

Rapport final

PDS213012

Projet IRDA #400240

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Août/2022

Table des matières

1	Rappel du projet initial	2
1.1	Mise en contexte	2
1.2	Objectifs.....	2
1.3	Partenaires	2
1.4	Durée du projet	3
2	Déroulement du projet	3
2.1	Résumé des étapes.....	3
2.1.1	Étape 1 : Mise en place du comité de suivi et rencontre de démarrage	3
2.1.2	Étape 2 : Identification des tâches à risque.....	4
2.1.3	Étape 3 : Veille technologique.....	5
2.1.4	Étape 4 : Analyse économique	7
2.2	Réalisations / Livrables	8
2.3	Activités de diffusion	9
3	Atteintes des objectifs	9
4	Retombées pour le secteur	10
5	Suivi des indicateurs de résultats	11
6	Suite ou suivi à donner	12
7	Bilan des dépenses	12
	Annexe 1 - Méthodologie de recherche	13
	Annexe 2 – Fiches techniques	15
	Annexe 3 – Notes ergonomiques des visites chez les producteurs	36

Liste des Tableaux

Tableau 1.	Tâches à optimiser en production de fruits et légumes	4
Tableau 2.	Tâches à optimiser en horticulture ornementale.....	5
Tableau 3.	Catégories de produits de la veille technologique	6
Tableau 4 :	Liste des livrables	8

1 Rappel du projet initial

1.1 Mise en contexte

La main d'œuvre représente environ le tiers des coûts en production serricole. Depuis quelques années, ces coûts sont en croissance, affectant la compétitivité du secteur. La production est partagée en trois groupes : les grandes entreprises, les moyennes entreprises et les entreprises de petite taille. Chacun de ces groupes produit et commercialise ses produits de façon différente : les marchés de masse, les marchés régionaux et les marchés locaux de proximité. Alors que les grandes entreprises lorgnent la robotique et l'automatisation de la production, les plus petites entités recherchent davantage des solutions ou des outils en fonction de leur capacité financière. Ce projet propose un mode de veille technologique répondant aux besoins des petites et moyennes entreprises. Des solutions durables et des outils ergonomiques et adaptés seront identifiés dans le but d'augmenter la productivité et de réduire la charge de travail, particulièrement pour les tâches fréquentes et répétitives. Ces solutions permettront d'éviter des blessures aux employés, de réduire les besoins en main d'œuvre et en intrants, de réduire les pertes et ainsi la quantité de matières résiduelles générée.

1.2 Objectifs

L'objectif principal est de proposer aux entreprises serricoles de petites et moyennes superficies des solutions durables et des outils adaptés à leurs besoins, permettant d'améliorer les conditions de travail et d'augmenter la productivité. Les objectifs spécifiques sont :

- 1) Identifier les tâches répétitives ou à risque pour le travailleur nécessitant une amélioration des pratiques ou l'utilisation d'outils et d'équipements permettant de réduire la charge de travail.
- 2) Répertorier les solutions, incluant des équipements et outils utilisés en production serricole, permettant de répondre aux besoins identifiés tout en respectant la capacité financière des entreprises.
- 3) Proposer une méthode de veille technologique utilisable à court et moyen terme.
- 4) Évaluer les coûts et le retour sur l'investissement (PRI) des solutions ayant le meilleur potentiel d'application au Québec.

1.3 Partenaires

- **Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation est le ministère du gouvernement du Québec (MAPAQ) :** Le MAPAQ a été le partenaire de financement du projet. Il a aussi participé aux rencontres afin d'offrir un soutien conseil en serriculture et de suivre l'évolution du projet.
- **Experts-Conseils :** Deux experts-conseils ont été sollicités, soit l'institut québécois de développement de l'horticulture ornementale (IQDHO) et Climax Conseils. Leur rôle a été de cibler les besoins et identifier les tâches clés dans leur secteur respectif, soit l'horticulture ornementale et la production de fruits et légumes, afin d'orienter la

recherche. Ils ont également été une source importante d'informations et ont contribué à identifier les solutions ayant le plus de potentiel à être adoptées par les producteurs.

- **Producteurs/productrices** : Cinq producteurs/productrices ont participé au projet, soit deux en fruits et légumes (Ferme Benoit-Gendron, Abri Végétal) et trois en horticulture ornementale (Vignes Chez Soi, Ferme Bédard-Blouin, Maison des Fleurs Vivaces). Ils ont été sollicités pour identifier les tâches clés lors de la phase initiale du projet afin d'orienter la recherche. Étant directement sur le terrain, les producteurs/productrices sont les principaux concernés par le projet et ils ont pu partager leurs difficultés quotidiennes. Des visites ont été effectuées à l'Abri Végétal, à la Ferme Bédard-Blouin et à la Maison des Fleurs Vivaces.
- **Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)** : L'IRSST s'est impliqué dans le projet en s'occupant du volet ergonomie des travailleurs. La personne ressource de cet institut a été présente lors des visites chez les producteurs afin d'observer les travailleurs en action et d'établir des recommandations ergonomiques.
- **Producteurs en serre du Québec (PSQ)** : Les PSQ ont eu comme rôle de s'assurer que le projet réponde aux besoins des producteurs et se sont engagés à diffuser l'information aux producteurs, conseillers et fabricants à la fin du projet.
- **Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA)** : L'IRDA a été l'acteur principal la réalisation de toutes les étapes projet, la définition du plan de travail, les rencontres et les visites chez les producteurs, la veille technologique et la production des livrables.

1.4 Durée du projet

La durée initiale du projet était prévue pour un an, soit avril 2021 à mars 2022.

Toutefois, en raison des circonstances liées à la pandémie de la COVID-19, les visites prévues chez les producteurs n'ont pas pu être tenues à l'intérieur de cette période. Cette étape étant très importante à la réalisation du projet entre autres, pour observer les méthodes de travail et les équipements et identifier les problématiques d'ergonomie.

La date de fin du projet a ainsi été reportée au 1^{er} août 2022. Le projet s'est donc échelonné sur une période de 16 mois.

2 Déroulement du projet

2.1 Résumé des étapes

2.1.1 Étape 1 : Mise en place du comité de suivi et rencontre de démarrage

Le comité de suivi a été mis en place au début de projet. Il a été composé des partenaires suivants :

- **Patrick Brassard**, ing., Ph. D. (IRDA, Chargé de projet)
- **Vincent Desbiens**, CPI (IRDA, Professionnel de recherche)
- **Stéphane Godbout**, ing., agr., Ph. D. (IRDA, Chercheur)
- **Luc Belzile** (IRDA, Économiste)

- **Claude Laniel** (PSQ, Directeur général)
- **Abdenour Boukhalfa**, agr. (MAPAQ, Conseiller en agriculture urbaine)
- **Philippe-Antoine Taillon**, agr. (MAPAQ, Conseiller horticole)
- **Caroline Jolly**, Ergonome (IRSST, Professionnelle scientifique)
- **Jacque Thériault** (Climax Conseils, Conseiller en serriculture)
- **Gilbert Bilodeau** (IQDHO, Conseiller en serriculture)

La rencontre de démarrage s’est tenue le 1^{er} juin 2021. Le but de la rencontre était d’établir un premier contact entre les membres du comité de suivi et de présenter le projet. L’ordre du jour consistait à présenter les participants, la mise en contexte avec les objectifs du projet, le plan de travail et l’échéancier.

La rencontre de démarrage a permis de spécifier que le type d’entreprise visé par l’objectif général était davantage les entreprises « Low-Tech » (basse technologie), plutôt que les entreprises à petite et moyenne superficie seulement.

Les différentes catégories de cultures présentant des tâches de production différente ont été identifiés par le comité de suivi.

2.1.2 Étape 2 : Identification des tâches à risque

L’identification des tâches à risque correspondait au premier objectif spécifique. Pour atteindre cet objectif, deux sous-comités ont été formés à partir du comité de suivi et des producteurs participant : les sous-comités « Horticulture ornementale » et « Fruits et légumes ». Deux réunions virtuelles ont été tenues respectivement, le 20 et le 22 octobre 2021 pour chacun des comités. Le but de ces rencontres était de discuter avec les producteurs et les conseillers pour récolter un maximum d’informations sur les difficultés qu’ils éprouvent au quotidien afin de cibler les priorités de recherche de la veille technologique. Les comptes-rendus de ces deux réunions ont permis d’identifier les tâches à optimiser en production de fruits et légumes (tableau 1) et en horticulture ornementale (tableau 2).

Tableau 1. Tâches à optimiser en production de fruits et légumes

Type de culture	Tâches
Tuteurées	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode de tuteurage (crochets ou autres) - Effeillage, ramassage de feuilles - Travail entre les rangs (espace restreint) - Travail en hauteur - Fertilisation biologique - Emballage (concombre, courgettes, tomates, etc.)
Cultures basses	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage et séchage des laitues et micro-verdures
Tous	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilisation biologique - Semis - Nettoyage des bacs - Étiquetage

Tableau 2. Tâches à optimiser en horticulture ornementale

Type de culture	Tâches
Petits pots	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation des commandes - Déplacement des pots - Empotage et disposition des cabarets - Travail sur les tables (largeur des tables) - Organisation des pots dans la serre (beaucoup de variétés) - Semis - Bouturage - Arrosage (compliqué dû à la grande variété) - Division - Désherbage - Fertilisation
Gros pots	<ul style="list-style-type: none"> - Déplacement des pots
Jardinières	<ul style="list-style-type: none"> - Repiquage (mélanges de variétés) - Accrochage des pots - Travail en hauteur
Tous	<ul style="list-style-type: none"> - Étiquetage - Travail statique (problème d'ergonomie) - Irrigation - Repiquage

Par la suite, des visites chez les producteurs ont été réalisées afin d'observer les problématiques mentionnées lors des deux rencontres. Les visites qui étaient prévues en début de projet ont été reportées au printemps 2022 en raison de la pandémie de la COVID-19. Trois entreprises serricoles ont été visitées, soit l'Abri végétal, la Ferme Bédard-Blouin et la Maison des fleurs vivaces, respectivement le 26 avril, le 5 mai et le 15 juin 2022.

Ces visites ont permis aux membres de l'IRDA et l'IRSST de se familiariser avec les méthodes de travail, les équipements et la logistique générale des entreprises serricoles. À la suite des visites de l'Abri végétal et de la Maison des fleurs vivaces, un compte-rendu a été rédigé par l'équipe de l'IRSST (Annexe 3) afin de synthétiser les observations, les commentaires recueillis auprès des personnes rencontrées et les contraintes potentielles pour chacune des étapes de production observées ou mentionnées.

Les observations ont également permis d'avoir des portraits de réelles entreprises québécoises pour valider les besoins de la veille technologique.

2.1.3 Étape 3 : Veille technologique

2.1.3.1 Méthodologie de recherche

Afin de répondre aux objectifs spécifiques 2 et 3, une veille technologique a été réalisée.

La méthodologie de recherche comportant quatre étapes (Annexe 1 - **Méthodologie de recherche**) a été rédigée dans le but de faciliter une future mise à jour de la présente veille technologique, ou la réalisation d'une nouvelle veille technologique. Cette méthodologie de

recherche pourra être mise en pratique par des professionnels n'ayant jamais réalisé de veille technologique.

2.1.3.2 Résultats de la veille technologique

Un document Excel protégé présentant les résultats de la veille technologique constitue un des principaux livrables du projet. Ce document, qui est attaché au présent rapport, pourra être téléchargé sur le site internet de l'IRDA, sur le site des PSQ et sur Agri-Réseau. Il s'agira d'un outil indispensable pour les producteurs et conseillers serricoles afin de répertorier les principaux produits offerts sur le marché actuel permettant de faciliter la réalisation des principales tâches identifiées. La veille technologique est constituée d'une liste de produit, d'une banque de recherche et d'un lexique.

a) Liste des produits

L'identification des tâches par le comité de suivi à l'étape précédente a permis d'établir une base pour commencer la veille technologique. Dans un premier temps, la recherche a été entamée en surface pour avoir une vision large des différents produits offerts sur le marché. Les différents produits trouvés ont ensuite été classés par catégories dans un fichier Microsoft Excel protégé. La liste de produits a été classée selon les catégories et sous-catégories présentées au tableau 3.

Tableau 3. Catégories de produits de la veille technologique

Catégories	Sous-catégories
Semis	<ul style="list-style-type: none"> • Semoirs & lignes de semis automatiques • Semoirs semi-automatiques • Semoirs manuels et autres
Remplissage	<ul style="list-style-type: none"> • Remplisseurs automatiques • Remplisseurs semi-automatiques
Préparation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Trémies • Décompresseurs de ballot • Mélangeurs
Repiquage	<ul style="list-style-type: none"> • Transplanteurs manuels • Stations de repiquage • Expulseurs de plants et planteurs
Étiquetage	<ul style="list-style-type: none"> • Transplanteurs manuels • Stations de repiquage • Expulseurs de plants et planteurs
Manutention et logistique	<ul style="list-style-type: none"> • Convoyeurs • Monorails • Fourches • Véhicules et remorques • Chariots manuels • Divers
Travail en rangs	<ul style="list-style-type: none"> • Chariots de récoltes manuels

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Chariots de récoltes motorisés• Plateformes (déplacement manuel)• Plateformes élévatrice (déplacement motorisé) |
|--|---|

b) Banque de recherche

La banque de recherche consiste en une liste de toutes les entreprises manufacturières et distributrices pertinentes qui ont été consultées. La banque de recherche inclut aussi une liste de sites web de magazines et de répertoires de produits pour la culture en serre. Cette banque de recherche peut donc être utilisée comme un outil de recherche, par exemple, pour voir les différentes entreprises et toute leur gamme de produits. De plus, elle permettra de simplifier une future mise à jour de la présente veille technologique.

c) Lexique

Pour compléter la banque de recherche et la liste de produits, un outil de lexique a été établi en parallèle. Cet outil, présent dans le même fichier Excel protégé, propose une liste des mots-clés et de termes spécifiques au domaine de la production en serre, ainsi que leur traduction français-anglais et inversement.

De plus, les mots-clés sont aussi utilisés dans les listes de produits et d'entreprises. Cela permet donc d'effectuer des recherches dans ces listes directement à partir d'un mot-clé désiré. Par exemple, pour un produit, il est possible d'identifier le mot-clé qui lui correspond et de l'entrer dans la fonction filtre pour obtenir la liste de toutes les entreprises fournissant ce type de produit.

2.1.4 Étape 4 : Analyse économique

Les résultats de la veille technologique et la méthodologie de recherche ont été présentés au comité de suivi et aux producteurs participants lors d'une rencontre virtuelle le 29 juin 2022. Lors de cette rencontre les cinq tâches les plus problématiques pour les producteurs/ productrices visées par le projet ont été identifiées. Ces cinq tâches ont été retenues pour la réalisation de fiches techniques sur ces sujets : le remplissage, le semis, le travail en rang, l'étiquetage et la manutention / logistique. Dans chaque fiche technique, au moins une solution (outil ou équipement) a été identifiée et l'analyse économique a été réalisée pour ces solutions. Ces solutions nécessitant des coûts d'investissement moyens entre 5000 \$ à 40 000\$ ont été sélectionnées en fonction du potentiel d'intérêt pour les entreprises serricoles et peuvent être adoptées par des producteurs ayant des capacités financières moyennes.

Les objectifs de l'analyse économique ont été modifiés au cours du projet. Dans un premier temps, l'économiste (IRDA) sur le comité de suivi qui était chargé d'effectuer l'évaluation des coûts et le retour sur l'investissement a quitté son poste en début de projet. Finalement, l'IRDA a mandaté le Centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA) pour réaliser l'analyse économique. Des budget partiels considérant différents paramètres (coût des équipements, temps économisé, etc.) ont été réalisés. La problématique principale rencontrée est que la rentabilité économique des solutions à implanter dépend presque strictement des économies de temps en main d'œuvre. Or, l'économie de temps de la main d'œuvre est difficile à quantifier puisqu'elle est très variable d'une entreprise à l'autre et elle dépend de plusieurs facteurs.

Les principales conclusions de l'analyse économique sont présentées dans les cinq fiches techniques sous forme d'exemples. Un producteur ou une productrice pourra, en fonction de sa

situation, répondre à la question : combien d’heures de main d’œuvre doivent être sauvées pour que l’implantation d’une solution proposée soit rentable?

2.2 Réalisations / Livrables

La rédaction des livrable correspond à l’étape 5 du projet. La plupart des livrables prévus au projet sont terminés ou le seront peu de temps après la fin du projet (tableau 4).

Tableau 4 : Liste des livrables

Livrables	✓ Livré ✗ À venir ✗✗ Non livré	Détails
<i>Une méthodologie de veille technologique validée pouvant être réalisée périodiquement advenant un financement dans les prochaines années.</i>	✓	La méthodologie de veille technologique proposée est livrée dans le présent rapport (section 2.1.3.1 et Annexe 1 - Méthodologie de recherche). La veille technologique a le potentiel d’être mise à jour périodiquement et de prendre de l’ampleur pour être une ressource importante pour le domaine serricole.
<i>Un tableau des outils et solutions disponibles ici et à l'international, présentant entre autres les caractéristiques, les avantages/inconvénients, les coûts d'acquisition et d'opération, etc.</i>	✓	Le tableau des outils et solutions est, en fait, la <i>liste des produits</i> de la veille technologique. Ce document sera disponible sur diverses plateformes (IRDA, PSQ, Agri-Réseau, conseillers, et autres). À noter que le tableau ne présente toutefois pas les avantages/inconvénients, ce qui n’était pas possible étant donné la quantité et la variabilité des produits ainsi que les contraintes de temps du projet. Les coûts ne sont également pas disponibles pour tous les produits pour les mêmes contraintes.
<i>5 fiches techniques d'une page, soit une fiche pour chacune des cinq solutions/pratiques identifiées ayant le meilleur potentiel d'utilisation au Québec.</i>	✓	Les 5 fiches techniques sont livrées avec le présent rapport (Annexe 2 – Fiches techniques). L’ampleur des fiches est plus importante que prévu, les fiches faisant quatre pages et incluent l’analyse économique.
<i>Diffusion des fiches techniques sur le site internet de l'IRDA et des PSQ ainsi que sur Agri-Réseau.</i>	✗	Les fiches techniques ne sont pas encore diffusées sur les plateformes mentionnées. Il est toutefois prévu de les diffuser après la fin du projet.
<i>Présentation des solutions/pratiques aux producteurs et conseillers par vidéoconférence.</i>	✓	Les solutions ont été présentées lors de la rencontre du 29 juin avec tous les participants du projet.

<i>Diffusion des résultats du projet dans le bulletin d'information de l'IRDA (Agrosolutions Express)</i>	x	Les résultats du projet ne sont pas encore diffusés. Il est prévu de les diffuser après la fin du projet (voir section 2.3)
<i>Rapport final.</i>	✓	Présent rapport
<i>Tutoriel vidéo pour une solution/pratique</i>	x x	À la lumière des résultats de la recherche et en accord avec le comité de suivi, il ne s'est finalement pas avéré pertinent de réaliser des tutoriels vidéo. Les solutions proposées sont davantage des produits que des méthodes de travail pouvant être généralisées. Les tutoriels sont généralement fournis par les fournisseurs et diffèrent d'un produit à l'autre.

2.3 Activités de diffusion

Les activités de diffusion qui sont prévues s'effectueront après la remise du projet. La veille technologique sera distribuée sous plusieurs plateformes, notamment, le bulletin d'information de l'IRDA (Agrosolution Express), le site web des PSQ et Agri-Réseau. De plus, pour maximiser l'accessibilité à la veille technologique, celle-ci sera partagée aux conseillers du comité (Climax Conseil, IQDHO). Enfin, les résultats du projet seront présentés aux producteurs et conseillers lors d'une rencontre de la Table filière fruits et légumes de serre du Québec (confirmé) et de la Table filière de l'horticulture ornementale du Québec (à confirmer). Enfin, les principaux résultats du projet seront présentés par Philippe-Antoine Taillon (MAPAQ) au Colloque maraîcher en serre le 9 novembre 2022.

Advenant le cas d'un financement d'une 2^e phase du projet, la diffusion et le partage de l'information pourrait être un aspect sur lequel mettre l'emphase. Une mise à jour annuelle et une expansion de la veille technologique pourrait permettre de diffuser la veille technologique sous forme d'un répertoire plus accessible et plus complet, par exemple, sur une page web indépendante.

3 Atteintes des objectifs

Les quatre objectifs suivants du projet ont été atteint :

- 1) *Identifier les tâches répétitives ou à risque pour le travailleur nécessitant une amélioration des pratiques ou l'utilisation d'outils et d'équipements permettant de réduire la charge de travail.*

Cet objectif a été atteint lors des réunions avec les comités « Fruits et légumes » et « Horticulture Ornementale » du 20 et du 22 octobre 2021 (voir section 2.1.2). Ces rencontres ont permis d'identifier plusieurs tâches répétitives ou à risque pour le travailleur. Cet objectif constituait la base pour commencer le travail de recherche. D'autre part, les visites chez les producteurs ont aussi contribué à atteindre cet objectif par l'observation de situations de travail concrètes.

- 2) *Répertorier les solutions, incluant des équipements et outils utilisés en production serricole, permettant de répondre aux besoins identifiés tout en respectant la capacité financière des entreprises.*

L'objectif est atteint par la réalisation de la veille technologique. Un large éventail de produits disponibles sur le marché a été répertorié. Celui-ci inclut des produits dans toutes les gammes de prix étant donné que la capacité financière varie beaucoup d'une entreprise à l'autre.

- 3) *Proposer une méthode de veille technologique utilisable à court et moyen terme.*

Cet objectif a été atteint par la réalisation de la méthodologie de recherche (voir section 2.1.3.1).

- 4) *Évaluer les coûts et le retour sur l'investissement (PRI) des solutions ayant le meilleur potentiel d'application au Québec.*

Cet objectif a été bonifié en cours de projet pour inclure la réalisation de budgets partiels pour les cinq solutions ayant le plus d'intérêt pour les producteurs et productrices visées par le projet (voir la section 2.1.4). Les principales conclusions de ces analyses sont présentées dans les cinq fiches techniques.

4 Retombées pour le secteur

La main d'œuvre représentant environ le tiers des coûts en production serricole, les hausses rapides des salaires mettent en péril certaines exploitations, menaçant leur rentabilité en augmentant leurs coûts de production et en diminuant leur marge de profit.

La mise en place de solutions visant à réduire la dépendance des entreprises serricoles envers la main-d'œuvre ou à améliorer l'efficacité de la main-d'œuvre pourrait permettre à court terme, de compenser l'augmentation rapide du salaire minimum et de maintenir la compétitivité du secteur. De plus, la mise en place de solutions et d'outils (par exemple, une mécanisation du travail) permettrait d'améliorer les conditions de travail et conséquemment, d'attirer et de fidéliser la main d'œuvre.

Le document de veille technologique sera utile aux producteurs peu équipés en technologies. La liste des produits, des manufacturiers et des distributeurs inventoriés lors de la veille permettra aux producteurs d'avoir rapidement une vision globale des différentes solutions disponibles et applicables à leur situation. Cette vision élargie pourrait favoriser la créativité des producteurs, leur permettant d'être innovants et de développer leurs propres stratégies de production avec des outils qu'ils n'avaient pas envisagés auparavant.

À plus long terme, le financement d'une phase 2 de ce projet pourrait mener à une expansion de la veille technologique grâce à une mise à jour périodique. Ce répertoire pourrait devenir un outil de référence au Québec pour les technologies de serre et pourrait être consulté par les conseillers, les producteurs et les acteurs du domaine serricole.

5 Suivi des indicateurs de résultats

- 1) *Cinq pratiques/outils accessibles aux entreprises en tenant compte de leur capacité financière seront détaillées dans des fiches techniques, incluant entre autres l'évaluation de la PRI, les avantages ergonomiques et l'impact sur les matières résiduelles générées.*

Les cinq fiches techniques de ce rapport ont été réalisées et sont disponibles à l'Annexe 2 – **Fiches techniques**. Celles-ci détaillent cinq des tâches les plus problématiques (remplissage, semis, travail en rang, étiquetage, manutention et logistique) et proposent des solutions qui ont été choisies en fonction du potentiel d'intérêt pour les entreprises séricoles et qui peuvent être adoptées par des producteurs ayant des capacités financières moyennes. Une analyse économique est présentée pour les solutions identifiées. Les impacts de certaines tâches sur l'ergonomie ont également été mentionnés dans les fiches techniques. L'impact sur les matières résiduelles générées n'a toutefois pas été abordé dans le projet.

- 2) *Il est prévu qu'un an après la fin du projet, 100 entreprises adoptent au moins une des solutions proposées.*

Cet indicateur de résultat pourra seulement être évalué un an après la fin du projet, soit à l'automne 2023. Pour maximiser le nombre d'entreprises qui adopteront les solutions proposées, la veille technologique sera diffusée sur le bulletin d'information de l'IRDA (Agrosolution), sur le site web des PSQ et sur Agri-Réseau. Elle sera également partagée aux conseillers du comité (Climax Conseil, IQDHO).

Il sera toutefois difficile de quantifier exactement le nombre d'entreprises qui auront adopté des solutions proposées. Il faudra réaliser un suivi précis auprès des conseillers en sericulture au Québec.

- 3) *Un événement sera organisé avant la fin du projet, permettant de présenter les informations aux producteurs et aux conseillers.*

Les informations seront présentées lors de divers événements. D'abord, les résultats du projet ont été présentés aux producteurs et aux conseillers impliqués dans le projet lors de la rencontre du 29 juin 2022. De plus, il est prévu que les résultats soient présentés aux producteurs et conseillers lors d'une rencontre de la Table filière fruits et légumes de serre du Québec (confirmé) et de la Table filière de l'horticulture ornementale du Québec (à confirmer).

Enfin, la présentation des principaux résultats du projet au Colloque maraîcher en serre le 9 novembre 2022 par Philippe-Antoine Taillon (MAPAQ) permettra de rejoindre un plus grand public.

- 4) *Lors de la réalisation du projet, au moins deux rencontres du comité de suivi auront lieu, en plus de cinq rencontres en sous-groupes de travail.*

Comme prévu, il y a eu deux rencontres du comité de suivi, soit une au début (démarrage) et une à la fin du projet. Il y a également eu deux rencontres en sous-comité avec des producteurs (plutôt que cinq en sous-comités), permettant d'identifier les tâches à risques. De plus, trois visites ont été réalisées chez des producteurs. Les conseillers,

producteurs et productrices participants ont été contactés individuellement au long du projet pour recueillir des informations.

6 Suite ou suivi à donner

À la suite du dépôt du projet, un suivi est prévu dans le but d'assurer de la transmission de l'information avec les activités de diffusion décrites à la section 2.3.

Dans un contexte qui dépasse les limites du projet actuel, il a été envisagé de donner une suite au projet advenant l'obtention de financements futurs. Dans un premier temps, la veille technologique ayant un très bon potentiel d'expansion, pourrait être mise à jour annuellement afin de suivre l'évolution constante du marché. En raison des contraintes de temps, le projet a été limité à un cadre spécifique représentant une partie de toutes les possibilités. Une continuité du projet pourrait mener à plusieurs améliorations et bonifications :

- Élargissement de la liste de produits, des catégories et du répertoire d'entreprises;
- Mise en place d'une plateforme accessible à tous sur le web;
- Informations plus amples sur les produits (prix, descriptions, avantages et inconvénients, etc.).

7 Bilan des dépenses

Le rapport financier est attaché à ce rapport.

Annexe 1 - Méthodologie de recherche

Méthodologie de recherche – Veille technologique

Une méthodologie de recherche en quatre étapes a été élaborée dans le but de fournir des conseils pratiques pour simplifier la recherche lors d'une éventuelle mise à jour future de la présente veille technologique, ou lors d'une veille technologique couvrant un autre secteur. Le logiciel *Microsoft Office Excel* a été choisi pour cette recherche pour sa simplicité d'utilisation et de gestion des données sous forme de tableaux.

Étape 1. Identification des tâches

La première étape est une collecte d'information auprès de producteurs ciblés par la veille technologique. Elle consiste à identifier les tâches difficiles dans le processus de la production en serre, pour lesquelles il y a un besoin d'amélioration de l'efficacité. La collecte d'informations peut se faire par visites sur les lieux, rencontres virtuelles, sondages, communications par téléphone et courrier électronique, etc.

L'étape d'identification des tâches permet d'obtenir les grandes lignes qui constituent la base de la veille technologique. La visite chez des producteurs est la méthode à prioriser parmi les autres méthodes.

Étape 2. Recherche préliminaire

Une fois les tâches identifiées, la 2^e étape consiste à effectuer une recherche préliminaire pour avoir une base de compréhension des éléments suivants :

- Les étapes et les actions reliées à l'accomplissement des tâches;
- Le matériel qui est généralement utilisé pour réaliser ces tâches;
- Les différentes pratiques dans l'industrie.

Suggestions pour la recherche préliminaire :

- Contacter des personnes ressources : producteurs, professionnels dans le domaine serricole, représentants de vente des entreprises, etc.
- Moteurs de recherche (Google ou autres) : outil de base général pour commencer la recherche. Il peut aussi être utilisé comme intermédiaire pour remplacer les moteurs de recherche d'autres plateformes qui sont souvent moins efficaces en ajoutant le nom de la plateforme dans les mots-clés (ex : #nomplateforme + #mot-clés).
- Plateformes vidéo (YouTube, Vimeo, etc.) : une panoplie de vidéos sont disponibles pour visualiser des pratiques de production en serre. Les vidéos permettent aussi d'identifier des marques de produits et de comprendre le fonctionnement général.

Étape 3. Banque de données

Dès le début de la recherche, commencer à monter une banque de données avec les mots-clés et les sites internet pertinents identifiés. L'avancement de la banque de données se fait en continue

du début jusqu'à la fin de la recherche. À mesure que la recherche se poursuit, le lexique et la banque de sites internet évoluent, ce qui simplifie les recherches par la suite.

a) Mots-clés

La banque de mots-clés permet d'utiliser les moteurs de recherche efficacement. Plusieurs termes sont spécifiques au domaine de la production en serre pour nommer les actions, procédés, machines et outils. L'utilisation des bons mots-clés donne des résultats de recherche plus précis. Il est aussi important d'avoir le lexique en anglais, car c'est généralement la langue commune qui est disponible sur les sites étrangers.

b) Sites internet

Consiste à compiler les sites internet pertinents qui ont été consultés lors de la recherche préliminaire. Cela permet d'avoir une vision globale des produits et entreprises de l'industrie. La banque de sites internet peut donc être consultée pour faire le tour des produits disponibles et approfondir la recherche. Lors de la présente veille technologique, les sites internet pertinents ont été classés sous 4 catégories :

i) Manufacturiers

Les sites des manufacturiers permettent de consulter directement les gammes de produits et services de chaque marque.

ii) Distributeurs : Les sites des distributeurs ont généralement une vaste gamme de produits de plusieurs marques. Les manufacturiers sont souvent associés à des distributeurs en fonction des pays et régions. Ils permettent à la fois de repérer des nouveaux produits et d'élargir la liste de manufacturiers, et d'avoir un meilleur accès à l'information.

iii) Répertoires

Les sites internet avec répertoires ont généralement d'importantes listes de produits classés par catégories. Certains sites internet servent également à la vente d'équipements usagés et sont très pratiques pour trouver des manufacturiers et des produits.

iv) Magazines

Les magazines ont parfois des guides d'achats, des listes de produits et de marques recommandées. Ils offrent aussi des articles intéressants sur les nouveautés, les innovations, l'actualité, les pratiques en serre, etc.

Étape 4. Recherche

Cette étape consiste à poursuivre la recherche de manière plus approfondie en utilisant les outils qui ont été présentés aux étapes précédentes :

- Banque de sites internet;
- Moteurs de recherche;
- Banque de mots-clés;
- Contact de personnes ressources;
- Plateformes vidéo.

Annexe 2 – Fiches techniques

ÉTIQUETAGE

INFOFICHE - Horticulture ornementale et production de fruits et légumes en serre

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Mise en contexte

L'étiquetage est une étape essentielle de la production en serre, permettant d'identifier les produits avant la mise en marché. Cette étape, lorsqu'elle n'est pas automatisée, impose une charge de travail impliquant des gestes répétitifs (collage sur les pots, les fruits et légumes et les caisses, piquetage dans le substrat, etc.), de la manutention (pots et caisses de fruits et légumes) et des positions statiques. Une vaste gamme d'étiqueteuses est disponible sur le marché avec différentes options. Il existe, par exemple, des modèles automatiques et semi-automatiques, généralement utilisés dans une ligne automatisée, ainsi que des modèles manuels. La diversité est plus importante pour l'horticulture ornementale, mais il y a aussi un marché pour la production de fruits et légumes.

Étiquetage automatique et semi-automatique en horticulture ornementale

Divers modes d'étiquetage en horticulture existent; des étiquettes agrafées ou collées directement aux pots à celles piquées ou à boucle installées à même les tiges. Les machines d'étiquetage peuvent être complètes, avec des unités d'impression et d'application, ou nécessiter l'utilisation d'étiquettes pré-imprimées et pouvant étiqueter tous types de contenants (gros pots, petits pots, plateaux de semis, etc.). Les modèles automatiques sont vendus avec leur propre convoyeur, tandis que les modèles semi-automatiques peuvent être connectés à un convoyeur existant.

Entreprises

- Accu-Label (ON, Canada)
- Advantage Label & Packaging (ON, Canada)
- America Label (QC, Canada)
- Da Ros (Italie)
- Demtec (Belgique)
- LABELPAC (ON, Canada)
- Mosa Green (Italie)
- Martin Stolze B.V. (Pays-Bas)
- Urbinati (Italie)



Source : Mosa Green – Pot Labeller E12D



Source : Martin Stolze – Sticker Machine

Modes d'étiquetage	Caractéristiques	Options disponibles
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auto-adhésif ▪ Agrafé ▪ Piqué (chromotage) ▪ À boucle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 à 4 unités d'impression. ▪ Programmable via panneau de contrôle ou ordinateur (ajustement de la vitesse, hauteur d'application, etc.). ▪ Étiquettes de tailles diverses. ▪ Productivité de 500 à 4 000 étiquettes à l'heure. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unité d'impression intégrée (système pneumatique à tampon, par transfert thermique, etc.). ▪ Dépileur automatique. ▪ Connection à un système de convoyeur.

Étiquetage en horticulture maraichère

L'étiquetage des fruits et légumes peut rapidement devenir une tâche complexe en raison de la diversité de tailles et de formes ainsi que de la fragilité des produits à étiqueter. Le principal mode d'étiquetage utilisé consiste à l'apposition d'étiquettes auto-adhésives sur les produits frais ou emballés.

Automatique

Les étiqueteuses automatiques peuvent être spécifiques à un type de fruits/légumes ou être versatiles et étiqueter une large gamme de produits. Elles peuvent inclure des unités d'impression ou seulement posséder des unités d'application, ce qui nécessite l'utilisation d'étiquettes pré-imprimées. Associées à une ligne d'opérations automatisée, ces machines permettent d'augmenter considérablement le nombre de produits étiquetés à l'heure.



Source : Labelpac - MOTOHEAD® FX Compact Tray Labeler

Caractéristiques

- 1 à 24 unités d'application permettant une efficacité jusqu'à 720 fruits/légumes à la minute.
- Large gamme de tailles et formes d'étiquettes.
- Systèmes spécifiques pour application délicate et sur surface humide.
- Fruits/légumes dans divers types de contenants (en plateau, en vrac, en contenants personnalisés, etc.).

Options disponibles

- Unité d'impression intégrée (système pneumatique à tampon, par transfert thermique, etc.).
- Connection à un système de convoyeur.

Manuelle

L'étiquetage manuel des fruits et légumes peut se révéler la meilleure solution lorsqu'on n'a pas un volume de production qui justifie l'achat d'une étiqueteuse automatique ou que les fruits/légumes sont trop fragiles ou complexes pour des lignes automatisées. Il existe tout de même sur le marché des étiqueteuses manuelles facilitant les gestes répétitifs des travailleurs.



Source: Accu-Label – STIC-it™ Hand Labeler

Caractéristiques

- Étiqueteuses manuelles pneumatiques ou électriques à batterie rechargeable (10h d'autonomie) ou par fil, en fonction du modèle.
- Largeurs variables d'étiquettes de ¼" à 2" et longueurs jusqu'à 3".
- Cadence de 150 à 360 étiquettes à la minute.

Analyse économique – Étiqueteuse semi-automatique

Mise en contexte

La modélisation du coût pour une étiqueteuse horticole semi-automatique est basée sur des soumissions des fournisseurs d'équipement.

Coûts d'investissements

Les coûts originaux étaient en dollars américains et ceux-ci sont donc soumis aux aléas du taux de change (tableau 1). Cet équipement nécessite un convoyeur de deux mètres compatible (non inclus). L'équipement proposé est mobile et ne demande pas d'installation particulière. Des frais de douane peuvent s'appliquer. Les taxes sont exclues.

Tableau 5. Estimation des coûts d'investissements pour une étiqueteuse

Poste	Montant (\$ CAD)
Coût d'achat	12 000
Options incluses	0
Transport (excluant les douanes)	6 000
Frais d'installation et divers	0
Total d'investissements*	18 000

* À noter que plusieurs programmes de subventions sont disponibles et permettent de partager les frais d'investissements. Parlez-en avec votre conseillère ou votre conseiller.

Coûts de fonctionnement

La vitesse d'opération de l'étiqueteuse est variable selon les entreprises, mais aussi selon les opérations nécessaires. Les vitesses présentées afin de calculer les coûts d'opération (tableau 2) sont donc des vitesses moyennes annuelles. L'objectif de production retenu est de 1 250 étiquettes par heure.

L'étiqueteuse permet notamment de réduire le travail d'une personne, l'équipement étant autonome sauf pour le chargement de la machine. Les frais en moins considérés sont uniquement le travail de la main-d'œuvre.

Tableau 6. Coûts pour l'opération d'une étiqueteuse

Poste	Quantité	Montant (\$ CAD)
Frais en moins par heure		
Main-d'œuvre	1250 étiquettes, 5 personnes, 17,99 \$/h	90
Frais en plus par heure		
Main-d'œuvre	1250 étiquettes, 0,25 personne, 17,99 \$/h	4,5
Électricité	3,91 kWh	2,0
Total		6,5
Marge par heure avant les frais annuels		
Économie		83
Frais de possession (base annuelle)		
D.I.R.T.A. (15,5 %)		2 790

L'opération de l'étiqueteuse demande très peu de temps et peu d'électricité. Les frais de possession et d'entretien sont aussi considérés avec la méthode D.I.R.T.A., qui permet d'estimer les coûts de possession d'un équipement en considérant la dépréciation, les intérêts, les réparations et l'entretien ainsi que les assurances (tableau 3). Ces coûts sont calculés en proportion du montant total d'achat de l'équipement.

Tableau 7. Détail du D.I.R.T.A.

D = Dépréciation (amortissement)	9,50 %	R = Réparation et entretien	4,00 %	A = Assurances	0,39 %
I = Intérêt	1,63 %	T = Taxes foncières	0,00 %		

Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2021). Loyer annuel – Fonds de terre, bâtiments, machineries et équipements. AGDEX 824/825a. CRAAQ. 2 pages.

Analyses de sensibilité

L'opération de l'étiqueteuse peut permettre une économie d'environ 83 \$ par heure (tableau 2). Toutefois, il est important de considérer les frais de possession sur une base annuelle (D.I.R.T.A.). Pour couvrir l'ensemble de ses coûts, l'étiqueteuse devrait être utilisée minimalement 33 heures par année aux vitesses indiquées, ce qui permettrait de faire plus de 41 500 étiquettes (tableau 4).

Plusieurs facteurs influencent ces estimations, notamment la vitesse initiale d'étiquetage (sans l'étiqueteuse). En effet, une faible vitesse d'étiquetage demande des frais de main-d'œuvre élevés. L'étiqueteuse permet alors des économies plus importantes, mais l'opposé est aussi vrai. Le tableau 4 permet de comparer différentes vitesses manuelles initiales et d'estimer le nombre d'heures d'opération et d'étiquettes nécessaires pour rentabiliser l'équipement.

Il est important de noter que la durée de vie estimée de l'étiqueteuse est de dix ans. Le nombre d'étiquettes et les vitesses d'opération doivent donc être maintenus durant la totalité de la vie de l'équipement.

Tableau 8. Comparaison du nombre d'heures et d'étiquettes nécessaires pour atteindre la rentabilité selon différentes vitesses manuelles

Vitesse manuelle (étiquettes/h)	150	200	250	500	750	1 000
Nombre d'heures nécessaires	19	26	33	73	119	175
Nombre d'étiquettes nécessaires	24 322	32 929	41 806	90 713	148 696	218 541

Exemple de calcul de la période de retour sur investissement

Pour connaître la période de retour sur investissement, il est possible de faire les calculs suivants :

$$PRI = \frac{\text{Coût d'investissement}(\$)}{\text{Économie nette}(\$)}$$

Exemple :

Pour une entreprise faisant 50 000 étiquettes et ayant une vitesse manuelle initiale de 250 étiquettes par employé, faisant ensemble 1 250 étiquettes par heure :

1. Le nombre d'heures d'utilisation de l'étiqueteuse : $50\,000 / 1\,250 = 40$ h/année;
2. Les frais d'utilisation (sans amortissements ni intérêt) = $18\,000 \$ \times (4 \% + 0 \% + 0,39 \%) = 790 \$$;
3. L'économie nette : $(40 \text{ h} \times 83 \$/\text{h}) - 790 \$ = 2\,547 \$$ économisés par année.

PRI : $18\,000 \$ / 2\,547 \$ = 7,07$ années

Partenaires de réalisation



Partenaire financier



Pour en savoir davantage

Patrick Brassard, ing., Ph. D.
Chercheur, IRDA

418 643-2380 poste 601
patrick.brassard@irda.qc.ca
www.irda.qc.ca

HORTICULTURE ORNEMENTALE EN SERRE

INFOFICHE - MANUTENTION ET LOGISTIQUE

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Mise en contexte

La manutention des contenants et la logistique qui l'entoure est une tâche ardue en horticulture ornementale en serre. D'une part, la répétition des allers-retours nécessaires et d'autre part, le poids des contenants complexifient grandement cette tâche et en augmentent le temps alloué. Les chariots manuels, les fourches de pots et les véhicules motorisés sont souvent utilisés. Les convoyeurs et les monorails peuvent également se révéler des solutions particulièrement intéressantes pour faciliter la manutention des pots, des plateaux et d'autres types de charges. Ils permettent notamment de limiter les déplacements répétitifs, de diminuer les déplacements avec port de charge, de réduire les opérations de chargement et déchargement, et d'économiser du temps de travail.

Convoyeurs

Les convoyeurs horticoles les plus utilisés sont les convoyeurs à courroie, mais ils peuvent aussi être à rouleaux, permettant le déplacement en continu de contenants ou de charges diverses. Les convoyeurs offrent aussi l'avantage de pouvoir être placés à différents endroits dans la chaîne de production. Ils sont donc essentiels à une transition vers l'automatisation ou la semi-automatisation d'une opération de la production. Ceux-ci sont offerts dans une vaste gamme de largeurs et de longueurs et peuvent habituellement s'assembler aisément en série. Ils peuvent également être motorisés, avec la possibilité d'ajuster la vitesse. Ainsi, il est possible de concevoir un système de plusieurs convoyeurs en série, permettant le transport des différents contenants à travers la serre ou entre les différentes étapes d'une ligne d'opérations automatisée.

Entreprises

- Bouldin & Lawson (TN, États-Unis)
- Da Ros (Italie)
- Delecroix (France)
- Demtec (Belgique)
- De Vette (Pays-Bas)
- Ellis Products (AL, États-Unis)
- Heto (Pays-Bas)
- Mayer (Allemagne)
- Pack MFG (TN, États-Unis)
- Urbinati (Italie)
- Tava Systems (ON, Canada)
- Visser (Pays-Bas)
- VRE Systems (ON, Canada)



Source : Urbinati – NTA Conveyor Belt

Caractéristiques

- Toutes longueurs, généralement jusqu'à 6 m.
- Toutes largeurs, généralement de 10 à 60 cm.
- Motorisation avec vitesse fixe ou variable, en fonction du modèle.
- Sur pattes, sur trépieds, sur roues, fixé sur plateformes ou sur remorques, en fonction du modèle.

Options disponibles

- Système d'attachement pour aligner les unités en série ou à 90°.

Monorails

Les systèmes de monorails sont des systèmes suspendus installés à même la structure existante de la serre. Généralement, ils sont composés d'une unité motorisée et de chariots avec plateformes ou étagères à plusieurs tablettes. Une vaste gamme d'accessoires est disponible sur le marché, permettant d'accroître la diversité des tâches pouvant être accomplies avec ces systèmes. Outre pour le transport des contenants, ils peuvent être utilisés notamment pour la récolte, les travaux de maintenance ou pour le travail sur des cultures suspendues. La circulation des différentes unités est généralement automatisée, mais peut être effectuée manuellement. Des unités de changement de voie ou de direction peuvent également être installées afin d'incorporer un plus grand nombre d'accessoires dans le système et permettent les actions simultanées.



Source : De Velle – Monorail carrier with platform

Caractéristiques

- Conception et installation généralement sur mesure.
- Système flexible s'installant sur les structures existantes.
- Unités motorisées par batterie rechargeable avec autonomie de 10 à 12 heures, en fonction du modèle.
- Vitesse d'environ 42 m par minute, en fonction du modèle.
- Mécanismes de changement de voie lorsque voies multiples, ou de changement de direction manuel ou automatisé, en fonction du modèle.

Accessoires disponibles

- Plateformes de tous types et de toutes dimensions.
- Chariots à étagères suspendues de 2 à 5 tablettes.
- Grues pour déplacement de charges.
- Portes d'accès pour passer d'une serre à une autre.
- Système de chargement et de déchargement automatique des pots/plateaux.

ANALYSE ÉCONOMIQUE – SYSTÈME DE MONORAIL

Mise en contexte

La modélisation du coût pour l'installation de monorail avec une plateforme ou bien de convoyeurs est basée sur des scénarios d'investissements. Selon le montant d'investissement initial, le nombre d'heures d'utilisation et le gain de productivité, il est possible d'estimer le nombre d'années pour couvrir les frais initiaux.

Le semis et l'expédition des plants sont des activités principalement effectuées alors qu'il y a beaucoup de tâches à accomplir et que le temps est précieux. Par exemple, l'économie de deux employés durant une semaine au printemps vaut plus que leur salaire, car il y a des avantages en gestion (et potentiellement des gains monétaires) à diminuer le temps de manutention pour faire d'autres tâches, ayant aussi pour avantage de diminuer le risque de lésions professionnelles pour le travailleur. Pour refléter cette réalité, le taux horaire retenu de 17,99 \$ est majoré de 25 % pour atteindre 22,49 \$/h.

Coûts d'investissements

Les frais liés à l'installation des monorails ou des convoyeurs dépendent des dimensions de la serre, du nombre de rangs et de la configuration de l'environnement de travail. À noter que plusieurs programmes de subventions sont disponibles et permettent de partager les frais d'investissements. Parlez-en avec votre conseillère ou votre conseiller.

Coûts de fonctionnement

L'utilisation des monorails ou de convoyeurs permet d'améliorer la productivité des travailleurs et travailleuses. Il n'y a pas de frais en moins, mais plutôt des gains en plus. Selon le contexte, il est possible d'évaluer ce gain comme étant une productivité accrue ou bien des frais de main-d'œuvre réduits. Ces gains, qui peuvent varier énormément entre les entreprises, sont présentés en minute/heure.

L'opération de la plateforme demande des frais négligeables en électricité si la plateforme est motorisée. Dans les cas de convoyeurs, les frais d'électricité pourraient être à considérer selon la quantité installée.

Les frais de possession sont calculés avec la méthode D.I.R.T.A., qui considère la dépréciation, les intérêts, les réparations et l'entretien ainsi que les assurances (tableau 1). Ces coûts sont calculés en proportion du montant total d'achat de l'équipement.

Tableau 9. Détail du D.I.R.T.A.

D = Dépréciation (amortissement)	4,75 %	R = Réparation et entretien	4,00 %	A = Assurances	0,39 %
I = Intérêt	1,63 %	T = Taxes foncières	0,00 %		

Source : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2021). Loyer annuel – Fonds de terre, bâtiments, machineries et équipements. AGDEX 824/825a. CRAAQ. 2 pages.

Analyses de sensibilité

L'opération de la plateforme permet des gains par heure d'opération. Toutefois, il est important de considérer les frais de possession sur une base annuelle (D.I.R.T.A.). Avec un investissement initial de 50 000\$, les frais de possession sont estimés à 5 386 \$. Le tableau 2 permet de comparer le nombre d'années nécessaires pour atteindre la rentabilité selon différents scénarios d'investissements, de gain en productivité et d'heures d'utilisation.

Par exemple, une entreprise investit 50 000 \$ dans un système de monorail avec 2 plateformes utilisées par 2 employés. Ceux-ci utilisent les monorails de manière productive (par exemple en transportant des charges lourdes) environ 1 000 heures chacun, soit 2 000 heures par année. Leur gain en productivité est de 8 minutes/h. Cela prendrait alors un peu plus de huit années d'utilisation pour rentabiliser cet équipement. Il est à noter que si le nombre d'heures d'utilisation productives est moins important que prévu, par exemple 1 000 h/an, cela prendrait plutôt plus de 16 années pour rentabiliser l'équipement.

Tableau 10. Table de sensibilité du nombre d'années nécessaires pour atteindre la rentabilité pour différents scénarios d'investissements initiaux, différents gains d'efficacité et différentes intensités d'utilisation

Investissement initial (\$ CAD)	Gain en plus par heure	Nombre d'heures annuelles d'utilisation de la plateforme			
		750	1 000	2 000	5 000
25 000 \$; D.I.R.T.A. : 2 693 \$	5 min/h/employé	17,8	13,3	6,7	2,7
	8 min/h/employé	11,1	8,3	4,2	1,7
	10 min/h/employé	8,9	6,7	3,3	1,3
50 000 \$; D.I.R.T.A. : 5 386 \$	5 min/h/employé	35,6	26,7	13,3	5,3
	8 min/h/employé	22,2	16,7	8,3	3,3
	10 min/h/employé	17,8	13,3	6,7	2,7

Exemple de calcul de la période de retour sur investissement

Pour connaître la période de retour sur investissement, il est possible de faire les calculs suivants :

$$PRI = \frac{\text{Coût d'investissement}(\$)}{\text{Économie nette}(\$)}$$

Exemple :

Pour une entreprise qui fait un investissement de 70 000 \$ et ayant un gain de 5 minutes/h pour trois employés utilisant la plateforme 1 400 heures chacun :

1. Les frais d'utilisation (sans amortissements ni intérêt) = 70 000 \$ x (4 % + 0 % + 0,39 %) = 3 073 \$;
2. Gain brut par heure (\$) = (5 min/h/60 min) x 22,49 \$/h = 1,87 \$/h;
3. Gain brut (\$) = 1,50 \$/h x (3 x 1 400 h) = 7 870 \$ / an;
4. Économie nette (\$/an) = 7 870 \$ – 3 073 \$ = 4 798 \$.

PRI : 70 000 \$ / 4 798 \$/an = 14,6 années.

Partenaires de réalisation



Partenaire financier



Pour en savoir davantage

Patrick Brassard, ing., Ph. D.
Chercheur, IRDA

418 643-2380 poste 601
patrick.brassard@irda.qc.ca
www.irda.qc.ca

REPLISSAGE

INFOFICHE - Horticulture ornementale et production de fruits et légumes en serre

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Mise en contexte

Le remplissage consiste à remplir de substrat divers types de contenant pour recevoir les plants ou les semis. Les travailleurs qui réalisent manuellement cette tâche répétitive doivent notamment maintenir des positions statiques sur une durée significative, pouvant leur occasionner des douleurs au dos et aux membres supérieurs. Une vaste gamme de remplisseuses et d'empoteuses pouvant remplir tous types de contenants (gros pots, petits pots, plateaux multipots, plateaux à alvéoles, plateaux de semis, sacs, gouttières, etc.) est disponible sur le marché et différentes options sont offertes. Ces équipements sont généralement utilisés pour l'horticulture ornementale, mais ils peuvent aussi être utilisés pour la culture maraîchère en contenants.

Remplisseuses et empoteuses automatiques

Les remplisseuses et empoteuses automatiques sont des machines entièrement autonomes. L'indexation et le remplissage des contenants sont automatiques et elles peuvent être utilisées dans une ligne d'opérations automatisée afin de remplir un grand nombre de contenants à l'heure. Elles sont généralement équipées d'une trémie ou d'un réservoir pour l'alimentation de substrat en vrac ou en ballots.

Entreprises

- Blackmore (MI, États-Unis)
- Bouldin & Lawson (TN, États-Unis)
- Da Ros (Italie)
- Demtec (Belgique)
- Javo (Pays-Bas)
- Machinerie SB (QC, Canada)
- Mayer (Allemagne)
- Mosa Green (Pays-Bas)
- Pack MFG (TN, États-Unis)
- Urbinati (Italie)
- Visser (Pays-Bas)



Source : Machinerie SB - SB 06 Remplisseurs automatiques avec briseur de ballots

Caractéristiques

- 300 à 800 plateaux/heure.
- 500 à 10 000 pots/heure.
- Tous types de contenants, en fonction du modèle.

Options disponibles

- Dépilage de contenants.
- Forage ou plantage pour repiquage ou semis.
- Décompresseur de ballots.
- Mélangeur à substrat.

Remplisseuses et empoteuses semi-automatiques

Les remplisseuses et empoteuses semi-automatiques nécessitent la présence d'opérateurs pour le remplissage et pour la manipulation des contenants. Ces machines permettent de remplir une plus grande gamme de contenants, notamment ceux de très grand volume ou de formes complexes. Certaines peuvent également être utilisées comme trémies d'alimentation pour une ligne d'opérations automatisée.



Source : Demtec - Durby

Caractéristiques

- 100 – 250 L/min.
- Trémie de 1100 - 2800 L.
- Tous types de contenants ou de sacs, au-delà de 400 L.

Options disponibles

- Décompresseur de ballots.
- Mélangeur à substrat.
- Extension de la trémie.
- Table vibrante pour compaction du sol.

Analyse économique – Remplisseuse automatique (entrée de gamme)

Mise en contexte

La modélisation du coût pour une remplisseuse est basée sur des soumissions des fournisseurs d'équipement.

Le remplissage est une activité principalement effectuée au printemps alors qu'il y a beaucoup de tâches à faire et que le temps est précieux. Par exemple, l'économie de deux employés durant une semaine au printemps vaut plus que leur salaire, car il y a des avantages en gestion (et potentiellement des gains monétaires) à diminuer le temps de remplissage pour faire d'autres tâches. Pour refléter cette réalité, le taux horaire retenu de 17,99 \$ est majoré de 25 % pour atteindre 22,49 \$/h.

Coûts d'investissements

Les coûts originaux (tableau 1) étaient en dollars américains et ceux-ci sont donc soumis aux aléas du taux de change. Les options de pneus de 10 pouces, ainsi que du vibreur de terre sont incluses. L'équipement proposé est mobile et ne demande pas d'installation particulière. Il faut prévoir un ou deux convoyeurs pour faciliter l'opération de la machine (non inclus). Des frais de douane peuvent s'appliquer. Les taxes sont exclues.

Tableau 11. Estimation des coûts d'investissements pour une remplisseuse

Poste	Montant (\$CAD)
Coût d'achat	22 000
Options incluses	6 000
Transport (excluant les douanes)	6 000
Frais d'installation et divers	0
Total d'investissements*	34 000

* À noter que plusieurs programmes de subventions sont disponibles et permettent de partager les frais d'investissements. Parlez-en avec votre conseillère ou votre conseiller.

Coûts de fonctionnement

La vitesse d'opération de la remplisseuse est variable selon les entreprises, mais aussi selon les opérations nécessaires. Les vitesses présentées afin de calculer les coûts d'opération (tableau 2) sont donc des vitesses moyennes annuelles. L'objectif de production retenu est de faire 240 plateaux de semis par heure ou 480 pots de 4 po.

La remplisseuse permet principalement d'améliorer la productivité de la main-d'œuvre et donc de réduire les heures de travail. Les frais en moins considérés sont uniquement le travail de la main-d'œuvre.

L'opération de la remplisseuse demande principalement de la main-d'œuvre et de l'électricité. Les frais de possession sont calculés avec la méthode D.I.R.T.A., qui considère la dépréciation, les intérêts, les réparations et l'entretien ainsi que les assurances (tableau 3). Ces coûts sont calculés en proportion du montant total d'achat de l'équipement.

Tableau 12. Coûts pour l'opération d'une remplisseuse

Poste	Quantité	Montant (\$ CAD)
Frais en moins par heure		
Main-d'œuvre	240 plateaux ou 480 pots, 4 personnes, 22,49 \$/h	89,96
Frais en plus par heure		
Main-d'œuvre	240 plateaux ou 480 pots, 1 personne, 22,49 \$/h	22,49
Électricité	2,04 kWh	1,06
Total		23,55
Marge par heure avant les frais annuels		
Économie		66
Frais de possession (base annuelle)		
D.I.R.T.A. (10,8 %)		3 672

Tableau 13. Détail du D.I.R.T.A.

D = Dépréciation (amortissement)	4,75 %	R = Réparation et entretien	4,00 %	A = Assurances	0,39 %
I = Intérêt	1,63 %	T = Taxes foncières	0,00 %		

Source : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2021). Loyer annuel – Fonds de terre, bâtiments, machineries et équipements. AGDEX 824/825a. CRAAQ. 2 pages.

Analyses de sensibilité

L'opération de la remplisseuse peut permettre une économie d'environ 66 \$ par heure (tableau 2). Toutefois, il est important de considérer les frais de possession sur une base annuelle (D.I.R.T.A.). Pour couvrir l'ensemble de ses coûts, le remplisseur devrait être utilisé minimalement 55 heures par année aux vitesses indiquées, ce qui permettrait de faire plus de 13 250 plateaux de semis ou 26 500 pots de 4 po.

Plusieurs facteurs influencent ces estimations, notamment la vitesse de remplissage initiale (sans la remplisseuse). En effet, une faible vitesse de remplissage demande des frais de main-d'œuvre élevés, la remplisseuse permet alors des économies plus importantes; l'opposé est aussi vrai. Le Tableau 4 permet de comparer différentes vitesses manuelles initiales et d'estimer le nombre d'heures d'opération (et de plateaux/pots) nécessaires pour rentabiliser l'équipement.

Il est important de noter que la durée de vie estimée de la remplisseuse est de vingt ans. Le nombre de plateaux de semis ou de pots et les vitesses d'opération doivent donc être maintenus durant la totalité de la vie de l'équipement.

Tableau 14. Comparaison du nombre d'heures et de plateaux nécessaires pour atteindre la rentabilité selon différentes vitesses manuelles

Type de contenant	Plateaux de semis			Pots de 4 po		
Vitesse manuelle (plateaux ou pots/h)	40	60	80	120	150	200
Nombre d'heures nécessaires	33	55	84	55	76	121
Nombre de plateaux/pots nécessaires	7 912	13 270	20 066	26 541	36 403	57 930

Exemple de calcul de la période de retour sur investissement

Pour connaître la période de retour sur investissement, il est possible de faire les calculs suivants :

$$PRI = \frac{\text{Coût d'investissement}(\$)}{\text{Économie nette}(\$)}$$

Exemple :

Pour une entreprise faisant 500 plateaux de semis (188 cellules x 500 plateaux = 94 000 plants) et 90 000 pots de 4 po, et ayant des vitesses manuelles initiale de 60 plateaux ou 120 pots par heure par employé pour un groupe de quatre employés :

1. Le nombre d'heures d'utilisation de la remplisseuse : $500/(60 \times 4) + 90\,000/(120 \times 4) = 190$ h/année ;
2. Les frais d'utilisation (sans amortissements ni intérêt) = $34\,000 \$ \times (4 \% + 0 \% + 0,39 \%) = 1\,492 \$$;
3. L'économie nette : $(190 \text{ h} \times 66 \$/\text{h}) - 1\,492 \$ = 11\,048 \$$ économisés par année ;
4. PRI : $34\,000 \$/11\,048 \$ = 3$ années.

Partenaires de réalisation



Partenaire financier



Pour en savoir davantage

Patrick Brassard, ing., Ph. D.
Chercheur, IRDA

418 643-2380 poste 601
patrick.brassard@irda.qc.ca
www.irda.qc.ca

SEMIS

INFOFICHE - Horticulture ornementale et production de fruits et légumes en serre

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Mise en contexte

Le semis consiste à la mise en terre des semences, généralement dans des plateaux de semis préalablement remplis de substrat. Cette tâche de début de saison est particulièrement ardue et répétitive lorsqu'elle est effectuée à la main. Les travailleurs doivent notamment maintenir des positions statiques sur de longues périodes, pouvant leur occasionner des douleurs au dos et aux membres supérieurs. Une vaste gamme de semoirs est disponible sur le marché avec différentes options. Certains sont entièrement automatisés et même inclus dans une ligne de semis complète, alors que d'autres sont semi-automatisés ou manuels. Ces machines peuvent autant être utiles en horticulture ornementale qu'en culture maraîchère en serre, par exemple, en production de laitues et autres cultures qui nécessitent une importante quantité de semis.

Semoirs et lignes de semis automatiques

Les semoirs automatiques peuvent être entièrement autonomes ou être utilisés dans une ligne d'opérations automatisée. Ces lignes de semis incluent généralement plusieurs unités modulaires permettant le défilage, le remplissage, le « dibbling », le semis, le recouvrement, l'arrosage et puis l'empilage. Ces machines peuvent également utiliser tous les types de semences et différents systèmes de semis (à rangée, à rouleau, à rouleau avec plaque, à aiguille, etc.). Certains modèles ne peuvent semer qu'exclusivement des plateaux de semis, alors que d'autres peuvent semer en plus des plateaux, des pots et des blocs de sol compressé.

Entreprises

- Blackmore (MI, États-Unis)
- Bootstrap Farmer (États-Unis)
- Bouldin & Lawson (TN, États-Unis)
- Da Ros (Italie)
- Flier Systems (Pays-Bas)
- Gro Mor (MA, États-Unis)
- Jang automation co. Ltd (Corée du Sud)
- Johnny's Seeds (ME, États-Unis)
- KW Automation (Australie)
- Mosa Green (Pays-Bas)
- Plug Pop (OR, États-Unis)
- Urbinati (Italie)
- Visser (Pays-Bas)
- Williams (Australie)



Source : Urbinati - SEMLAMBDA65

Caractéristiques	Options disponibles
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 120 à 1 600 plateaux/heure. ▪ Tous types de semences. ▪ Modèles compatibles avec une variété de contenants et avec des blocs de sol compressé ▪ Différents systèmes de semis, en fonction du modèle. ▪ Unités de semis multiples, différentes variétés de graines dans un même plateau. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Défilage des plateaux. ▪ Forage ou « dibbling » pour semis. ▪ Compaction/vibration. ▪ Raclage/brossage. ▪ Recouvrement après semis. ▪ Arrosage. ▪ Empilage des plateaux semés.

Semoirs semi-automatiques

Les semoirs semi-automatiques permettent une première approche d'automatisation du processus de semis. Ils nécessitent au moins un opérateur afin d'actionner les plateaux. Ces machines utilisent généralement de l'air comprimé via un système pneumatique et ne peuvent semer que dans des plateaux dans la plupart des cas.



Source : Visser – SA-10

Caractéristiques	Options disponibles
<ul style="list-style-type: none">1 500 à 2 400 rangées¹/heure et jusqu'à 1 400 rangées/min.Changements rapides pour tous types de semences.Tous types de plateaux, en fonction du modèle.Différents systèmes de semis, en fonction du modèle.	<ul style="list-style-type: none">Forage ou « dibbling » pour semis.

Analyse économique – Ligne de semis automatique (entrée de gamme)

Mise en contexte

La modélisation du coût pour une ligne de semis automatisée est basée sur des soumissions de fournisseurs d'équipement. Le semis est une activité principalement effectuée au printemps alors qu'il y a beaucoup de tâches à accomplir et que le temps est précieux. Par exemple, l'économie de deux employés durant une semaine au printemps vaut plus que leur salaire, car il y a des avantages en gestion (et potentiellement des gains monétaires) à diminuer le temps de semis pour faire d'autres tâches. Pour refléter cette réalité, le taux horaire retenu de 17,99 \$ est majoré de 25 % pour atteindre 22,49 \$/h.

Coûts d'investissement

L'équipement présenté dans cet exemple nécessite un courant électrique triphasé. Il est donc supposé que l'entreprise possède déjà l'entrée électrique nécessaire. L'équipement proposé comprend un dépilateur, une empoteuse, un semoir, un distributeur de vermiculite, un tunnel d'arrosage et un convoyeur (Tableau 1). Cet équipement ne demande pas d'installation particulière. Les taxes sont exclues.

Tableau 15. Estimation des coûts d'investissements pour une ligne de semis automatisée

Poste	Montant (\$ CAD)
Coût d'achat	33 000
Options incluses	0
Transport (excluant les douanes)	5 000
Frais d'installation et divers	0
Total d'investissements*	38 000

* À noter que plusieurs programmes de subventions sont disponibles et permettent de partager les frais d'investissements. Parlez-en avec votre conseillère ou votre conseiller.

¹ Variable selon les dimensions des plateaux. Un plateau de 128 cellules, par exemple, contient 16 rangées de 8 cellules.

Coûts de fonctionnement

La vitesse d'opération de la ligne de semis est variable selon les entreprises. Les vitesses présentées afin de calculer les coûts d'opération (tableau 2) sont donc des vitesses moyennes annuelles. L'objectif de production retenu est de 80 plateaux de semis par heure. Il est important de prendre en considération les changements de variétés qui nécessitent de changer les semences dans l'équipement.

La ligne de semis permet notamment de réduire le temps de travail. Les frais en moins considérés sont uniquement le travail de la main-d'œuvre.

L'opération de la ligne de semis demande peu d'électricité. Les tâches nécessaires sont le suivi de l'équipement et son remplissage. Les frais de possession et d'entretien sont aussi considérés avec la méthode D.I.R.T.A., qui considère la dépréciation, les intérêts, les réparations et l'entretien ainsi que les assurances (tableau 3). Ces coûts sont calculés en proportion du montant total d'achat de l'équipement.

Tableau 16. Coûts pour l'opération d'une ligne de semis automatisée

Poste	Quantité	Montant (\$ CAD)
Frais en moins par heure		
Main-d'œuvre	80 plateaux, 2,7 personnes, 22,49 \$/h.	61
Frais en plus par heure		
Main-d'œuvre	80 plateaux, 1 personne, 22,49 \$/h.	22,50
Électricité	4,95 kWh	2,60
Total		25,10
Marge par heure avant les frais annuels		
Économie		36
Frais de possession (base annuelle)		
D.I.R.T.A. (12,4 %)		4 712

Tableau 17. Détail du D.I.R.T.A.

D = Dépréciation (amortissement)	6,33 %	R = Réparation et entretien	4,00 %	A = Assurances	0,40 %
I = Intérêt	1,63 %	T = Taxes foncières	0,00 %		

Source : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2021). Loyer annuel – Fonds de terre, bâtiments, machineries et équipements. AGDEX 824/825a. CRAAQ. 2 pages.

Analyses de sensibilité

L'opération de la ligne de semis peut permettre une économie d'environ 36 \$ par heure (tableau 2). Toutefois, il est important de considérer les frais de possession sur une base annuelle (D.I.R.T.A.). Pour couvrir l'ensemble de ses coûts, la ligne de semis devrait être utilisée minimalement 135 heures par année aux vitesses indiquées, ce qui permettrait de faire plus de 10 000 plateaux de semis (tableau 4).

Plusieurs facteurs influencent ces estimations, notamment la vitesse initiale de remplissage (sans ligne de semis). En effet, une faible vitesse d'opération demande des frais de main-d'œuvre élevés, l'automatisation permet alors des économies plus importantes ; l'opposé est aussi vrai. Le tableau 4 permet de comparer différentes vitesses manuelles initiales et d'estimer le nombre d'heures d'opération nécessaires pour rentabiliser l'équipement.

Il est important de noter que la durée de vie estimée de la ligne de semis est de 15 ans. Le nombre de plateaux de semis et les vitesses d'opération doivent donc être maintenus durant la totalité de la vie de l'équipement.

Tableau 18. Nombre d'heures et de plateaux nécessaires pour atteindre la rentabilité selon différentes vitesses manuelles

	Vitesse manuelle (plateaux /h)				
	10	25	30	45	50
Nombre d'heures nécessaires	30	100	135	316	431
Nombre de plateaux nécessaires	2 434	8 037	10 798	25 266	34 515

Exemple de calcul de la période de retour sur investissement

Pour connaître la période de retour sur investissement, il est possible de faire les calculs suivants :

$$PRI = \frac{\text{Coût d'investissement}(\$)}{\text{Économie nette}(\$)}$$

Exemple :

Pour une entreprise qui fait 10 000 plateaux et ayant une vitesse manuelle initiale de 30 plateaux par employé, faisant ensemble 80 plateaux par heure :

1. Le nombre d'heures d'utilisation de la ligne de semis : $15\,000 / 80 = 187,5$ h/année;
2. Les frais d'utilisation (sans amortissements ni intérêt) = $38\,000 \$ \times (4 \% + 0 \% + 0,39 \%) = 1\,668 \$$;
3. L'économie nette : $(187,5 \text{ h} \times 36 \$/\text{h}) - 1\,668 \$ = 5\,018 \$$ économisés par année;
4. PRI : $38\,000 \$ / 5\,018 \$ = 7,6$ années.

Partenaires de réalisation



Partenaire financier



Pour en savoir davantage

Patrick Brassard, ing., Ph. D.
Chercheur, IRDA

418 643-2380 poste 601
patrick.brassard@irda.qc.ca
www.irda.qc.ca

TRAVAIL EN RANG

INFOFICHE - Production de fruits et légumes en serre

Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

Mise en contexte

La production de fruits et légumes en serre exige une gestion optimale de l'espace pour la culture. Les rangs sont étroits et les cultures tuteurées amènent à travailler à des hauteurs pouvant atteindre plus de 4 m pour assurer de bonnes conditions de culture. Pour répondre aux besoins de la culture maraîchère en serre, différents équipements pouvant être déplacés sur des systèmes de rails sont offerts sur le marché, tels que des chariots de récolte, des plateformes de travail et des pulvérisateurs. Ces équipements améliorent les conditions de travail, notamment en limitant les déplacements, le travail au-dessus des épaules et les risques de chute, tout en augmentant grandement l'efficacité et l'économie de temps. Cependant, les producteurs hésitent souvent à faire l'acquisition de tels équipements en raison des coûts d'investissements élevés.

Entreprises

- Berg Hortimotive (Pays-Bas)
- Berkvens Greenhouse Mobility (Pays-Bas)
- Bogaerts Greenhouse Logistic (Belgique)
- Buitendjik Slaman (Belgique)
- Carretillas Amate (Espagne)
- IDM (Espagne)
- Metazet FormFlex

Système de rails



Source : Metazet FormFlex

L'installation d'un système de rails au sol permet d'utiliser une vaste gamme d'équipements compatibles (voir encadré suivant) à travers les rangs de culture, afin que les ouvriers puissent réaliser diverses opérations de façon efficace. Les systèmes de rails les plus communs sont les rails tubulaires. Ils sont généralement combinés au chauffage de la serre pour la circulation de l'eau chaude tout en offrant aussi l'avantage d'un guidage fluide des équipements. Les gains de temps en travaillant avec un tel système sont très variables en fonction des tâches à effectuer, puisqu'ils dépendent de plusieurs facteurs, mais peuvent atteindre 40 minutes par heure.

La plupart des équipements pour systèmes sur rails sont également disponible en version « hors-rails » avec des pneus tout-terrains ou des roues pour planchers bétonnés. Ils peuvent être manuels ou complètement automatisés et sont disponibles à un large éventail de prix, ce qui les rend accessibles aux entreprises serricoles de plus petite taille.

Une autre pratique courante consiste à installer un canal en « U » dans les allées pour guider les équipements hors-rails. Une paire de roues d'un côté (par exemple, avant et arrière droite), généralement en plastique ou en téflon, est guidée par le canal en « U », tandis que l'autre côté peut être équipé de roues pour plancher bétonné ou de pneus pour rouler directement sur le sol. Cette pratique est plus accessible pour les plus petites serres, surtout si celles-ci ne chauffent pas à l'eau, et elle permet d'effectuer sensiblement le même travail en offrant l'avantage du guidage entre les rangs de culture.

Options d'accessoires sur système de rail

- Chariots de récolte.
- Chariots d'effeuillage.
- Plateformes élévatrices.
- Pulvérisateurs avec réservoir.
- Module de nettoyage.
- Étagères de transport.
- Chariots « siège ».
- Bennes à feuilles.

Plateformes élévatrices

Les plateformes permettent de travailler aisément en hauteur en améliorant l'ergonomie et l'efficacité du travailleur. Les plants se retrouvent à hauteur de taille, facilitant les mouvements et limitant les postures difficiles.

Pour les modèles plus haut de gamme, qui sont généralement conçus pour les rails tubulaires, l'élévation par système hydraulique et les déplacements sont entièrement contrôlés à partir de la plateforme. Les déplacements sont aussi possibles sur les planchers bétonnés, ce qui permet de changer de rang en restant sur la plateforme.

Des modèles d'entrée de gamme sont également disponibles à des prix plus accessibles qui varient en fonction du niveau technologique de l'équipement. Pour certains modèles, la hauteur de la plateforme est ajustable manuellement et les déplacements peuvent être motorisés et contrôlés depuis la plateforme, tandis que d'autres sont entièrement manuelles. Ces types de plateformes sont aussi compatibles avec les rails tubulaires et certains modèles, hors-rails, sont montés sur des pneus tout-terrain, ce qui offre un net avantage pour les serre non équipés de rails.

Les caractéristiques et les options générales des différents modèles de plateformes sont présentées dans les encadrés ci-dessous.



Source: Bogaerts Greenhouse Logistic - Qii-Lift pipe rail trolley

Caractéristiques

- Alimentation électrique par batterie rechargeable.
- Élévation de la plateforme par système hydraulique ou manuel.
- Déplacement motorisé ou manuel.
- Vitesse de déplacement jusqu'à 120 m/min.
- Hauteur de plateforme pouvant atteindre 6,5 m.

Options disponibles

- Roues pivotantes pour déplacement et manipulations sur les sols bétonnés.
- Avancement automatique « cruise control ».
- Accessoires complémentaires : boîtes pour outils, bacs de récolte, plateformes de travail supplémentaires, pare-soleil, batterie externe, etc.
- Stabilisateurs (plateformes à haute élévation).
- Ajustement possible des roues selon les dimensions du système de rail.

Analyse économique – système de rails avec plateforme élévatrice

Mise en contexte

La modélisation du coût pour l'installation de rails tubulaires et d'une plateforme élévatrice est basée sur des soumissions des fournisseurs d'équipements. Il est à noter que le chauffage à l'eau dans les rails tubulaire n'a pas été pris en compte dans cette analyse.

Coûts d'investissements

Les frais liés à l'installation des rails dépendent des dimensions de la serre et du nombre de rangs. La modélisation (tableau 1) est effectuée pour 16 allées entre les rangs de 150 pieds de long, ce qui peut équivaloir à 4 serres jumelées de 22 pieds de large. Les taxes sont exclues.

Tableau 19. Estimation des coûts d'investissements pour des rails et une plateforme

Poste	Montant (\$ CAD)
Coût d'achat	
Rails	36 000
Plateformes	9 000
Options incluses	1 000
Transport (excluant les douanes)	10 000
Frais d'installation et divers	10 000
Total d'investissements*	66 000

* À noter que plusieurs programmes de subventions sont disponibles et permettent de partager les frais d'investissements. Parlez-en avec votre conseillère ou votre conseiller.

Coûts de fonctionnement

L'utilisation des rails et d'une plateforme permet d'améliorer la productivité des travailleurs et travailleuses. Il n'y a pas de frais en moins, mais plutôt des gains en plus. Ces gains peuvent varier énormément entre les entreprises. Ce gain est présenté ici en termes de minutes/heure. Selon le contexte, il est possible d'évaluer ce gain comme étant une productivité accrue ou bien des frais de main-d'œuvre réduits.

L'opération de la plateforme demande des frais négligeables en électricité; ceux-ci ne sont pas considérés. Des coûts annuels de possession de 7 104\$ ont été calculés avec la méthode D.I.R.T.A., considérant la dépréciation, les intérêts, les réparations et l'entretien ainsi que les assurances (tableau 2). Ces coûts sont calculés en proportion du montant total d'achat de l'équipement.

Tableau 20. Détail du D.I.R.T.A.

D = Dépréciation (amortissement)	4,75 %	R = Réparation et entretien	4,00 %	A = Assurances	0,39 %
I = Intérêt	1,63 %	T = Taxes foncières	0,00 %		

Source : Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. (2021). Loyer annuel – Fonds de terre, bâtiments, machineries et équipements. AGDEX 824/825a. CRAAQ. 2 pages.

Interprétation

L'avantage de l'équipement étant un gain de temps (présenté en minutes/heure), il est utile de se poser la question suivante :

Combien de minutes par heure de travail dois-je économiser pour rentabiliser mon équipement ?

Le tableau 3 peut aider à répondre à cette question. Ce dernier indique que pour une utilisation de 1 000 heures par année, il est nécessaire de gagner 23 minutes par heure travaillée, soit un objectif très réaliste. C'est donc un équipement qui est d'autant plus rentable lorsqu'il est utilisé fréquemment. Par exemple, avec une utilisation de 5 000 heures annuellement, il est nécessaire de gagner minimalement aussi peu que 4,7 minutes par heure d'utilisation de la plateforme. Il est à noter que ce gain doit être maintenu durant l'ensemble des heures travaillées et durant la durée de vie utile de l'équipement, estimée à 20 ans.

Tableau 21. Table de sensibilité du nombre de minutes par heure économisées nécessaires pour atteindre la rentabilité

Nombre d'heures annuelles d'utilisation de la plateforme	1 000	1 500	2 000	3 000	5 000	8 000
Minutes de gain par heure nécessaire	23,7	15,8	11,9	7,9	4,7	3,0

Exemple de calcul de la période de retour sur investissement

Pour connaître la période de retour sur investissement (PRI), il est possible de faire les calculs suivants :

$$PRI = \frac{\text{Coût d'investissement}(\$)}{\text{Économie nette}(\$)}$$

Exemple :

Pour une entreprise qui fait un investissement de 70 000 \$ et ayant un gain de 5 min/h pour chacun de ses quatre employés utilisant la plateforme 1 200 heures chacun, soit 4 800 heures annuellement :

1. Les frais d'utilisation (sans amortissements ni intérêt) = 70 000 \$ x (4 % + 0 % + 0,39 %) = 3 073 \$ / an;
2. Gain brut par heure (\$) = (5 min/h/60 min) x 17,99 \$/h = 1,50 \$/h;
3. Gain brut (\$) = 1,50 \$/h x (4 x 1 200 h) = 7 196 \$/an;
4. Économie nette (\$/an) = 7 196 \$ - 3 073 \$ = 4 123 \$;
5. PRI : 70 000 \$ / 4 123 \$/an = 17 années.

Partenaires de réalisation



Partenaire financier



Pour en savoir davantage

Patrick Brassard, ing., Ph. D.
Chercheur, IRDA

418 643-2380 poste 601
patrick.brassard@irda.qc.ca
www.irda.qc.ca

Annexe 3 – Notes ergonomiques des visites chez les producteurs

SYNTHÈSE VISITE ABRI-VÉGÉTAL – 26 AVRIL 2022 – 10h-13h

Projet IRDA- Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

La visite avait pour objectifs :

- De se familiariser avec la culture en serre;
- D'observer les problématiques mentionnées lors de l'atelier.

Ce document synthétise les observations « exploratoires », les commentaires recueillis auprès des personnes rencontrées et des contraintes potentielles pour chacune des étapes de production observées ou mentionnées.

PROBLÉMATIQUES MENTIONNÉES LORS DE L'ATELIER

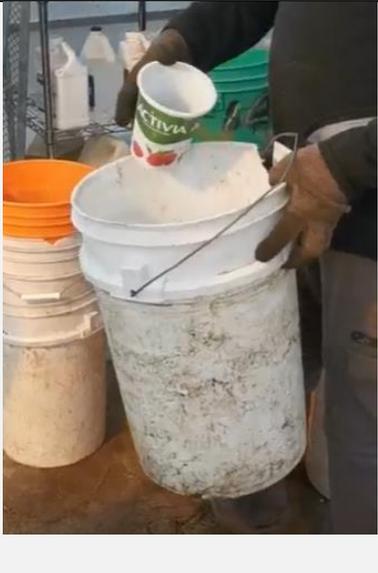
- Fertilisation;
- Nettoyage et séchage des salades;
- Désherbage manuel;
- Emballage (représente 40% de la charge de travail).

PROBLÉMATIQUES MENTIONNÉES LORS DE LA VISITE

- Semer = mal de dos;
- Vider la serre (durée 3 jours, très physique);
- Chaleur au printemps et l'été;
- Récolte des champignons (toujours penchée, posture difficile ex : couché...);
- Problème de main-d'œuvre (beaucoup de flexibilité pour conserver les employés).

ÉTAPES DE PRODUCTION PLANTS TOMATES, CONCOMBRES	OBSERVATIONS / COMMENTAIRES	PHOTOS
Attacher les plants	<p>Clip en métal accroché sur tige métallique</p> <p>Frédéric : Attention besoin de déplacer le clip à une certaine fréquence pour éviter les blessures des plantes/ désinfecter les clips</p>	
Effeuilier	Frédéric : ciseau spécifique?	
Ajuster l'attache au fur et à mesure du développement -	<p>Permet d'avoir les fruits toujours à hauteur de la taille</p> <p>Utilisation d'une « nacelle »</p> <p>Frédéric : l'ordre des tâches est important, car certaines opérations font en sorte que la hauteur de travail pour d'autres opérations sera changée.</p> <p>Note : Il est donc important de réfléchir si X opérations ont été faites avant de monter le plant, car la zone sera trop haute ou même trop basse dans certaines situations.</p>	
Couper les fleurs pour limiter/répartir la charge		

<p>Cueillir</p>	<p>Chariot avec 3 niveaux d'étagères. Roues centrales plus basses pour faciliter les virages (inspiration d'un modèle hollandais??). Le chariot a trois étages et permet d'y mettre plusieurs bacs ce qui favorise le cueilleur à réaliser un premier classement sur le chariot (grosueur/variété...)</p> <p>Chariot planche de bois avec petites roulettes pour transporter caisses (« roulis »)</p> <p>Note : quels types de roulettes et grosseurs pourraient faciliter les transports avec les «roulis»???</p> <p>Frédéric : gabarit de concombre pour aider à la récolte-longueur // diamètre</p>	  
<p>Retirer la grappe vide</p>	<p>Limite le développement de maladie</p>	

<p>Polliniser avec le blower</p>	<p>Permet de mieux contrôler la pollinisation</p>		
<p>Pulvériser</p>	<p>Fait avec une perche possédant une buse à son extrémité</p> <p>Frédéric : en réflexion-barre verticale avec buse pour limiter les mouvements et garantir une pulvérisation plus homogène</p>		
<p>Fertiliser</p>	<p>La fertilisation se fait à l'ancienne, il y en a 5-6 de planifiées par année et elles durent environ 4h. Avec une chaudière et un pot de yaourt. Besoin de soulever le tapis de sol.</p> <p>Note : Cette tâche laisse supposer que les travailleurs devront adopter des postures accroupies pour le faire en plus de traîner l'équipement dans les rangées des serres.</p> <p>Chaudière très légère selon Frédéric</p>		
<p>CONTRAINTES POTENTIELLES DANS LES SERRES</p>			

- Passage étroit
- Sol encombré
- Type de prise sur les bacs
- Zones d'atteintes élevées pour certaines situations
- Charge physique

ÉTAPES DE PRODUCTION VERDURES	COMMENTAIRES/OBSERVATIONS	PHOTOS
Semer	<p>Position maintenue sur une durée significative. Note : possibilité de développer des douleurs au dos durant cette tâche. Cette tâche n'a pas été observée.</p> <p>Frédéric : Semeuse pour laitue</p>	
Désherber manuellement	<p>Table sur « roulements »</p> <p>Note : Le poids des tables à faire glisser semble assez élevé. Risque de coincement entre les rangées si une barre-frein n'est pas placée?</p>	
Récolter		
CONTRAINTES POTENTIELLES POUR LES CULTURES SUR TABLES		
<ul style="list-style-type: none"> • Zones d'atteintes semblent éloignées pour les cultures se trouvant dans le centre des tables. • Espace pour circuler semble limité • Organisation des cultures sur table. Celles placées au centre sont moins accessibles, possibilité d'optimiser? 		

ÉTAPES DE PRÉPARATION DES COMMANDES	COMMENTAIRES/OBSERVATIONS	PHOTOS
Laver	<p>Verdure seulement ???</p> <p>Frédéric – achat essoreuse + système de bulleuse dans lavabo</p> <p>NOTE : Lavage des pousses et salade : un tamis pourrait-il être utilisé pour récupérer les salades et pousses dans la cuve après le lavage avec bulles d'air?</p>	
Emballer par film (Concombre)	<p>Tâche prioritaire après la cueillette du concombre pour assurer de conserver la fraîcheur de celui-ci.</p>	

<p>Sélectionner les légumes dans bac de récolte</p>	<p>Tri des tomates (Trieuse pour tomates-problème d'une trop grande diversité de sorte)</p> <p>Méthode concombre : longueur // largeur du bac</p>	
<p>Mise en caisse</p>	<p>Nombreux déplacement de caisse</p> <p>Tomates – sur tables pliantes/ tient 6 caisses/ besoin de se pencher pour répartir les tomates dans les caisses</p> <p>Concombres – sur grande table sur roulettes / équipée d'un rail pour faciliter le glissement des caisses en plastique et limiter le « grincement »</p>	

<p>Étiqueter (Étiqueteuse automatique pour différent gabarit?)</p>	<p>Chaque fruit (pas d'étiquette sur les mini-concombres?) Chaque caisse Étiqueteuse pneumatique avec crochets au plafond pour soutenir le tuyau d'air</p> <p>Note : les crochets du fil d'air comprimé pourraient-ils être mobiles?</p>	
<p>Palettisation</p>	<p>Palette au sol. Optimisation de la capacité de chargement qui implique une hauteur élevée. Grande amplitude de hauteur de dépôt (sol jusqu'à environ 2mètres). L'espace de travail autour de la palette est restreint.</p> <p>Poids des caisses de tomates ancestrales : 10-18 livres</p> <p>Poids casses de concombre : environ 27 livres (pesée d'une casse sur place)</p>	

Stocker dans le frigo	Rotation des produits Encombrement	
Laver les caisses en plastiques	fait à l'extérieur (environ 6000 caisses par année)	
Monter les caisses en carton	Environ 6000 caisses par année. Frédéric : Cascade a déjà vendu les caisses pré montées, pas une grosse différence de prix, problème d'espace de stockage	

CONTRAINTES POUR LA PRÉPARATION ET L'EMBALLAGE

- Espace très limité et encombré
- Hauteur de l'empilement des caisses est élevée (risque de chute de la pile, posture contraignante pour travailler...)
- Organisation des zones/postes ne semble pas définie
- Nombreuses manipulations/re-manipulations des caisses
- Imprévu des commandes. Modifications possibles la journée même (réduction de la marge de manœuvre, ajustements stratégiques du fournisseur ex : besoin de retourner cueillir...)
- Sol de béton
- Préparation des commandes : Est-ce le même processus selon le produit? Quels équipements sont nécessaires selon le produit (balance, film, sac, caisse+tapis,...)? Comment les processus se coordonnent? S'enchaînent?



SYNTHÈSE VISITE MAISONS DES FLEURS VIVACES – 15 JUIN 2022 – 13h30-15h30

Projet IRDA- Solutions durables et adaptées pour augmenter la productivité et réduire la charge de travail dans les petites et moyennes exploitations serricoles

La visite avait pour objectifs :

- De se familiariser avec la culture en serre;
- D'observer les problématiques mentionnées lors de l'atelier.

Ce document synthétise les observations « exploratoires », les commentaires recueillis auprès des personnes rencontrées et des contraintes potentielles pour chacune des étapes de production observées ou mentionnées.

PROBLÉMATIQUES MENTIONNÉES LORS DE L'ATELIER

- Préparation des commandes (déplacement, manutention);
- Empotage (tâche répétitive);
- Travail sur table (profondeur);
- Déplacement des plantes (erreur, perte de temps).

PROBLÉMATIQUES MENTIONNÉES LORS DE LA VISITE

- Préparation des commandes : manutention des plants au sol, la répétition;
- Arrosage;
- Contrôle de qualité.

ÉTAPES DE PRODUCTION	OBSERVATIONS / COMMENTAIRES	PHOTOS
Empoter	<p>Des machines « empoteuses » sont utilisés pour remplir les pots de terre (qu'en est-il pour les plateaux ?). Pour les anciennes serres, la terre est mise en vrac dans l'empoteuse avec une chargeuse (mais utilisent aussi pour du terreau plus léger en balle pour les semis). Une nouvelle empoteuse a été achetée pour les nouvelles serres et serait encore plus performante (remplissage par balle de terre).</p> <p>Note : Manutention des pots vides, des plateaux, des plateaux avec pots pleins vers les palettes.</p> <p>Mathieu : souhait de remplacer la plus vieille empoteuse.</p>	
Semer	Note : non observé, travail a priori répétitif et statique	
Bouturer	Note : travail répétitif et statique	

<p>Rempoter</p>	<p>Travailleur doit manutentionner les plateaux de 128, les déposer sur le trolley, déplacer le trolley et les manutentionner sur les tables. Plants faciles à extraire des caissettes (celles-ci sont récupérées et rincées avant d'être réutilisées).</p> <p>Note :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'est pas clair si la hauteur des tables devrait être différente en fonction du type de plant et de sa hauteur. Les tables sont très profondes (peuvent contenir 4 cabarets de 10 plantes potagères selon proprio). • Comment sont manutentionnés les plateaux de 6/10 entre la palette et les tables avant le repotage? <p>Mathieu : Tables en bois. La hauteur des tables n'est pas la même partout. Selon propriétaire, la hauteur idéale serait de 28 pouces, certaines tables seraient trop hautes (ex. serre 48). Plusieurs sont à reconstruire car pourries. Différentes possibilités : 1) tables inondantes (60 000\$ avec subvention), tables de métal non inondantes (100 000\$) et tables de bois (15 000\$ de matériel, plus son temps). A choisi le bois, demande de l'entretien mais est assez durable.</p>	
<p>Arroser</p>	<p>Le même travailleur est affecté à l'arrosage toute la journée. C'est une expertise très importante. A un fusil arroseur en main (longueur de 2 pieds ?), (jet sans pression importante). Doit atteindre tant les pots éloignés que ceux qui sont proches et maintenir un mouvement lent et constant.</p> <p>Note : Statisme du maintien du fusil et gestes répétitifs du/des membre(s) supérieur(s)</p> <p>Mathieu : a testé l'arrosage automatique dans les serres plus anciennes et les nouvelles serres (en divisant en 4 sections). N'est pas satisfait du résultat, l'eau revole partout, les besoins des plants sont variés, petits pots et gros pots, l'arrosage n'est pas assez précis. Préfère continuer l'arrosage manuel.</p>	
<p>Pulvériser</p>	<p>Mathieu : préfère avoir plusieurs serres plutôt que de grosses serres, ce qui limite les risques de propager des maladies/ravageurs</p>	
<p>CONTRAINTES POTENTIELLES DANS LES SERRES</p>		

- Aménagement des tables (absences, hauteurs, profondeur)
- Manutention des pots, des plateaux
- Travailleurs sont spécialisés à une tâche précise et y travaillent de façon continue : 1) bouturage; 2) arrosage; 3) livraison chez les clients.

ÉTAPES DE PRÉPARATION DES COMMANDES	COMMENTAIRES/OBSERVATIONS	PHOTOS												
Collecter des plantes	<p>Manutention manuelle de plateaux (2 à 3 en même temps) assez lourds entre les serres et le chariot disposé dans le corridor central. Prise des plateaux sur les tables (hauteur 28 po ou plus) ou parfois directement au sol (manquait de tables dans plusieurs serres lors de notre visite).</p> <p>Pas d'inventaire informatisé. Les employés prennent note d'où se trouve les plants (no. de serre et d'emplacement) et communiquent par walkie-talkie.</p> <p>Dans nouvelle serre, convoyeur mobile et de longueur modulable par section, afin de réduire les déplacements avec les plateaux (convoyeur peut se mettre en mode avance ou recule). Utile surtout pour de grandes commandes d'une même variété chez un même client.</p> <p>Note :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manutention des plateaux • Cumul de plus de 10 km de marche par jour? Voir la qualité du sol, des roulettes pour faciliter déplacement • Se pencher pour prendre les plateaux – fatigue, dos. • Dépôt des plateaux sur des chariots dont les étages vont de très bas à très haut (sol à dessus de la tête). <p>Mathieu : Déplacement des chariots difficile.</p>	<table border="1" data-bbox="1371 302 1953 605"> <tr> <td>Serre</td> <td>Serre</td> <td>Serre</td> <td>Serre</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Corridor central</td> </tr> <tr> <td>Serre</td> <td>Serre</td> <td>Serre</td> <td>Serre</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>	Serre	Serre	Serre	Serre	Corridor central				Serre	Serre	Serre	Serre
Serre	Serre	Serre	Serre											
Corridor central														
Serre	Serre	Serre	Serre											
Transporter des chariots à commandes	<p>Fait avec chariots élévateurs. Chemins entre les serres ne sont pas toujours beaux (gravier, asphalte cahoteux).</p> <p>Note : Problèmes musculo-squelettiques des caristes (siège adéquat pour surface cahoteuses ?) Risques liés à l'obstruction de la vision ? Possibilité d'ajout/modification de système de maintien des chariots sur les fourches?</p> <p>Mathieu : Cette saison, 10 incidents où un chariot rempli de plants a glissé des fourches (erreur dans inclinaison des fourches)</p>													

Contrôler la qualité	<p>Chaque plateau et chaque pot doivent être vérifiés pour s'assurer de la qualité du plant et de son esthétisme. Les feuilles jaunies sont enlevées manuellement. Dans quelques cas, il est possible de laisser le plateau sur le chariot pour inspecter les plants.</p> <p>Travailleurs installent le plateau sur un petit chariot pour faire l'inspection. Les plateaux sont arrosés après cette étape, mais parfois ils viennent d'être arrosés.</p> <p>Note :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autres manutentions des plateaux à des hauteurs non optimales pour prendre et replacer les plateaux. Certains plateaux peuvent être particulièrement lourds lorsque les plants viennent d'être arrosés. • Travail manuel répétitif pour manipuler les plants et retirer les feuilles jaunies. 	
Transporter des commandes chez les clients	<p>Chariots sont livrés chez clients, puis récupérés vides pas la suite. Camionneurs sont souvent des travailleurs âgés ayant travaillé auparavant à la production.</p>	
CONTRAINTES POTENTIELLES POUR LA PRÉPARATION ET L'EMBALLAGE		
<ul style="list-style-type: none"> • Manutention manuelle à plusieurs reprises des plateaux (avec terre, plante, et eau) par différentes personnes • Déplacement de chariot (manuel et avec le chariot élévateur) 		

AUTRES TÂCHES	COMMENTAIRES/OBSERVATIONS	PHOTOS
Ouvrir les volets et contrôler le chauffage	Mathieu : Système de fermeture des volets et de chauffage : se fait de façon automatique dans les nouvelles serres (très précis et très fiable) et de façon manuelle dans les anciennes serres.	