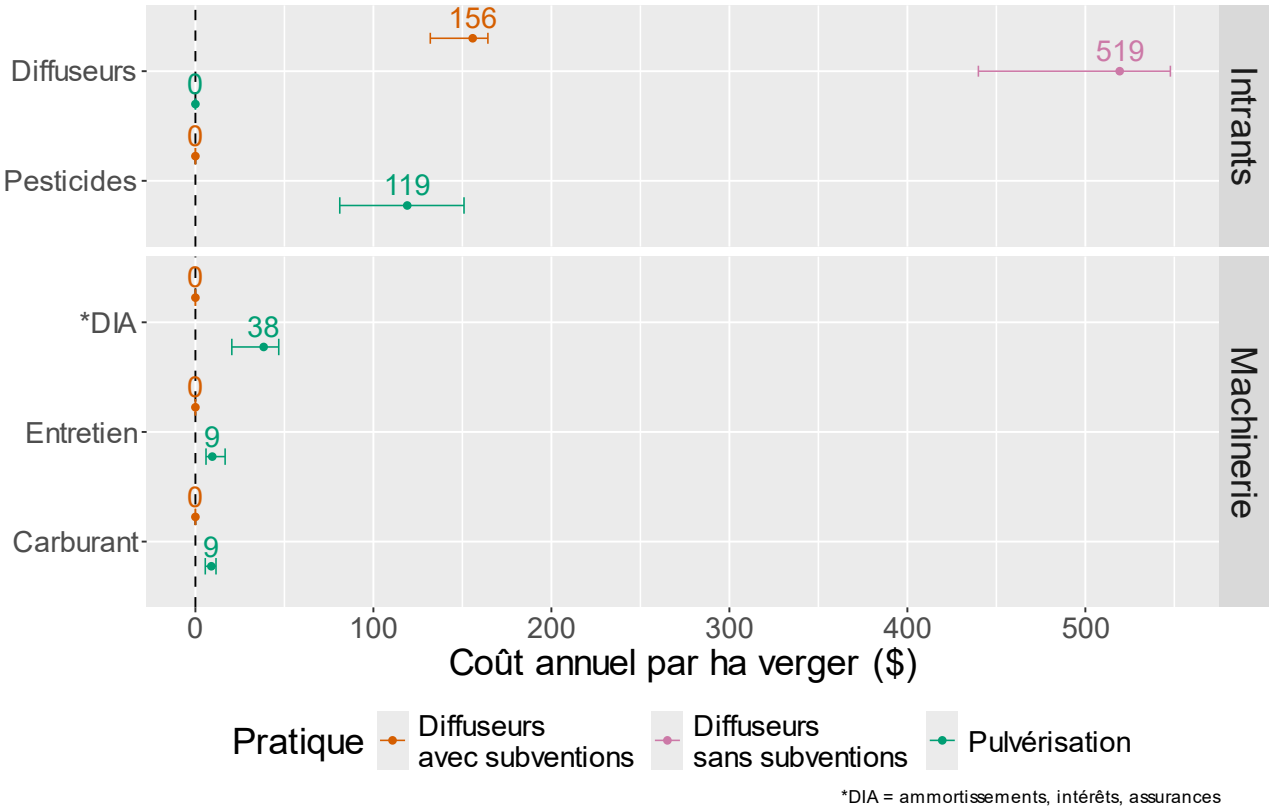

Figure 18 - Coût annuel des intrants et de la machinerie (confusion)

Cependant, en tenant compte des coûts d'utilisation de la machinerie, la méthode de pulvérisation devient moins avantageuse. En effet, les frais de dépréciation, intérêts et assurance (DIA) s'élèvent à 38 $/ha, tandis que les coûts d'entretien et de carburant sont de 9 $/ha chacun.

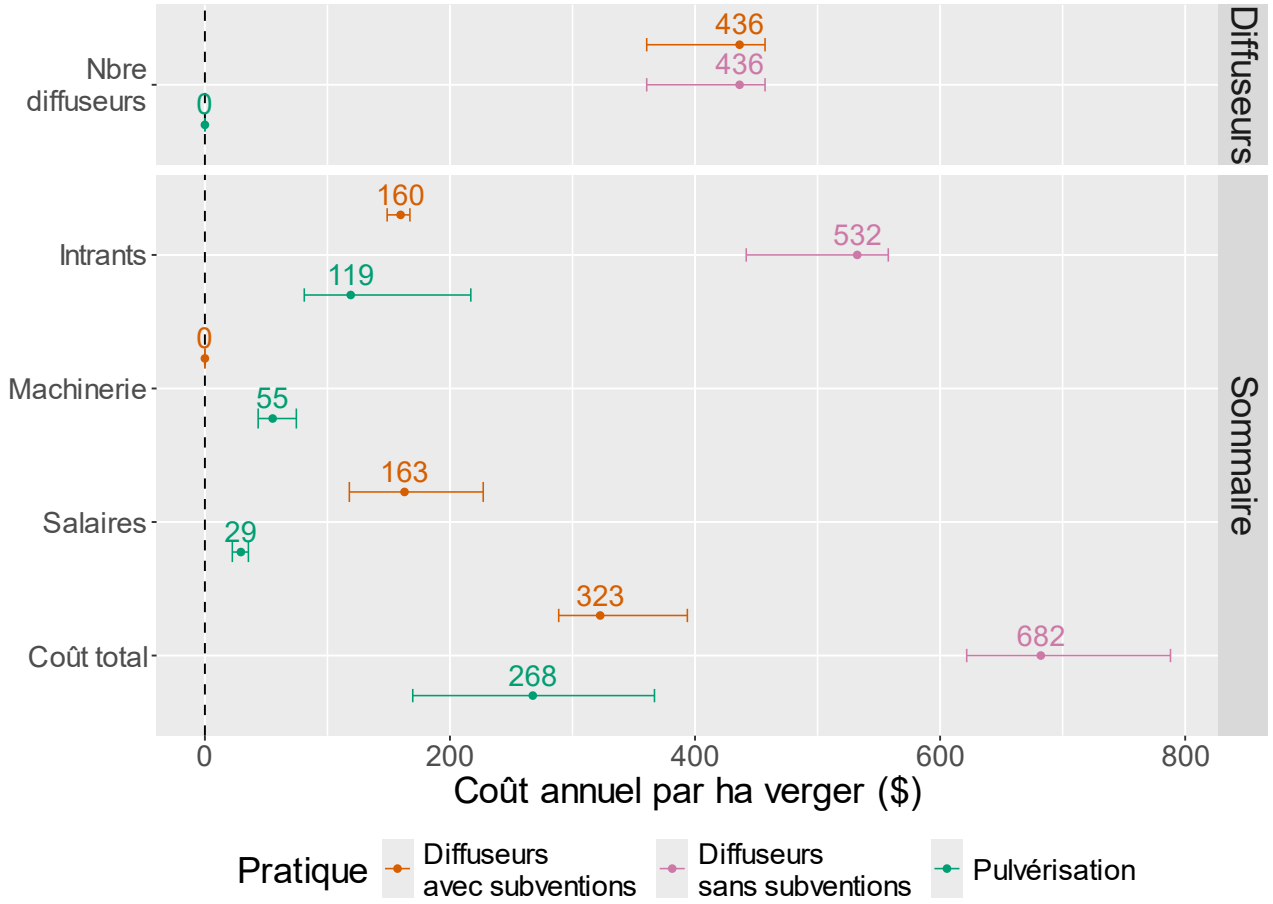

Figure 19 - Sommaire des charges par ha verger (confusion)

La Figure 19 montre le nombre de diffuseurs utilisés pour cette méthode (médiane de 436 diffuseurs par producteur dans l'échantillon). Elle présente également le coût total des deux approches. On remarque que les coûts des intrants pour la méthode avec diffuseurs sont légèrement supérieurs dans la Figure 18 par rapport à la Figure 17. Cela s'explique par la présence de coûts de pesticides dans la méthode avec diffuseurs, qui sont à 0 (médiane) dans la Figure 17, mais qui affectent le calcul de la médiane à la Figure 18. Ainsi, après les subventions (70 %), la méthode avec diffuseurs affiche un coût médian de 323 $/ha de verger, contre 268 $/ha de verger pour la méthode de pulvérisation, sans tenir compte des gains de productivité ou de qualité du produit final, ni des effets à long terme sur l'environnement et la santé.

INDICES DE RISQUE POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

La Figure 20 présente l'indice de risque relié à l'utilisation de chacune des pratiques. La méthode des diffuseurs ne présente aucun risque pour l'environnement et la santé.

Pour la méthode de pulvérisation, l'IRE médian est de 78 et l'IRS médian est de 104. La grande variabilité des indices est causée par la variabilité entre les produits utilisés. Selon les données observées, bien que cette méthode utilise des pesticides, les indices de risque présentés dans la Figure 20 semblent relativement faibles, mais restent évidemment supérieurs à ceux de la méthode avec diffuseurs, qui ne présente aucun indice IRE ou IRS.

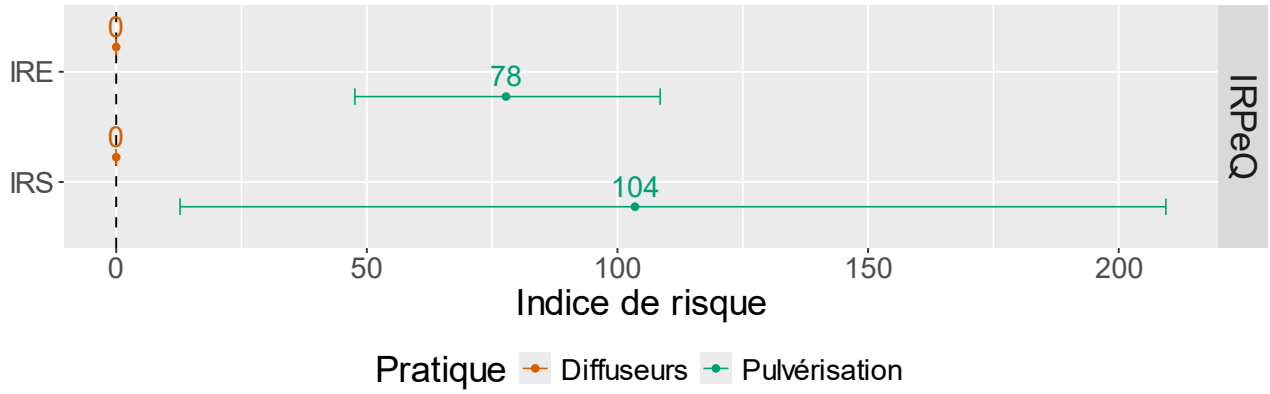

Figure 20 - Indice de risque (confusion)

4) Désherbage mécanique

MISE EN CONTEXTE

Le désherbage permet la gestion des mauvaises herbes. Il est important à effectuer surtout dans le cas des jeunes pommiers puisqu'ils ont un système racinaire peu développé et ne peuvent pas bien faire compétition, pour l'eau et les minéraux, avec les mauvaises herbes avoisinantes (Larose et al., 2023). Le désherbage mécanique est une technique qui consiste à lutter contre le développement des adventices levées à l'aide d'outils mécaniques.

Cette méthode de lutte mécanique peut être envisagée comme une méthode alternative au désherbage chimique, afin de réduire l'utilisation des herbicides. Il existe une variété d'outils pour effectuer un désherbage mécanique. Nous pouvons citer : les sarcleurs à doigt, les sarcleurs rotatifs à lame, les sarcleurs rotatifs à dent, les sarcleurs rotofil, etc. (Giroux, 2019).

Le Tableau 9 présente quelques avantages et risques obtenus auprès de deux producteurs (identifiées par un astérisque*) et dans la littérature (Larose et al., 2023).

Tableau 9 - Avantages et risques du désherbage mécanique

Avantages	Risques
Ne nécessite pas l'utilisation de produits chimiques*	Coût d'acquisition élevé du désherbeur mécanique*
Pas d'effet IRE et IRS	Frais annuels du désherbeur mécanique* (DIA, entretien)
Pas de risque de phytotoxicité pour les jeunes arbres*	Nécessite plusieurs passages* (3 à 5)
Un tracteur de petit format peut être utilisé (30 HP)	Temps de passage plus long* (3 à 4 fois plus de temps que le désherbage chimique)
Large diversité d'outils mécaniques	Coûts d'opération plus importants* (main-d'œuvre, carburants et lubrifiants)
Bonne acceptabilité sociale	Un risque d'endommager les fruits ou les branches des cultivars à branches tombantes (exemple : Cortland)
Avantages agronomiques (réduction de l'évaporation de l'eau, engrais vert pour le sol)	Prévoir une bonne taille pour éviter des dommages aux arbres
Efficacité du désherbage mécanique (un essai concluant déjà réalisé par l'IRDA)	Pas adapté à tous les types de plantation (canopée large, racine aérienne, porte-greffe surdimensionné)
	Pas adapté à tous les types de sol (exemple : sols rocheux avec un dispositif rotofil)
	Le système d'irrigation au sol doit être adapté (exemple : à une hauteur plus élevée que le niveau habituel)
	Choix de l'équipement à faire selon les besoins du producteur et les conditions de l'exploitation

ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DU DÉSHERBAGE MÉCANIQUE

CHOIX DU DÉSHERBEUR ET MODÉLISATION

Afin de réaliser une évaluation économique du désherbage mécanique et compte tenu du faible nombre d'observations, le CECPA s'est basé sur des données théoriques de référence. Parmi la multitude d'outils mécaniques disponibles et après une enquête effectuée auprès de deux distributeurs au Québec, nous avons retenu un modèle répandu et pour lequel nous avons pu obtenir une soumission.

Il s'agit d'un modèle rotofil adapté pour un porte-outil simple et qui peut être placé à l'avant ou l'arrière du tracteur. L'IRDA avait également adopté un modèle similaire dans le cadre de son projet vitrine[8] sur le désherbage mécanique en pomiculture. Le Tableau 10 résume les principaux paramètres techniques et économiques retenus.

Tableau 10 - Paramètres techniques et économiques retenus pour le désherbage mécanique

	Unité	Valeur
Prix – désherbeur mécanique (incluant le transport)	$	15 000
Puissance retenue – tracteur	HP	75
Consommation diesel – tracteur	l/h	16,30
Ratio pour le lubrifiant	…	1,15
Vitesse moyenne de travail – tracteur	km/h	3,00
Largeur de travail – désherbeur mécanique	m	1,40
Capacité effective – tracteur	ha/h	0,27
Vie utile – désherbeur mécanique	année	10
Vie utile – tracteur	année	15
Superficie moyenne traitée – verger	ha	8,20
Taux d'amortissement – désherbeur mécanique	%	9,50
Taux d'intérêt – désherbeur mécanique	%	4,12
Taux de réparations et entretien – désherbeur mécanique	%	4,00

… Données n'ayant pas lieu de figurer

CHARGES FIXES ET VARIABLES

Sur la base des paramètres techniques et économiques retenus, le désherbage mécanique nécessite un temps de passage d'environ 3,7 heures pour opérer sur une superficie de 1 ha. Cela implique un coût en carburant et lubrifiants de 105 $/ha traité et un coût de main-d'œuvre de 103 $/ha traité. L'achat d'un désherbeur mécanique engendre des investissements en équipements. Avec la méthode de calcul DIRTA (CRAAQ, 2021), nous avons déterminé les coûts annuels de possession du désherbeur mécanique. En effet, la méthode DIRTA (dépréciation, intérêt, réparation, taxes, assurances) permet d'estimer les frais fixes annuels d'un bien selon sa vie économique en se basant sur la dépréciation du bien (amortissement), les frais d'intérêts payés pour l'emprunt, les réparations et les entretiens nécessaires durant toute la vie du bien, les taxes et les assurances. Ainsi, nous obtenons un coût annuel en équipements estimé à environ 2 700 $.

Puisqu'il s'agit de coûts fixes qui se répartissent sur l'ensemble de la superficie et considérant une superficie moyenne de 8,2 ha pour les vergers, nous obtenons un coût annuel de possession en équipements de 329 $/ha verger.

En considérant les frais en carburant et en lubrifiants, en main-d'œuvre pour quatre passages ainsi que les frais fixes liés au désherbeur mécanique, le coût annuel pour le désherbage mécanique est

[8] Voir la vidéo de l'IRDA sur les pratiques à moindre risque, épisode 4 : le désherbeur mécanique. https://www.youtube.com/watch?v=b8FV7PIzgRU

estimé à 1 161 $/ha verger. Avec une subvention pour l'acquisition du désherbeur, le coût annuel est d'environ 898 $/ha verger.

En dépit des avantages environnementaux et sanitaires, le désherbage mécanique s'avère plus coûteux comparativement au désherbage chimique, puisqu'il nécessite des investissements en équipements et également des coûts d'opération plus élevés. En effet, il demeure environ six fois plus coûteux comparativement au désherbage chimique médian (190 $/ha verger).

5) Prévention de la tavelure

MISE EN CONTEXTE

La tavelure, causée par le champignon Venturia inaequalis, est une maladie fréquente et problématique pour les pommiers. Elle se manifeste par des taches noires ou brunes sur les feuilles, les fruits et parfois les rameaux, compromettant la qualité des pommes. Le champignon prolifère principalement pendant les périodes humides et fraîches du printemps, entre le débourrement et la nouaison (IRDA, 2024).

Pour limiter ou contrôler son incidence, des stratégies préventives basées sur des pratiques culturales adaptées sont recommandées. Par exemple, le nettoyage du verger, qui consiste à ramasser et détruire les feuilles tombées à l'automne, réduit les substrats où le champignon peut hiverner. Cette méthode, également appelée broyage dans ce projet, vise à accélérer la décomposition des feuilles. Les producteurs utilisent souvent des broyeurs pour broyer les résidus de culture (branches et feuilles). Ces équipements, parfois dotés de balais pour ramener les feuilles près des troncs, doivent généralement être conçus par les producteurs eux-mêmes ou fabriqués par des mécaniciens indépendants, faute de modèles commerciaux disponibles.

D'autres pratiques, non approfondies dans cette analyse, comme la taille des arbres et une gestion adaptée de leur densité, favorisent l'aération de la canopée et limitent la propagation du champignon. Le drainage du sol pourrait également contribuer à réduire les risques. Par ailleurs, l'application d'urée est connue pour accélérer la décomposition des résidus végétaux et peut être combinée au broyage pour en améliorer l'efficacité. Ces dernières n’ont pas été considérées dans les prochaines analyses compte tenu de l’absence ou du faible nombre d’observations dans le projet.

En cas d'infestation majeure ou difficile à contrôler, des traitements chimiques s'avèrent nécessaires. Cependant, l'efficacité globale repose sur une combinaison de méthodes préventives et curatives. La section suivante expose les coûts totaux associés observés à ces stratégies pour un producteur de pommes, soit le broyage des feuilles et les arrosages chimiques. Le Tableau 11 résume les différentes observations obtenues auprès des producteurs (identifiées par un astérisque*) et dans la littérature (IRDA et AGRINOVA, 2013).

Tableau 11 - Avantages et risques des techniques de prévention de la tavelure

Avantages broyage	Risques broyage
Un passage par année si Eliminae™	Le coût du nouvel équipement*
Peut être effectué en même temps que le broyage des branches*	Équipement non disponible commercialement*
Aide à réduire l'intensité du ravageur	Peut nécessiter un tracteur plus fort si Eliminae™
	Nécessite des pulvérisations de pesticides*
Avantages fongicides	**Risques fongicides**
Les produits sont efficaces*	Certains produits sont néfastes pour l'environnement et l'humain*
Ne nécessite pas de nouvel équipement*	Faire une rotation de produit pour réduire les résistances*

DONNÉES ET ANNÉES DU PROJET

Le nombre total d'observations collectées sur 2 ans est de 6 pour la méthode par broyage et de 12 pour la méthode par arrosage. Le nombre de passages et la superficie des vergers varient entre les deux années en raison des différents producteurs impliqués pour chaque pratique. Par conséquent, les superficies traitées en hectares varient également d'une année à l'autre.

Pour les deux pratiques cumulées sur deux ans, la Figure 21 montre les différences de superficies entre les entreprises observées, tandis que la Figure 22 présente les passages. Sur la base de la médiane de l'échantillon, les entreprises pratiquant le broyage des feuilles exploitent généralement des superficies plus vastes que celles utilisant la pulvérisation.

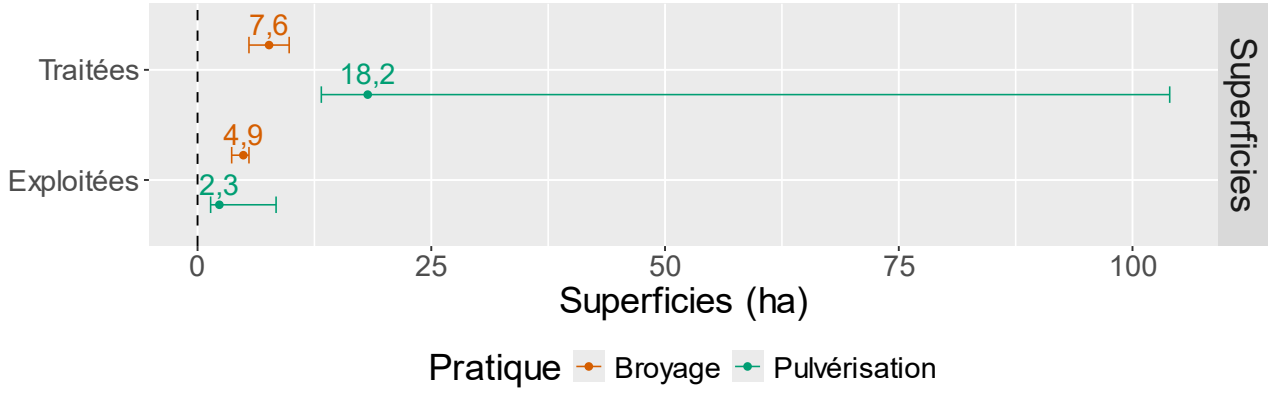

Figure 21 - Superficies traitées et exploitées des vergers (tavelure)

Le broyage, nécessitant normalement moins de deux passages par an, se distingue en termes d'hectares traités par rapport à la pulvérisation. Le nombre médian de passages pour le broyage est de 1,5 par an, bien que plusieurs des producteurs n'effectuent qu'un seul passage par an. Ce résultat est conforme aux recommandations agronomiques et aux observations de terrain, qui préconisent généralement un à deux passages annuels pour un broyage optimal des feuilles.

Pour la méthode par arrosage, la médiane est de 15 passages mais certaines entreprises en font beaucoup plus du double. La pression des ravageurs sur les vergers varie selon les intempéries et l'historique individuel, ce qui explique les variations observées entre les entreprises.

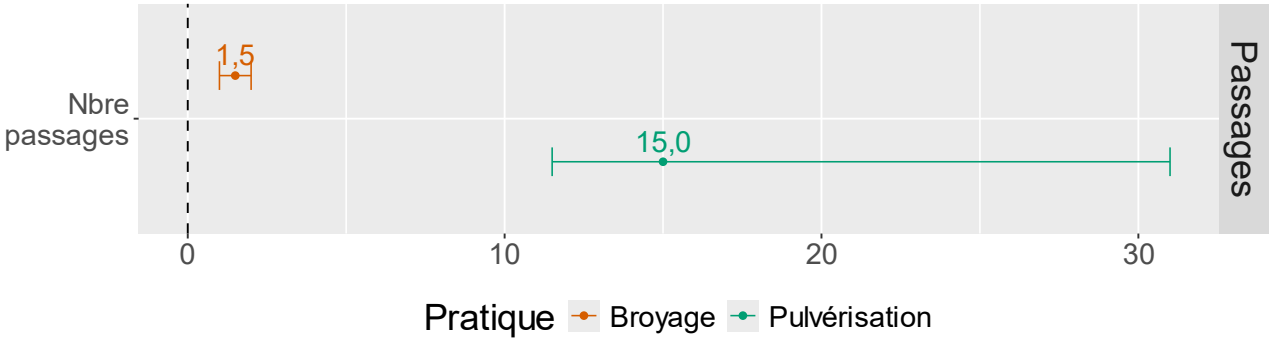

Figure 22 - Nombre de passages pour les traitements (tavelure)

OPÉRATIONNALISATION

Le temps total médian, incluant la préparation de la technique et le passage, est de 6,2 heures par hectare verger pour le broyage et de 9,0 heures par hectare verger pour la pulvérisation. Les paramètres de la Figure 23 montrent une variation importante, sauf pour le temps de préparation du broyage, qui est plus simple et standardisé (aucun mélange de produits, seulement l'attelage). Pour un même producteur, les données sont relativement similaires entre les deux années d'interventions ciblées par le projet (données non montrées).

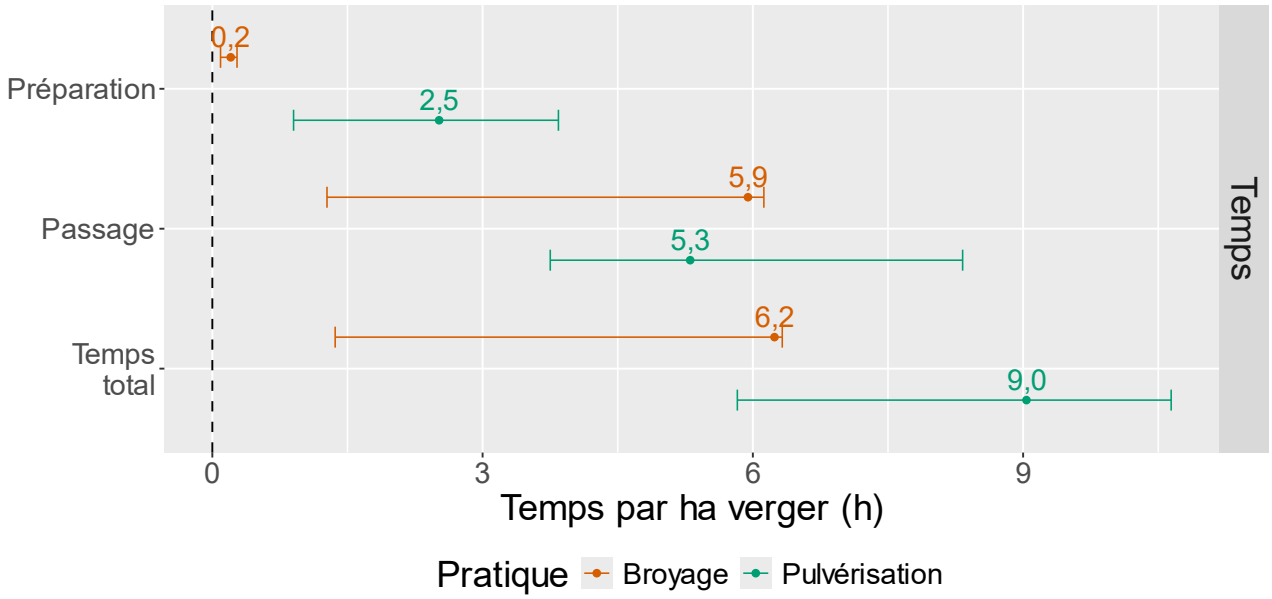

Figure 23 - Temps de préparation et d'opération (tavelure)

Il est à noter que certains producteurs réalisent le broyage en deux étapes distinctes (balai à feuilles puis broyeur), ce qui double le temps nécessaire. Pour certains, l'opération de broyage peut être effectuée plus d'une fois par an, au printemps et à l'automne. En ce qui concerne la pulvérisation, certains producteurs ont dû traiter leurs superficies plusieurs fois en mai, juin et juillet selon les conditions atmosphériques et les atteintes aux arbres observés, ce qui explique les temps de préparation et de passage plus élevés.

CHARGES D'INTRANTS ET DE MACHINERIE

La puissance des équipements employés pour la pratique de broyage varie entre 35 et 75 chevaux-vapeur (HP), comparativement à une variation de 40 et 130 HP avec la méthode des pulvérisations (données non montrées).

La Figure 24 illustre les coûts annuels par hectare de verger selon différents postes de charges : les intrants (produits phytosanitaires), la DIA, l'entretien et le carburant. La pulvérisation est associée à un coût médian de 354 $ pour les intrants, tandis que le broyage ne nécessite aucun produit phytosanitaire. L'objectif de cette section n'est pas de comparer les deux méthodes, mais bien de les isoler pour bien analyser les différentes charges. Au final, les deux méthodes seront additionnées dans un objectif de prévention et de traitement de la tavelure. Le nombre plus élevé de passages pour la pulvérisation et l'utilisation de tracteurs plus puissants augmentent les dépenses liées à la DIA (390 $), à l'entretien (130 $) et au carburant (110 $). L'étendue élevée de la DIA au sein de l'échantillon reflète une grande variabilité entre les observations, principalement due à l'âge des équipements. En effet, plus l'équipement est neuf ou coûteux à l'achat, plus ces postes de charges sont élevés.

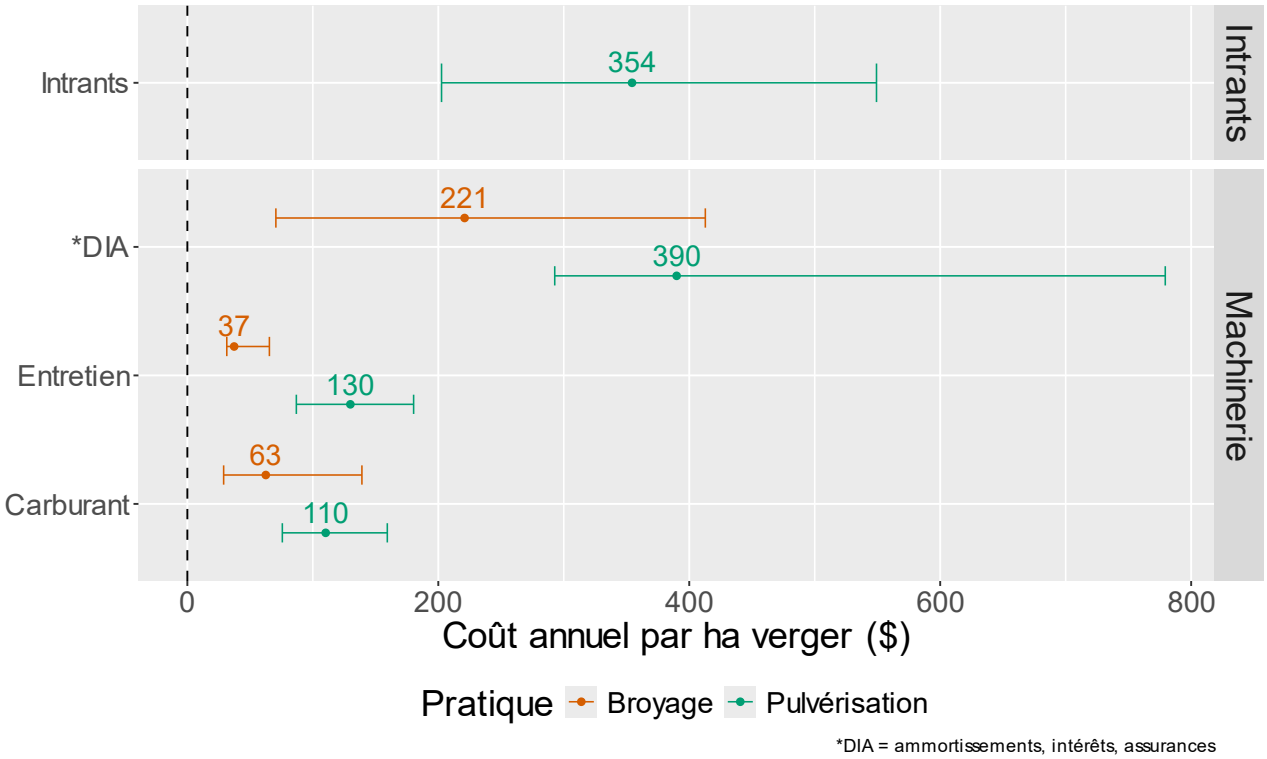

Figure 24 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (tavelure)

En ajoutant les charges salariales, qui sont également liées au temps d'opérations, le coût total médian de la pulvérisation atteint 1 298 $ par hectare de verger, que l'on additionne aux 423 $ pour le broyage (Figure 25) afin de refléter la somme des pratiques nécessaires à la prévention et traitement de la tavelure. Le grand total pour la prévention de la tavelure si le producteur combine le broyage aux arrosages avoisinerait donc les 1 725 $ par hectare verger.

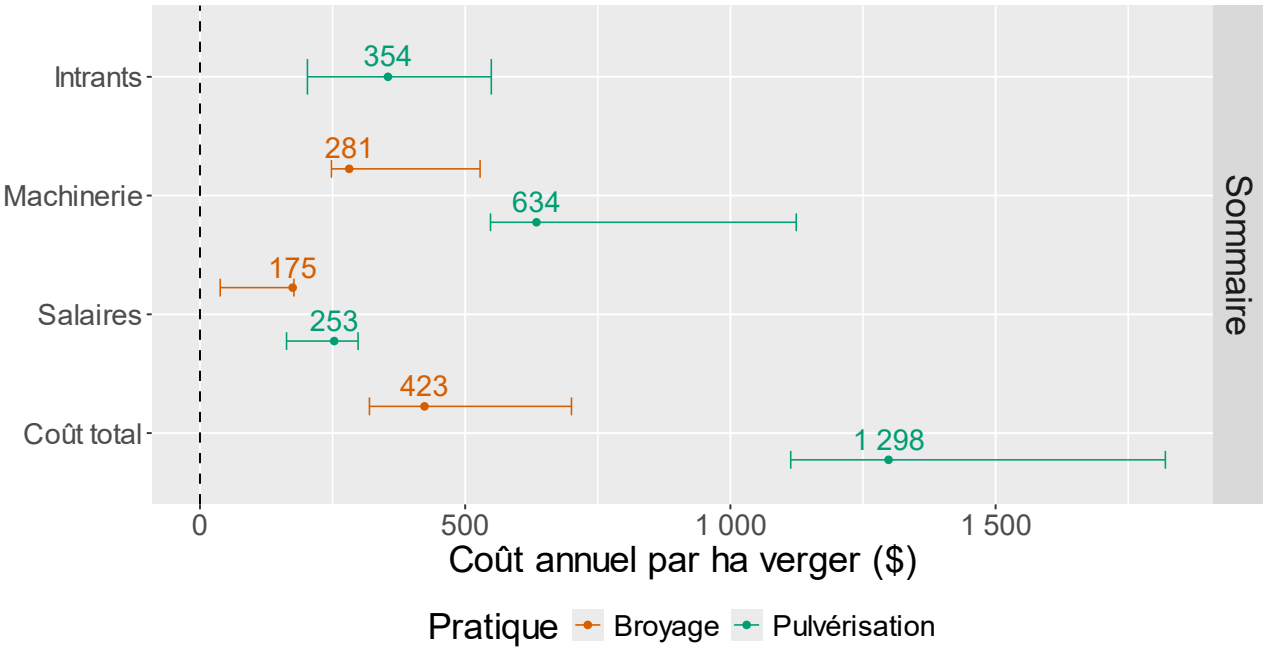

Figure 25 - Sommaire des charges par hectare verger (tavelure)

INDICES DE RISQUE POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Isolés, le balayage et le broyage des feuilles et des résidus ne présentent pas de risque pour la santé et l'environnement, puisqu'aucun produit phytosanitaire n'est utilisé (Figure 26). En revanche, la méthode par pulvérisations entraîne des indices de risque en raison de l'utilisation de produits phytosanitaires, utilisation qui a été plus importante en 2023 qu'en 2024 en raison de conditions météorologiques défavorables. Ainsi, les indices IRE et IRS médians pour les deux années du projet s'élèvent respectivement à 327 et 1 485. Les principaux produits utilisés, par ordre alphabétique, sont les fongicides Follow WDG®, FOLPAN® 80 WDG, Kumulus® DF et MANZATE® PRO-STICK®, représentant près de 60 % des interventions observées dans le projet.

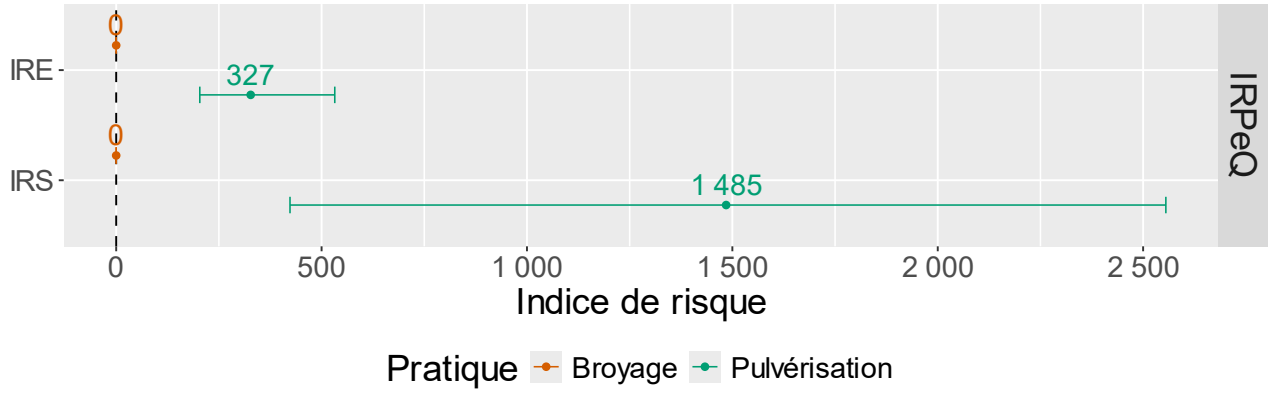

Figure 26 - Indices de risque (tavelure)

6) Pulvérisateur certifié « AirCheck »

ATTENTION!
Entreprises très hétérogènes
Échantillon limité tiré de projets de recherches
Expérimentation de la technique plutôt qu'une utilisation efficace
Utilisation des doses déclarées sans ajustement pour les passages alternés et en bordure

MISE EN CONTEXTE

À noter que l'analyse des observations obtenues pour les pulvérisateurs certifiés est limitée par de sérieuses contraintes. L'échantillon est un regroupement d'études de cas d'entreprises hétérogènes qui expérimentent et développent leur expertise avec ces outils dans un cadre expérimental et non dans un cadre de production. De plus, le calcul des doses repose sur les déclarations des mélanges effectués par les entreprises sans ajustement pour les passages alternés ou en bordure. Il serait peu avisé de généraliser les constats puisque l'outil ne semble pas être utilisé à plein potentiel.

La certification AirCheck est un programme destiné aux pulvérisateurs agricoles, qui vise à garantir que les équipements de pulvérisation répondent à des normes spécifiques d'efficacité et de sécurité. Cette certification offre aux producteurs une assurance quant à la performance de leurs pulvérisateurs, contribuant ainsi à une application optimale des produits phytosanitaires et à la réduction des risques environnementaux et de santé (Larose et al., 2023). Le Tableau 12 présente les commentaires des producteurs de l'étude sur les avantages et les risques liés à l'utilisation des pulvérisateurs.

L'utilisation de pulvérisateurs certifiés AirCheck doit néanmoins tenir compte de diverses conditions environnementales telles que le type de porte-greffe, l'âge des pommiers, les cultivars et l'expérience des opérateurs. Le présent projet vise à documenter l'utilisation des pratiques même si celles-ci ne sont pas optimisées.

Tableau 12 - Avantages et risques pour l'utilisation d'un pulvérisateur

Avantages pulvérisateur AirCheck	Risques pulvérisateur AirCheck
Moins de dérives de produits	Seulement pour les pommiers nains
Application plus uniforme sur la canopée	Dans plusieurs vergers cela nécessite l'utilisation de deux pulvérisateurs
Peut exiger une moins grande révolution du tracteur lors de l'application	
Peut permettre de réduire la quantité de produits appliqués	
Avantages pulvérisateurs traditionnels	**Risques pulvérisateurs traditionnels**
S'adapte à tous les types d'arbres	L'application est inégale sur la canopée

En raison de la taille limitée de l'échantillon étudié, les résultats reposent sur une modélisation des données, présentées dans les Tableaux 13 et 14.

CHARGES DE MACHINERIE

En théorie, les tracteurs devraient présenter des caractéristiques similaires, ce qui est confirmé par nos observations. Toutefois, le coût associé aux pulvérisateurs peut varier considérablement. La certification AirCheck représente une garantie de performance et non un type spécifique d'équipement. Ainsi, dans le cas où un pulvérisateur conventionnel plus équipé serait utilisé, mais avec un coût d'acquisition équivalent, les coûts d'équipement seraient identiques. Il est important de noter que ces estimations reposent sur une modélisation.

Tableau 13 - Coûts d'acquisition et frais annuels pour les types de pulvérisateurs (AirCheck)

Équipements	Coût d'acquisition	Coût d'amortissement	Coût d'intérêt	Coût d'assurance	Coût d'entretien
AirCheck					
Tracteur AirCheck	31 000	1 447	1 038	1 330	644
Tracteur conv.	30 000	1 400	1 005	1 287	623
Conventionnel					
Pulvérisateur AirCheck*	30 000	1 800	1 005	1 287	623
Pulvérisateur conv.	15 000	900	503	644	312

*La certification d'un pulvérisateur existant peut être beaucoup moins dispendieuse.

OPÉRATIONNALISATION

La superficie exploitée retenue est de 9,5 hectares. Théoriquement, le pulvérisateur certifié AirCheck permet une vitesse d'avancement plus rapide qu'un pulvérisateur conventionnel. Cependant, contrairement à ce dernier qui peut couvrir deux rangées à la fois, le pulvérisateur AirCheck doit passer sur chaque rangée, ce qui peut entraîner un temps d'exécution plus long dans certains cas.

Il est important de noter que les équipements étaient en rodage au moment du projet, ce qui rend difficile la généralisation des conclusions en raison de la taille limitée de l'échantillon et de la durée de l'observation. Cela dit, nos observations contredisent les commentaires recueillis : dans notre cas, le pulvérisateur AirCheck s'est révélé nettement plus rapide (Tableau 14). Toutefois, ces résultats pourraient ne pas être représentatifs et pourraient être influencés par la nature spécifique de nos études de cas.

Certaines entreprises ayant adopté des pulvérisateurs AirCheck ont rapporté des temps d'exécution plus rapides par rapport à leurs pulvérisateurs conventionnels, tandis que d'autres ont observé des temps plus lents. Malgré tout, même le temps d'exécution des pulvérisateurs conventionnels de ces entreprises semble généralement plus performant que ceux des autres entreprises sans pulvérisateur AirCheck. Ainsi la structure du verger ainsi que les méthodes de travail semblent aussi être des facteurs importants dans le temps d'opération.

Tableau 14 - Temps de préparation et d'opération (AirCheck)

	AirCheck	Conventionnel
Temps	h/ha verger	h/ha verger
Préparation	1,7	3,6
Pulvérisation	9,9	14,9
Temps total	**11,6**	**18,5**

CHARGES D’INTRANTS ET INDICES DE RISQUES

Le Tableau 15 présente le détail du nombre d'interventions par catégorie de produit. Le nombre d'interventions et les produits ont été sélectionnés pour refléter les observations faites lors des études de cas.

Tableau 15 - Interventions par catégorie de produit (AirCheck)

Catégorie de produit	Matière active	Nombre d'interventions
Acaricide	Huile minérale	2
	Acéquinocyl	1
Bactéricide	Streptomycine	2
Fongicide	Bicarbonate de potassium	4
	Soufre	4
	Folpet	2
	Mancozèbe	2
	Oxychlorure de cuivre (50%)	2
	Difénoconazole et cyprodinil	1
	Pyriméthanil	1
Insecticide	Thiaclopride	2
	Bacillus thuringiensis var. kurstaki	1
	Phosmet	1
Éclaircisseur	Naphtalène	2
	Carbaryl	1

Les indices de risques pour la santé et l'environnement sont calculés en tenant compte de la réduction de dérive pour les pulvérisateurs AirCheck et de la norme pour les modèles conventionnels. En ce qui concerne l'IRPeQ, une limitation existe dans le calcul des IRE et des IRS. SAgE Pesticide utilise le même facteur d'ajustement pour les pulvérisateurs équipés de buses antidérive et pour ceux certifiés AirCheck. Cependant, il serait logique que ce facteur d'ajustement soit plus faible pour les pulvérisateurs AirCheck (M. Larose, communication personnelle, décembre 2024).

Malgré cela, les indices de risques sont plus élevés pour l’AirCheck (Tableau 16), ce qui indique que les doses observées dans les études de cas sont plus élevées que dans les entreprises conventionnelles. Cet effet se reflète également dans les prix. Il est à noter que les doses utilisées sont celles déclarées par les entreprises, et ce, sans ajustement pour les passages alternés ou en bordure.

Tableau 16 - Indices de risque (AirCheck)

	AirCheck	Conventionnel
Indice	Indice/ha verger	Indice/ha verger
IRE	1 008	886
IRS	3 049	2 932

CHARGES COMPLÈTES

Les coûts indiqués au Tableau 17 sont ceux de 2024. Les consommations de carburant sont calculées en fonction de la puissance des tracteurs. Théoriquement, les valeurs de cette variable pour l’AirCheck pourraient être encore plus basses, car la puissance moteur (rpm) pourrait être plus faible, mais cela n’a pas été pris en compte. Le Tableau 17 montre que le coût total par hectare pour l'AirCheck est de 3 188 $, tandis que pour le modèle conventionnel, il est de 3 000 $.

Tableau 17 - Coût par ha/verger (AirCheck)

	AirCheck	Conventionnel
Produits	$/ha verger	$/ha verger
Fongicide	572	449
Acaricide	522	522
Insecticide	251	228
Bactéricide	210	168
Éclaircisseur	92	102
Total produits	1 647	1 469
Machinerie		
DIA	834	605
Carburant	248	309
Entretien	134	99
Total machinerie	1 216	1 013
Total salaires	325	518
Total / ha verger	**3 188**	**3 000**

En résumé, les entreprises observées ont utilisé des doses de produits plus élevées dans le modèle AirCheck, ce qui entraîne un coût plus élevé pour les produits et des indices de risques plus importants. Toutes choses étant égales, il n'est toutefois pas nécessaire d'avoir des doses plus élevées avec un pulvérisateur certifié AirCheck. Conséquemment, avec une utilisation optimale, il serait plutôt attendu d'observer des doses plus faibles et donc des coûts d'intrants plus faibles.

Les tracteurs observés dans les deux modèles étaient d'une valeur équivalente, mais plus puissants pour les producteurs sans AirCheck, ce qui entraîne des coûts de possession similaires, mais des coûts de carburant plus élevés. Les pulvérisateurs observés diffèrent, mais cela n'est pas nécessairement indispensable puisque le AirCheck est une certification basée sur des critères techniques et non un équipement en soi. Le temps déclaré par les entreprises utilisant un AirCheck tend à être plus faible, ce qui influence le modèle de coûts à la baisse. En fin de compte, le coût par hectare de verger est similaire, mais les résultats pourraient différer dans d'autres contextes. En effet, la pression des ravageurs, la tolérance aux risques des producteurs et l'utilisation de l'équipement (optimale ou non) peuvent générer des résultats et des conclusions différentes. Il demeure que les résultats actuels soulignent l'importance de continuer le développement de l'expertise québécoise avec cet outil prometteur aux contextes de production pomicoles variés.

7) Éclaircissage sans carbaryl

MISE EN CONTEXTE

L'éclaircissage des pommiers est une étape essentielle afin d'améliorer le calibre, la qualité et la maturation des fruits. Plusieurs méthodes sont employées pour ce processus, mais nous nous attarderons dans ce projet à l'éclaircissage manuel, chimique avec Fruitone® et chimique avec Sevin®.

L'éclaircissage manuel consiste à retirer à la main les bourgeons, les fleurs et les fruits en surplus afin de les espacer uniformément sur les branches. Cette méthode offre une grande précision et permet de préserver les fruits de meilleure qualité. Cependant, elle est longue et coûteuse en main-d'œuvre. L'éclaircissage mécanique utilise conséquemment des outils mécanisés, tels que des balayeuses ou des peignes, pour secouer les branches et faire tomber les fruits. Cette approche est particulièrement utile pour réduire la charge avant un éclaircissage manuel ou chimique. Les coûts et les particularités techniques de l'éclaircissage mécanique ne seront pas analysés séparément dans le présent rapport compte tenu du faible nombre d'utilisateurs dans le projet. Toutefois les charges sont comptabilisées dans le groupe « sans carbaryl ». L'éclaircissage chimique repose de son côté sur l'utilisation de produits spécifiques comme le Fruitone®, à base d'acide naphtalène acétique (ANA), qui stimule la chute des fruits excédentaires, ou le Sevin® (carbaryl comme ingrédient actif), un insecticide souvent utilisé en combinaison avec le Fruitone®. Cette méthode est rapide et économique sur de grandes surfaces, mais elle est moins précise, comporte des risques de sur ou sous-éclaircissage, et peut avoir des effets négatifs sur l'environnement.

Les analyses suivantes compareront l'utilisation du Fruitone® seul, souvent associée à des éclaircissages manuels ou mécaniques (désignée ici comme la pratique « sans carbaryl »), à l'utilisation prédominante du Sevin® (désignée ici comme la pratique « incluant carbaryl »). Le Tableau 18 résume les différentes observations obtenues auprès des producteurs (identifiées par un astérisque*) et dans la littérature (IRDA, 2023) (Barriault, 2021). Les prochaines analyses ne tiennent pas compte des variétés et de leurs spécificités en termes d'éclaircissage.

Tableau 18 - Avantages et risques des techniques d'éclaircissage

Avantages mécanique sans carbaryl	Risques mécanique sans carbaryl
Effets négatifs moindres sur la santé des travailleurs*	Le coût du nouvel équipement si l'achat d'une machine est privilégié
Effets négatifs moindres sur les insectes bénéfiques*	Effets variables du produit sur l'éclaircissage*
	Effet mitigé de l'éclaircissage mécanique employé seul*
	Coût de main-d'œuvre élevé*
Avantages avec carbaryl	**Risques avec carbaryl**
Effet concret en combinaison avec d'autres produits à base d'hormones végétales	Long délai pour entrer à nouveau dans le verger après l'application*
	Dosage maximal limitant
	Limite du nombre d'applications
	Produits néfastes pour l'environnement et l'humain

DONNÉES ET ANNÉES DU PROJET

L'échantillon étudié comprend 5 études de cas pour la régie sans carbaryl et 6 pour la régie incluant carbaryl, ce qui a permis d'obtenir 17 observations sur 2 ans. Le nombre de passages reste globalement similaire entre les années pour les deux régies, bien qu'il soit légèrement plus élevé en

2023 (données non présentées), ce qui s'explique par des conditions météorologiques nécessitant davantage d'arrosages.

En ce qui concerne la superficie des vergers et les surfaces traitées, elles se révèlent relativement stables, traduisant une certaine constance parmi les participants à ces pratiques dans l'échantillon. Bien que l'ajout ou le retrait d'un producteur d'une année à l'autre puisse influencer les statistiques descriptives, la médiane reste inchangée (Figure 27).

La Figure 27 met en évidence une différence notable entre les deux régies : les entreprises pratiquant la régie sans carbaryl exploitent des superficies nettement inférieures à celles utilisant le carbaryl. En effet, la moyenne (non présentée ici) des hectares de verger est deux fois plus grande pour les entreprises adoptant l'éclaircissage incluant carbaryl.

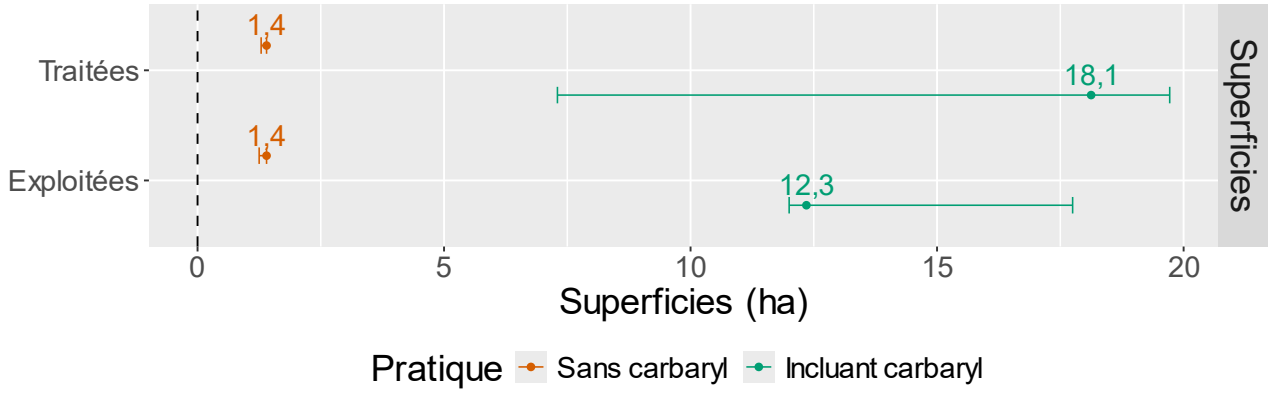

Figure 27 - Superficies traitées et exploitées des vergers (éclaircissage)

La Figure 28 compare le nombre moyen de passages requis pour les deux pratiques d'éclaircissage. À noter que cela représente le nombre de passages dans l'année et non par parcelle. Pour la pratique sans carbaryl, le nombre médian de passages est de deux, avec une faible variation, ce qui reflète une certaine stabilité dans les besoins en passages au sein de l'échantillon étudié. En revanche, la pratique avec carbaryl nécessite un nombre médian de passages de sept, une valeur nettement plus élevée. Cette pratique présente également une variation plus importante, traduisant une plus grande diversité dans les besoins des producteurs interrogés. Cela suggère notamment que les producteurs du groupe avec carbaryl fractionnent leurs interventions sur des sections de vergers alors que les producteurs du groupe sans carbaryl ont de plus petites superficies et peuvent traiter l'ensemble de leur verger. La composition du verger, notamment le nombre de variétés, peut aussi grandement affecter cette donnée.

Ainsi, la pratique avec carbaryl requiert un nombre de passages significativement supérieur à celle sans carbaryl. Cela peut s'expliquer par des exigences spécifiques liées à cette méthode, notamment l'utilisation fréquente du Sevin® en combinaison avec le Fruitone® pour en optimiser l'efficacité, ainsi que pour répondre aux conditions environnementales et aux exigences législatives associées à l'emploi du Sevin®.

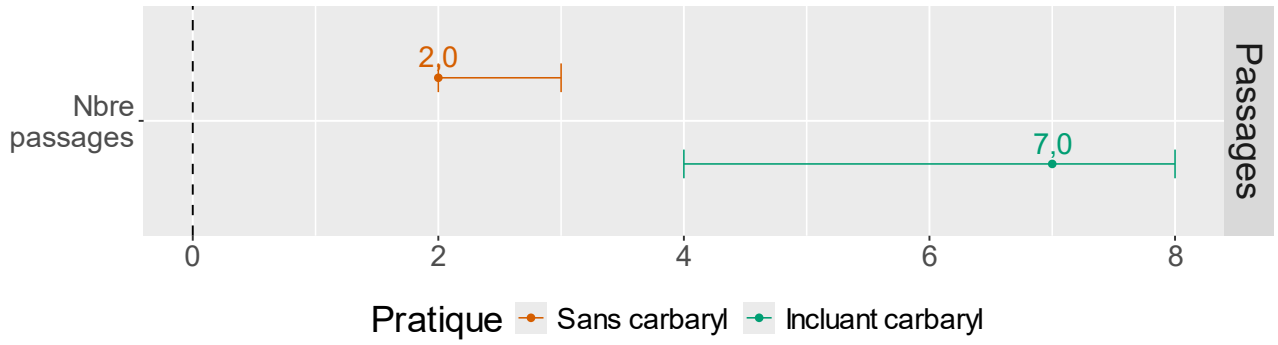

Figure 28 - Nombre de passages pour les traitements (éclaircissage)

OPÉRATIONNALISATION

La Figure 29 présente une comparaison des durées médianes en heures pour différentes activités associées aux deux régies liées à la pratique d'éclaircissage : "sans carbaryl" et "incluant carbaryl". Les activités évaluées sont les mêmes que pour les autres pratiques, soit la préparation des équipements et des produits, et le passage dans les vergers. La durée médiane de préparation pour la pratique sans carbaryl est d'environ 0,4 h, avec une variabilité indiquée par la barre d'erreur, tandis que pour la pratique incluant carbaryl, cette durée est plus courte, autour de 0,1 h, avec également moins de variabilité. Concernant le passage, la durée médiane pour la pratique sans carbaryl est nettement plus longue, soit environ 0,8 h, par rapport à celle incluant le carbaryl, estimée à 1,2 h.

Rappelons que la régie sans carbaryl s'accompagne d'éclaircissage manuel pour des producteurs de l'échantillon. La régie manuelle ajoute conséquemment beaucoup de temps à l'étape du passage dans les vergers. Enfin, le temps total des activités pour la pratique sans carbaryl est d'environ 1,5 h, alors qu'il est plus faible pour la pratique incluant carbaryl, à 1,2 h. Globalement, la pratique incluant le carbaryl nécessite moins de temps total pour effectuer les activités, principalement grâce à la réduction de la durée de passage. Cela laisse supposer une efficacité accrue ou une simplification des opérations lorsque le carbaryl est utilisé.

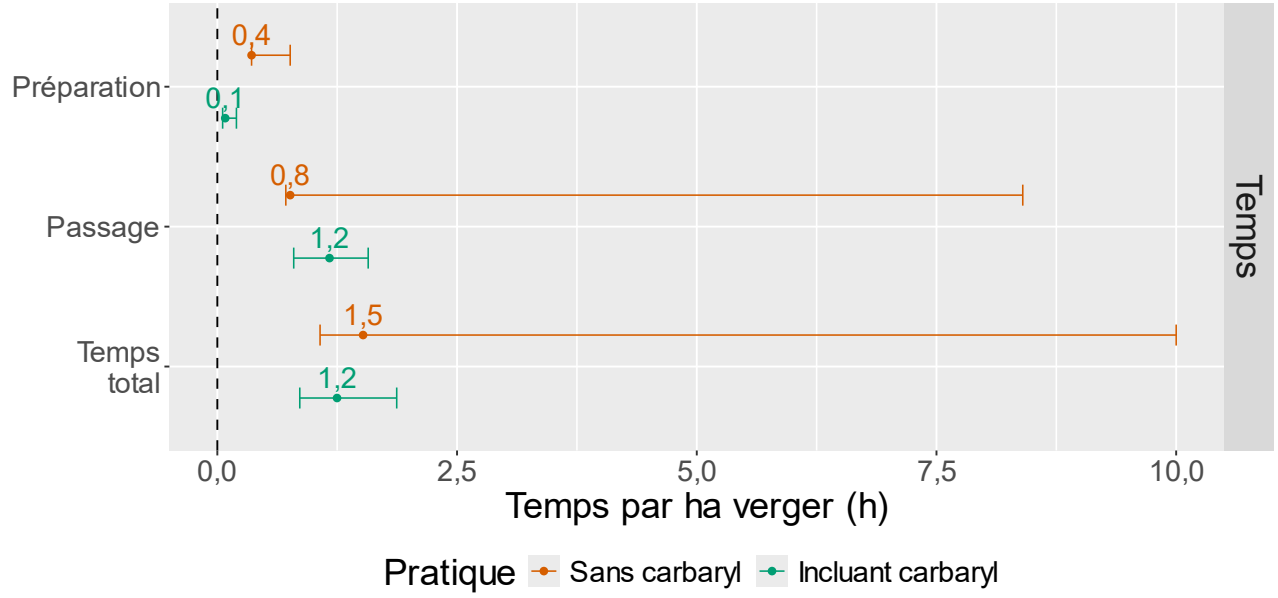

Figure 29 - Temps de préparation et d'opération (éclaircissage)

CHARGES FIXES ET VARIABLES

La Figure 30 compare les coûts annuels par hectare de verger pour différents postes selon les deux régies de production. Pour les intrants, le coût annuel médian est de 102 $/ha pour la pratique sans carbaryl, tandis qu'il atteint 170 $/ha pour la pratique incluant carbaryl. Les barres d'erreur indiquent une plus grande variabilité pour cette dernière. Ce résultat s'explique par l'utilisation fréquente du Sevin® en combinaison avec le Fruitone® dans le régime "incluant carbaryl", ce qui double les coûts, sans tenir compte des gains d'efficacité de l'éclaircissage et de l'amélioration de la qualité des pommes qui n'ont pas été mesurés dans la présent projet (par exemple, le calibre). Concernant le poste DIA, les coûts sont équivalents pour les deux pratiques, à 26 $/ha, avec une variabilité similaire. Pour l'entretien, les deux pratiques montrent également des coûts identiques, à 11 $/ha, avec des barres d'erreur indiquant une faible variabilité. Pour finir, concernant le carburant, le coût annuel est de 13 $/ha pour la pratique sans carbaryl, alors qu'il s'élève à 26 $/ha pour la pratique incluant carbaryl, en raison du nombre plus élevé de passages nécessaires dans ce dernier cas. Cela suggère que la pratique incluant du carbaryl pourrait être associée à une augmentation des intrants et de la consommation de carburant.

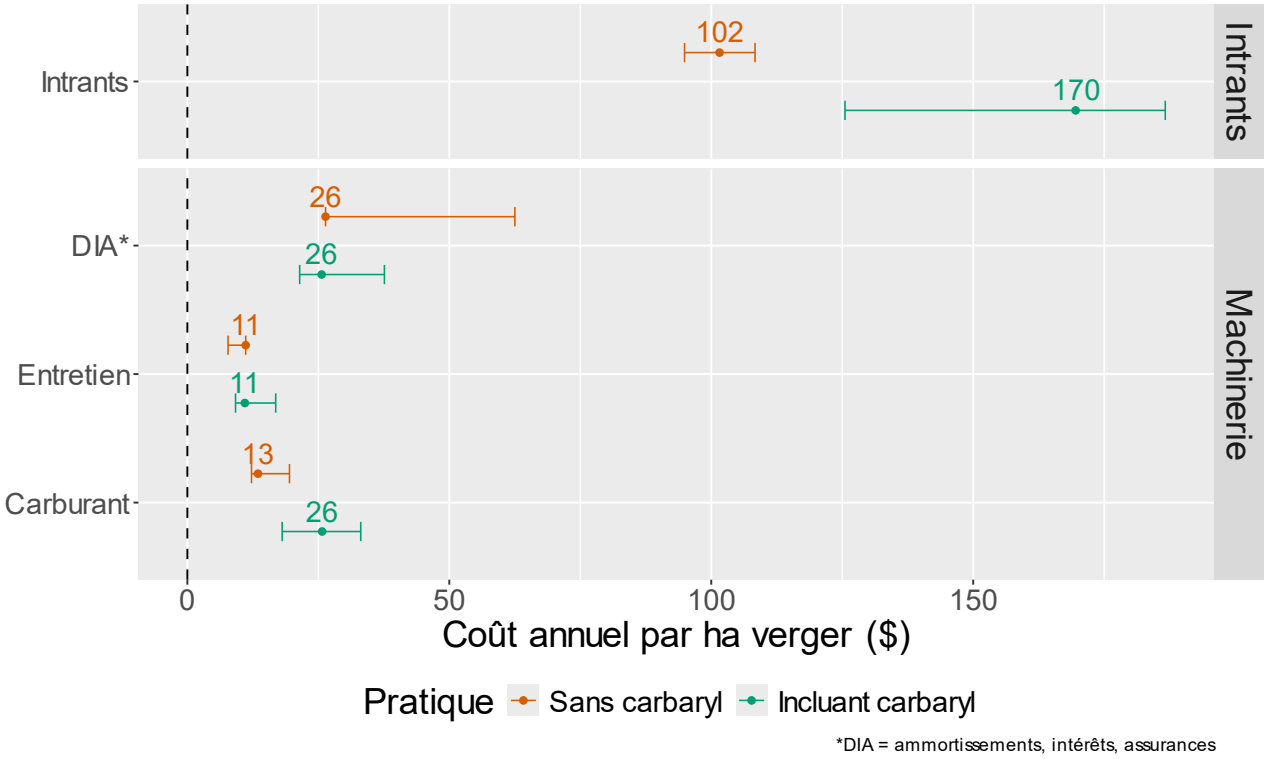

Figure 30 - Charges intrants et machinerie par hectare verger (éclaircissage)

La Figure 31 présente une comparaison des coûts annuels par hectare pour différentes catégories, similaire à la figure précédente, mais en intégrant cette fois les salaires. Concernant la machinerie, les postes liés au DIA, à l'entretien et au carburant ont été regroupés, ce qui donne un coût annuel médian de 50 $/ha pour la pratique sans carbaryl et de 70 $/ha pour celle avec carbaryl.

En ce qui a trait aux salaires, l'éclaircissage manuel, qui exige davantage de temps (+25 % de temps d'opération pour la régie sans carbaryl), se traduit par un impact notable sur le coût annuel de la main-d'œuvre. À noter que le taux horaire associé à l'éclaircissage manuel est inférieur (19,50 $/h) étant donné que ces tâches sont normalement effectuées par des employés moins spécialisés. Ainsi, pour la pratique sans carbaryl, le coût médian des salaires s'élève à 43 $/ha, contre 35 $/ha pour la pratique avec carbaryl.

Enfin, le coût total est très similaire entre les deux pratiques : 283 $/ha pour la pratique sans carbaryl et 276 $/ha pour celle avec carbaryl. Bien que la différence soit marginale, la pratique avec carbaryl présente un coût total légèrement inférieur. Il est toutefois important de noter que cette analyse ne tient pas compte des variations potentielles de rendement et de qualité du produit final ainsi que sur l'environnement à terme.

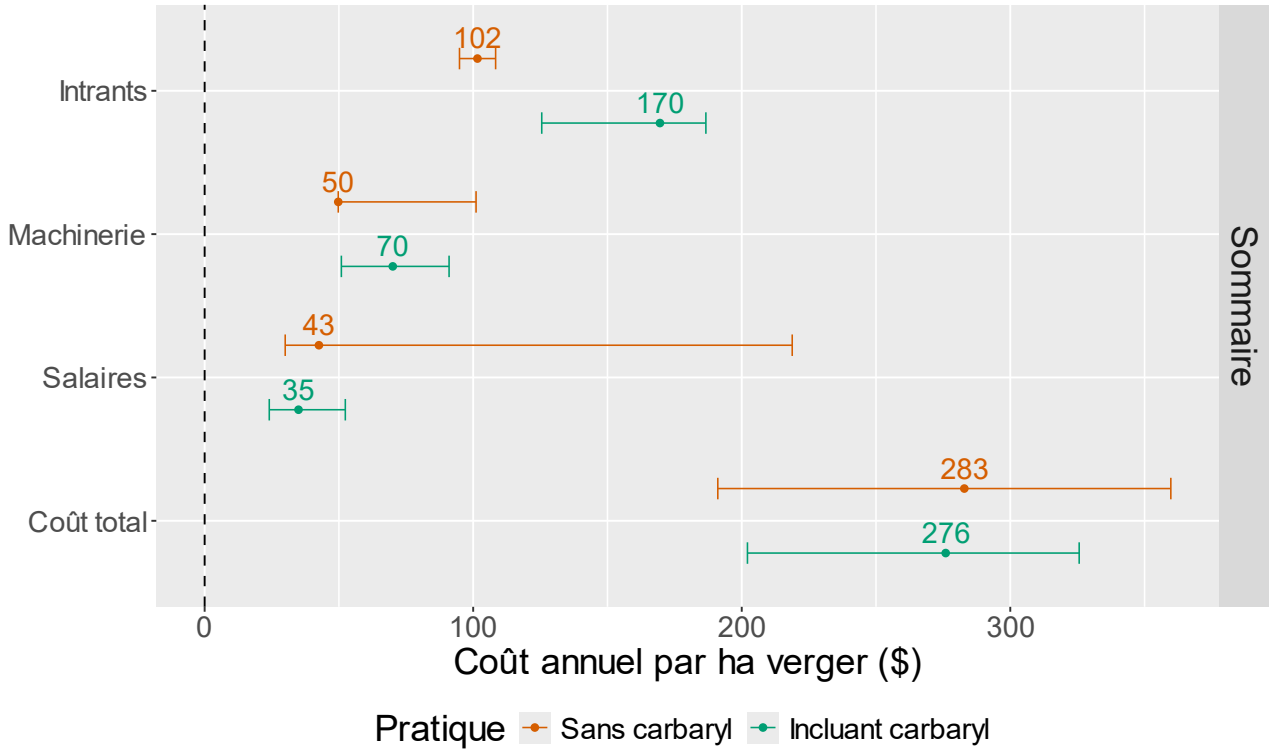

Figure 31 - Sommaire des charges par hectare verger (éclaircissage)

INDICES DE RISQUE POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

La Figure 32 illustre les indices IRE et IRS liés aux deux méthodes d'éclaircissage. Les deux approches nécessitent des arrosages et génèrent des indices de risque en raison de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Pour la méthode sans carbaryl, l'indice de risque pour la santé médian est de 73, avec une variabilité relativement faible dans l'échantillon. En revanche, pour la méthode incluant carbaryl, les indices de risque médians sont nettement plus élevés, atteignant 101 pour l'IRE et 113 pour l'IRS, avec une plus grande variabilité. Cette différence reflète l'impact des produits phytosanitaires utilisés dans les régimes incluant carbaryl (Sevin®), surtout lors d'années aux conditions météorologiques défavorables nécessitant des interventions accrues, comme en 2023. Le Fruitone®, utilisé dans la méthode sans carbaryl, en combinaison avec l'éclaircissage manuel, présente un IRE de seulement 1. Il est important de rappeler que le calcul de l'IRE prend en compte l'effet du produit sur les invertébrés terrestres, les oiseaux, les organismes aquatiques, ainsi que sa mobilité, sa persistance dans le sol et son potentiel de bioaccumulation (SagePesticides, s.d.).

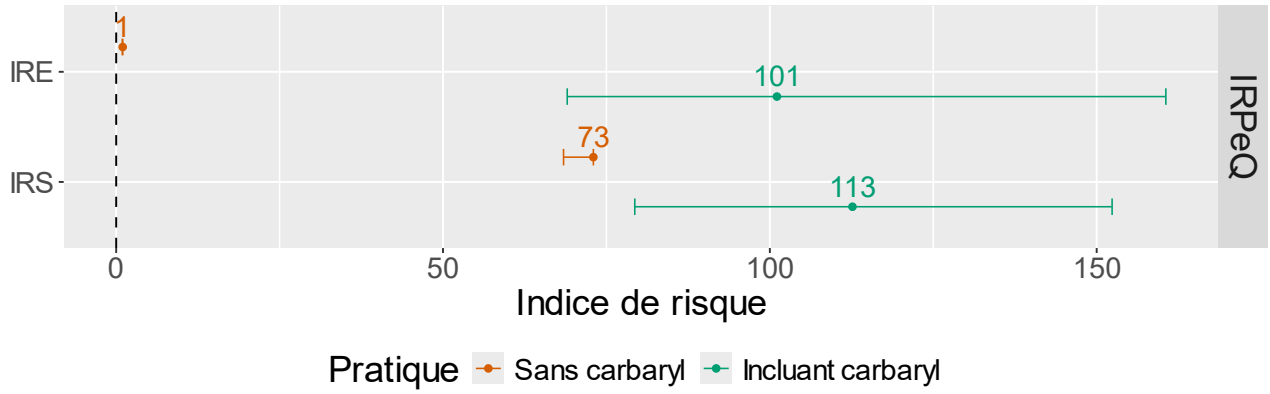

Figure 32 - Indices de risque (éclaircissage)

DISCUSSIONS

RECOMMANDATIONS ET LIMITES

Il est crucial de mener des études longitudinales sur plusieurs années pour analyser l'impact des pratiques agricoles sur les paramètres clés, telles que le rendement, la qualité des produits finaux et la qualité des sols. Ces études permettraient de capturer les tendances interannuelles tout en atténuant les effets des variations climatiques et des pratiques agricoles. Une analyse approfondie des variations météorologiques interannuelles doit également être incluse pour mieux comprendre leur influence sur les pratiques agricoles, les quantités de produits utilisés et le nombre d'interventions nécessaires. Cela permettra d'évaluer les risques liés à ces fluctuations climatiques.

Par ailleurs, il est recommandé d'augmenter le nombre de participants pour chaque pratique étudiée. L'analyse d'étude de cas permet d'obtenir de l'information précieuse lors des premières phases d'expérimentation et de développement des techniques. Toutefois, ces constats sont limités dans leur extrapolation au secteur pomicole. L'obtention d'un échantillon plus grand réduirait la variabilité statistique liée à des facteurs comme l'âge des machines, les superficies en culture ou les spécificités des exploitations, et fournirait des conclusions plus robustes. En parallèle, une analyse économique détaillée est nécessaire pour évaluer le retour sur investissement. Cette analyse doit inclure les coûts directs et indirects des pratiques, tout en tenant compte des bénéfices potentiels à moyen et long terme.

Un suivi rigoureux de la qualité des sols est également essentiel. La mise en place de protocoles de suivi régulier permettrait d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la durabilité des sols et leurs rendements futurs, orientant ainsi les producteurs vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Enfin, une collaboration étroite avec les producteurs est indispensable. Cela favoriserait l'élaboration conjointe de protocoles expérimentaux et le recueil de données fiables, tout en renforçant leur engagement dans des démarches durables.

En effet, plusieurs limites doivent être prises en compte. Les variations climatiques interannuelles peuvent introduire une forte incertitude dans les résultats, compliquant l'attribution directe des impacts observés aux pratiques étudiées. De plus, l'impact des pratiques sur les rendements, la qualité des produits finaux (par exemple, les pommes) et la qualité des sols reste à ce jour insuffisamment vérifié, ce qui limite la portée des conclusions initiales.

Le faible nombre de participants par pratique constitue également une contrainte majeure. Cette limitation engendre une variabilité importante, rendant difficile l'identification de tendances généralisables. Par ailleurs, la mesure des retours sur investissement s'avère complexe, notamment en raison des nombreux facteurs à prendre en compte, comme les coûts initiaux, la pression des ravageurs, les variétés, le type de porte-greffe, les conditions météorologiques, les effets à long terme sur le rendement et la tolérance des exploitants aux risques de dommages.

Enfin, des facteurs contextuels non standardisés, tels que les différences dans les ressources disponibles (âge des machines, techniques employées) et les superficies cultivées, compliquent davantage la comparaison des résultats entre les exploitations.

En conclusion, une approche scientifique rigoureuse basée sur des études pluriannuelles est indispensable pour comprendre pleinement les impacts des pratiques agricoles sur les rendements, la qualité des produits et la durabilité des sols. En combinant cette démarche à une analyse économique détaillée et à un échantillonnage élargi, il serait possible de dégager des recommandations solides pour guider les pratiques agricoles futures.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

La 27e édition des Journées horticoles et grandes cultures, qui s'est déroulée fin novembre 2024, a rassemblé une centaine de conférenciers et une cinquantaine d'exposants. Cet événement multisectoriel, dédié aux grandes cultures, à l'horticulture, aux productions fruitières et maraîchères, ainsi qu'à l'agriculture de précision et biologique, a offert aux producteurs et intervenants une occasion précieuse d'échanger. Le CECPA y a également présenté des résultats préliminaires, permettant à l'auditoire de partager ses retours et d'enrichir les observations présentées.

En plus des entreprises ciblées par le projet, les PPQ et le MAPAQ diffuseront les résultats par l'entremise de leurs canaux habituels, touchant ainsi la majorité des producteurs actuels et futurs. Cette démarche vise également à inspirer des réflexions auprès de la relève agricole, des producteurs innovants, ainsi que de ceux attachés à la santé environnementale et au bien-être des travailleurs.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Réduction de l'impact environnemental
Les pratiques agricoles à moindre impact environnemental visent principalement à diminuer la pression environnementale liée à la production pomicole. En améliorant la santé des sols et en réduisant les résidus chimiques, elles contribuent également à la préservation des écosystèmes environnants. Ces avancées environnementales s'inscrivent dans une volonté globale de rendre la production agricole plus durable et respectueuse des ressources naturelles.

Ces pratiques agricoles à moindre impact environnemental soulèvent toutefois des enjeux importants pour l'industrie. L'adoption de produits jugés plus respectueux de l'environnement, bien que prometteuse, nécessite une évaluation rigoureuse de leurs impacts. En effet, certains produits, comme ceux contenant des concentrations élevées de soufre (effet fongicide) ou de cuivre (effets fongicide et bactéricide), peuvent entraîner des effets négatifs persistants, tels que la bioaccumulation dans les sols.

Valorisation et ouverture des marchés
L'adoption de ces pratiques offre également des avantages économiques et commerciaux. Elle favorise une promotion positive du produit (la pomme et ses dérivés) et de ses méthodes de production, renforçant ainsi normalement la confiance des consommateurs. De plus, elle ouvrirait l'accès à des marchés à valeur ajoutée, souvent soumis à des cahiers des charges restrictifs en matière de durabilité et de traçabilité. Ce positionnement stratégique précurseur permet au secteur pomicole québécois de se démarquer sur l'échiquier canadien et nord-américain en offrant des produits plus sains et respectueux de l'environnement.

Renforcement de la compétitivité et de la viabilité économique
Sur le plan économique, les entreprises pomicoles tirent profit des résultats de ce projet en améliorant leur santé financière grâce à des décisions éclairées concernant l'adoption de certaines pratiques. En effet, le projet actuel fournit un cadre de benchmarking pour les entreprises souhaitant adopter ces pratiques avec moins de risques. En demeurant prudent dans l'interprétation et l'utilisations des résultats tel que mentionné précédemment, elles peuvent ainsi comparer leurs propres coûts aux résultats obtenus et ajuster leurs stratégies en conséquence. L'utilisation de figures avec des médianes et des quartiles vise précisément à faciliter ce type de comparaison pour le lecteur et la mise en évidence de la variabilité des résultats.

Mesure des retombées et approfondissement des connaissances
Les résultats de ce projet constituent une avancée supplémentaire pour mieux évaluer le retour sur investissement des pratiques à faible impact environnemental. Ils permettent également d'explorer des questions encore non résolues, telles que les impacts à long terme sur les sols, les écosystèmes

et la rentabilité des exploitations. Ces données serviront de base pour guider les décisions futures et orienter le secteur vers des pratiques encore plus durables.

En somme, ces initiatives ne se contentent pas de répondre aux enjeux environnementaux actuels, elles participent également à la valorisation économique et stratégique du secteur pomicole québécois tout en préparant un avenir plus durable et compétitif pour l'ensemble de l'industrie fruitière.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Marc-Antoine Larrivée
économiste – chargé de projets
CENTRE D'ÉTUDES SUR LES COÛTS DE PRODUCTION EN AGRICULTURE
T : 418 833-2515 poste 237
225, rue Montfort, bureau 300 | Lévis (Québec) G6W 3L8

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 2 du programme – Approche régionale et interrégionale avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Nous tenons à remercier le Ministère pour son soutien au projet, ainsi que les partenaires et experts du secteur qui ont enrichi les analyses et les résultats.

Une mention spéciale à la fédération des Producteurs de pommes du Québec (PPQ) et à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) pour leur précieuse contribution. Enfin, ce projet n'aurait pas été possible sans la participation constante et précise des producteurs de pommes du Québec, qui ont partagé leurs informations en toute transparence durant les deux années du projet. Leur apport est essentiel et crucial pour cartographier les pratiques et leurs considérations, et pour guider les réflexions futures du secteur pomicole, des producteurs et des intervenants quant à son évolution et à l'adoption de pratiques innovantes respectueuses de l'environnement, des travailleurs et des consommateurs.

RÉFÉRENCES

Comité pomiculture du CRAAQ. (2023). Guide technique : L'implantation d'un verger de pommiers, 2e édition. https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-technique-l_implantation-d_un-verger-de-pommiers-2e-edition/p/PPOM0108-C01#tab_tab3

Barriault, E. (2021). Clinique d'éclaircissage 2021.

CRAAQ. (2021). Loyer annuel - Fonds de terre, bâtiments, machinerie et équipement. Québec: CRAAQ.

CRAAQ. (2023). Assurances générales - Taux suggérés - 2023. Récupéré sur https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/assurances-generales-taux-suggeres-2023/p/PREF0324

Giroux, D. (2019, mars 15). Agri-réseau. Consulté le 12 30, 2024, sur Agri-réseau: https://www.agrireseau.net/pdt/blogue/93952/le-desherbage-mecanique-dans-les-productions-maraicheres-et-de-petits-fruits

IRDA. (2023). Réseau-pommier Production fruitière intégrée. Récupéré sur Stratégies d'éclaircissage: est-il possible d'éclaircir ses pommiers sans carbaryl?: https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=22015

IRDA. (2024, mars 1). IRDA, réseau pommier. Récupéré sur fiches 100 et 101: https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=6818,%20p=6879

IRDA. (2024, Mars 20). IRDA, réseau pommier, fiche 77. Récupéré sur https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=6461

IRDA et AGRINOVA. (2013, Octobre). Agri Réseau. Récupéré sur Guide pour le montage et l'utilisation du broyeur de litière Eliminae™: https://www.agrireseau.net/reseaupommier/documents/87338/guide-pour-le-montage-et-l_utilisation-du-broyeur-de-litiere-eliminae%E2%84%A2

IRDA. (s.d.). Guide de référence en production fruitière intégrée à l'intention des producteurs de pommes du Québec. Consulté le octobre 2024, sur Réseau pommier: https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=6461

Larose, M., Pouchet, C., Chouinard, G., Bélisle, Z., & Chaperon, Q. (2023). *Vitrines de régie à moindres risques dans la pomme: Optimisation des pulvérisations et diversification des modes d'intervention pour la réduction de l'empreinte environnementale de la pomiculture Québécoise.* https://irda.qc.ca/fr/projets/vitrines-pomme-optimisation-pulverisations-reduction-empreinte-environnementale/

Philion, V. (2024, 03 20). Fiche 50 description des fongicides non sujets à la résistance. Récupéré sur Réseau-Pommier, Production fruitière intégrée: https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=6157

Philion, V., Morin, Yvon, & Maheux, R. (2024, 05 23). Fiche 51 description des fongicides inusites et à risque de résistance. Récupéré sur Réseau-Pommier Production fruitière intégrée: https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=6162

SagePesticides. (s.d.). Indice de risque. (CRAAQ, Éditeur) Consulté le 01 02, 2025, sur Sage pesticides: https://www.sagepesticides.qc.ca/Information/IndicesRisques

ANNEXE(S)

Annexe 1 - Détail - Nombre d’entreprises par techniques visées

Techniques	Oui	Non
Lutte contre la mouche de la pomme	12	3
Fongicides à faible IRPeQ	14	1
Confusion sexuelle contre le carpocapse	11	4
Désherbage mécanique	2	13
Prévention de la tavelure	4	11
Pulvérisateur certifié AirCheck	4	11
Éclaircissage sans carbaryl	6	9
Total	53	

Annexe 2 - Table de calcul de coût d’entretien

Année	Résultat
0	1,236200%
1	1,407397%
2	1,602303%
3	1,824201%
4	2,076829%
5	2,364442%
6	2,691886%
7	3,064677%
8	3,489094%
9	3,972288%
10	4,522397%
11	5,148689%
12	5,861715%
13	6,673485%
14	7,597674%
15	8,649852%

Annexe 3 - Détail des matières actives dans le groupe « autres »

Matières actives dans «Autres»
Faible IRPEQ
Myclobutanil
Trifloxystrobine
Autre produit
Benzovin diflupyr
Difénoconazole et cyprodinil
Fluazinam
Fluopyram et pyriméthanil
Inpyrfluxame
Mefentrifluconazole
Penthiopyrade
Polysulfure de calcium
Poudre d'ail
Pyriméthanil
Trifloxystrobine