

Culture de climat frais sous abris

Bok choy, épinard, laitue multicroûtes, roquette

Réalisation

Ferme Chapeau Melon
Ferme du Coq à l'Âne de Bury
Ferme la Coulée Douce
Jardins des Funambules
Ferme des Quatre-Temps
Claudia Thibodeau, technicienne, CETAB+
Jean-Baptiste Milesi, technicien, CETAB+
Mathieu Picard-Flibotte, technicien, CETAB+
Stéphanie Duranceau, agronome, M.Sc., CETAB+
Sylvain Drolet, stagiaire, CETAB+
Josée Bonneville, agronome, enseignante, ITAQ St-Hyacinthe
Judith Lacharité, étudiante, l'ITAQ
Marie-Hélène Riendeau, étudiante, l'ITAQ

Suivi en entreprise

Sophie Guimont, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre
Riva Khanna, agronome, MAPAQ, Montérégie
Jenny Leblanc, agronome, MAPAQ, Capitale-Nationale
Geneviève Legault, agronome, M.Sc., MAPAQ, Estrie et Julie Marcoux, dta, MAPAQ, Estrie
Julien Venne, agronome, M.Sc., MAPAQ, Outaouais

Rédaction

Charlotte Giard-Laliberté, agronome, M.Sc., chargée de projet, CETAB+

Révision

Jenny Leblanc, agronome, MAPAQ, Capitale-Nationale
Julien Venne, agronome, M.Sc., MAPAQ, Outaouais



CETAB+

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

CEGEP DE VICTORIAVILLE

Publié le :

16 janvier 2023

cetab.bio/publications

Personne-ressource pour information

Charlotte Giard-Laliberté, agr., M.Sc.
CETAB+
475, rue Notre-Dame Est
Victoriaville (Québec) G6P 4B3
Téléphone : 819 758-6401 poste 2783
Courriel : charlotte.giard-laliberte@cegepvicto.ca

Remerciements

Nous voulons remercier les personnes suivantes qui ont contribué à la réalisation de ce projet :

Christine Villeneuve, agronome, MAPAQ Montérégie, pour l'idéation initiale du projet ainsi que le partage de son expertise.

Matthieu Brisset, ingénieur junior, pour la coordination du chantier de construction des serres du CETAB+.

François Gendreau-Martineau, agroéconomiste, pour sa participation au développement du projet.

Ce projet a été financé par le programme Innov'Action volet 3 du MAPAQ.

Québec 

Citation suggérée :

Giard-Laliberté, Charlotte. 2022. Culture de climat frais sous abris : Bok choy, épinard, laitue multicroques et roquette. CETAB+. 37 pages.

TABLE DES MATIÈRES

Mise en Contexte.....	4
Infrastructure et gestion climatique	4
Préparation des parcelles	5
Implantation	5
Suivi des cultures et récoltes.....	6
Synthèse	8
Bok Choy	9
Épinard	11
Laitue multicroûpes.....	14
Roquette.....	18
Essais à la ferme	19
Références.....	21
Pour aller plus loin :.....	21
À quoi penser avant la construction d’une serre :.....	21
Annexe.....	22
Bok Choy.....	22
Jours à maturité.....	22
Rendements	23
Épinard.....	25
Jours à maturité.....	25
Rendement.....	26
Laitue multicroûpes.....	29
Jours à maturité.....	29
Rendement.....	30
Roquette	33
Jours à maturité.....	33
Rendement.....	34
Jours à maturité.....	37

MISE EN CONTEXTE

La culture de climat frais sous abris est définie ici comme toute culture produite en serre, tunnel, mini-tunnel ou abri autre, sans chauffage ou avec chauffage minimal, et dont on vise la récolte à l'automne, à l'hiver ou au printemps. Afin de mieux circonscrire les différentes stratégies de production s'inscrivant comme culture de climat frais sous abris, la terminologie suivante est proposée:

Stratégie de production	Période d'implantation	Période de récolte
Prolongement de la saison	Fin d'été/ début d'automne	Avant la fin décembre
Culture hivernale	Début à fin d'automne	Janvier-Février-Mars
Culture hivernée	Automne	Avril-Mai-Juin

Un projet de vitrine technologique sur les cultures de climat frais a été réalisé de l'automne 2020 au printemps 2022 afin de documenter ce type de production qui gagne en popularité chez les producteurs maraîchers biologiques et diversifiés. Quatre cultures ont été documentées : le bok choy, l'épinard, la laitue de type Salanova® récoltée en mesclun ainsi que la roquette. Des parcelles ont été implantées à l'Institut national d'agriculture biologique (INAB) afin d'évaluer le nombre de jours à maturité, le rendement potentiel, la résistance au froid ainsi que la présence de ravageurs et pathogènes. Plusieurs de ces cultures ont aussi été suivies sur cinq entreprises maraîchères situées en Estrie, en Montérégie, en Outaouais ainsi que dans la Capitale Nationale.

Infrastructure et gestion climatique

Les essais ont été menés à l'INAB de septembre à fin avril pendant deux années (2020-21 et 2021-22), dans une serre non-chauffée, une serre minimalement chauffée (toutes deux recouvertes d'un polyéthylène double) et dans des structures de type mini-tunnel. Les mini-tunnels sont des structures permettant de recouvrir deux planches de cultures d'un polyéthylène simple. Dans la serre non chauffée, nommée *serre froide* ci-après, les cultures étaient protégées du gel avec des couvertures flottantes installées en fin de journée et retirées le matin. La serre minimalement chauffée était chauffée à 5°C à l'aide d'un aérotherme. Cette serre est ici nommée *serre 5°C*. Les essais dans la serre 5°C n'ont eu lieu qu'une année, en 2021-22. Les deux serres sont identiques et installées côte à côte. Pour plus d'information concernant les infrastructures ainsi que les modalités de la gestion climatique, veuillez-vous référer à la fiche *Gestion climatique* (voir section *Références*).

Préparation des parcelles

Le sol des serres et des mini-tunnels de l'INAB est un sol de type sable loameux de la série de sol Fourchette contenant 77 % de sable, 10% de limon et 12 % d'argile. Des planches de 1,22 m centre-à-centre ayant 0,76 m de largeur utile ont été préparées à l'aide d'une grelinette et d'un motoculteur équipé d'un rotoculteur et d'une herse rotative.

Le tableau 1 présente un sommaire des éléments nutritifs majeurs et mineurs des deux serres en 2020 et 2021. On constate une différence marquée des teneurs en phosphore et potassium entre le sol des deux serres et celui des mini-tunnels. À noter que les mini-tunnels étaient dans un champ voisin.

Tableau 1. Résultats d'analyses de sol pour les trois types d'infrastructures (septembre 2021)

	pH	M. O.	P	K	Ca	Mg	Al	Sat. P	B	Mn
Infrastructure		%	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	ppm		ppm	ppm
Serre 5C	6,6	9,1	129	185	5940	278	815	7,1	0,65	98,9
Serre froide	6,6	8,7	131	107	5218	225	893	6,6	0,55	84,9
Mini-tunnel	6,9	9,2	224	464	5332	395	1074	9,3	0,59	36,6

Implantation

Le tableau 2 présente les principaux détails sur la régie de culture de chaque espèce. Les transplants ont été démarrés 21 jours (bok choy) ou 28 jours (laitue) avant les implantations, dans des multicellules 128. Le choix des cultivars s'est fait selon les recommandations de producteurs (Conférence de St-Rémi, 2019; Rendez-vous automnaux CAPÉ, 2019; échanges RJME). Toutes les cultures ont été fertilisées au moment de l'implantation à l'aide de fumier de volaille granulé. Aucune grille de référence en fertilisation n'étant disponible pour le bok choy et la roquette, des recherches sont nécessaires afin de déterminer les besoins nutritifs exacts de ces cultures. Les recommandations pour le radis ont été utilisées ici, car il s'agit d'une culture de la même famille que le bok choy et la roquette et qui est aussi à cycle court. Les cultures de bok choy et laitue ont été transplantées dans du paillis tissé noir pré-percé. Tout au long de la saison, les cultures étaient irriguées d'abord manuellement pour le semis direct, par aspersion jusqu'en décembre puis à l'aide de deux lignes goutte-à-goutte par planche jusqu'en avril et selon les besoins des cultures (aucune gestion automatisée).

Tableau 2. Sommaire de la régie de culture

Culture	Cultivar	Fertilisation	Type d'implantation	Nb rang	Espac. sur le rang	Densité
		kg d'N disp./ha ¹			cm	plants/m ²
Bok choy	Mei Qing Choi	110	T	4	15	22
Épinard	Space	120	SD	6	5	98
Laitue	Salanova Green Crisp	70	T	4	15	22
Roquette	Astro	110	SD	8	~0,8	820

SD : Semis direct, T : Transplant.

¹Quantité d'N disponible appliquée (un coefficient de minéralisation de l'N de 85% était utilisé pour le fumier granulé de poulet). Ex : 110 kg d'N/ha représente une dose de 130 kg N total/ha appliqué sous forme de fumier granulé de poulet.

Chaque combinaison culture x date d'implantation x type d'abris a été répété trois fois dans un dispositif en bloc complet (tableau 3). Chaque parcelle occupait 1 planche de largeur (1,22 m centre-à-centre et 0,76 m de largeur utile) et 1,51 m de longueur.

Tableau 3. Dates d'implantation en fonction de l'année d'essai et du type de structure.

Semis	2020-21		2021-22	
	<i>Date</i>	<i>Type de structure</i>	<i>Date</i>	<i>Type de structure</i>
S1	--	--	3 sept.	MT
S2	14 sept.	MT, serre froide	14 sept.	MT, serre froide, serre 5°C
S3	24 sept.	MT, serre froide	24 sept.	MT, serre froide, serre 5°C
S4	5 oct.	MT, serre froide	4 oct.	MT, serre froide, serre 5°C
S5	14 oct.	MT, serre froide	14 oct.	MT, serre froide, serre 5°C
S6	23 oct.	Serre froide	25 oct.	Serre froide, serre 5°C

MT : Mini-tunnel

Suivi des cultures et récoltes

Un décompte des populations a été fait au moment de la levée pour les cultures semées. Par la suite, un dépistage des cultures était fait à environ tous les 14 jours à l'automne, puis aux 21 jours à l'hiver. Tous les dommages abiotiques et biotiques ainsi que leur sévérité étaient notés. Des

échantillons de culture étaient envoyés au laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection lorsque l'identité du ravageur ou du pathogène était incertaine.

Le tableau 4 présente les critères de récolte utilisés pour les 4 cultures. Toutes les cultures étaient récoltées à une taille moyenne (ni le format bébé-feuilles ni à leur taille maximale). Pour les épinards, les feuilles étaient récoltées en les pinçant et en conservant les jeunes feuilles proches du point de croissance intactes, pour la repousse. Les plants de bok choy étaient coupés à la base (récolte unique). Les feuilles de bok choy pourraient se récolter individuellement afin d'être commercialisées comme verdurette. La roquette et la laitue multicroues ont été récoltées au-dessus du point de croissance, soit à environ 2-4 cm du sol. Toutes les répétitions d'une même combinaison culture x type d'abris x date d'implantation étaient récoltées en même temps, puis séparées en récolte commercialisable et non-commercialisable avant d'être pesées individuellement. Lors des deux années d'essai, bien que certaines cultures comme l'épinard auraient pu continuer à produire, toutes les récoltes se sont terminées à la mi-avril.

Tableau 4. Critères de récolte

Cultures	Critère 1	Critère 2
Épinard	largeur de feuille (section bombée): 7-10 cm	longueur de feuille (base de la feuille à la pointe): 10-14 cm
Bok choy	circonférence (partie bombée du plant): 20-24 cm	nb de feuilles pleinement déployées : 10-13
Roquette	hauteur (de la base du plant à la pointe): 19-23 cm	
Laitue multicroues	hauteur (de la base du plant à la pointe): 17-20 cm	

SYNTHÈSE

Les sections suivantes présentent une synthèse des informations recueillies pour chaque culture. Pour tous les détails sur les résultats obtenus à l'INAB, veuillez-vous référer à l'annexe.

La documentation des pratiques de prolongement de la saison et de culture hivernale dans le cadre du projet de vitrine a permis de faire ressortir quelques constats généraux. D'abord, la culture en mini-tunnel semble d'un intérêt limité pour toutes implantations après la mi-septembre et pour toutes récoltes après décembre. Considérant cela, il est possiblement plus facile et moins coûteux de remplacer la culture sous mini-tunnel par la culture de plein champ avec couvertures flottantes, pour les cultures résistantes au gel qui sont récoltées à l'automne. Le prolongement de la saison en serre froide et minimalement chauffée représente une option très intéressante pour les producteurs maraîchers afin de diversifier leur offre de légumes en saison froide. Les quatre cultures testées ici sont adaptées pour les implantations hâtives (septembre). Le choix de la culture et/ou de l'ajout de chauffage devient beaucoup plus critique pour les implantations d'octobre et les récoltes hivernales.

À moyen terme, l'intégration des cultures de climat frais dans la rotation de la production en serre comporte plusieurs défis. On pense entre autres à la gestion de la fertilité en sol froid, au temps nécessaire pour le vide sanitaire et la désinfection des infrastructures, ainsi qu'à la gestion phytosanitaire de ces cultures qui souvent subissent la pression des ravageurs généralistes déjà présents sur les cultures d'été.



**Image 1. Essai en serre non-chauffée
(INAB 1^{er} novembre 2021)**

Tableau 5. Définitions des termes utilisés dans les fiches synthèses

Terme	Définition
Densité	Nombre de plant au m ² , en incluant les allées
Nombre de jours à maturité (JAM)	Nombre de jours entre la date de transplantation et la première récolte
Rendement (Rend.)	Rendement commercialisable présenté en kg par m ² incluant les allées
Niveau de risque	Niveau de risque d'échec de la culture, soit en raison de dommages abiotiques (gel) ou de dommages biotiques

BOK CHOY

Le bok choy est une culture très bien adaptée pour une production en serre froide et minimalement chauffée. C'est une culture assez facile, peu sujette aux maladies même en contexte de climat frais et dont le ralentissement de croissance dû au manque de lumière semble moins marqué que pour les autres cultures. Les implantations tardives en serre froide peuvent toutefois présenter un certain niveau de risque car sa tolérance au gel est moins élevée que dans le cas de l'épinard par exemple. La qualité des feuilles extérieures d'un plant semble aussi diminuer avec une période de croissance prolongée et les expositions répétées au gel.



Tableau 6. Quelques informations utiles

Variétés utilisées en entreprise	Mei Qing Choi, Joi Choi
Méthodes de récolte	• Récolte unique : récolter le chou complet en feuille • Récolte successive : récolter les feuilles individuelles (ajouté à un mélange mesclun)

Tableau 7. Synthèse des paramètres de croissance pour le bok choy à l'INAB

	Période d'implantation	
Mini-tunnel	mi-septembre	mi-octobre
JAM	40 jours	-- (mortalité)
Rend.	3-4 kg/m ²	-- (mortalité)
Niveau de risque	faible	élevé
Serre froide (avec couv. flottantes)	mi-septembre	fin octobre
JAM	30 jours	~100 jours (variable)
Rend.	3-4 kg/m ²	2-2,5 kg/m ²
Niveau de risque	faible	moyen
Serre 5°C	mi-septembre	fin octobre
JAM	30 jours	80 jours
Rend.	3-4 kg/m ²	3-4 kg/m ²
Niveau de risque	faible	faible

La proportion de la récolte qui était commercialisable est présentée au tableau 14 en annexe. On constate qu'outre les implantations de bok choy des mini-tunnels qui n'ont pas été récoltés, ce sont les S5 et S6 de la serre froide en 21-22 qui ont subi le plus de dommages abiotiques causés par des températures sous bâche sous le point de congélation à certains moments lors de l'hiver. Des dommages de noctuelle fiancée (*Noctua pronuba*), un type de vers-gris, ont aussi été observés, et ceux-ci semblaient avoir une préférence pour le bok choy plutôt que les trois autres cultures. Des dommages de thrips (*Thrips tabaci*) ont aussi été observés en début de culture mais ont pu être contrôlés rapidement avec un traitement phytosanitaire.

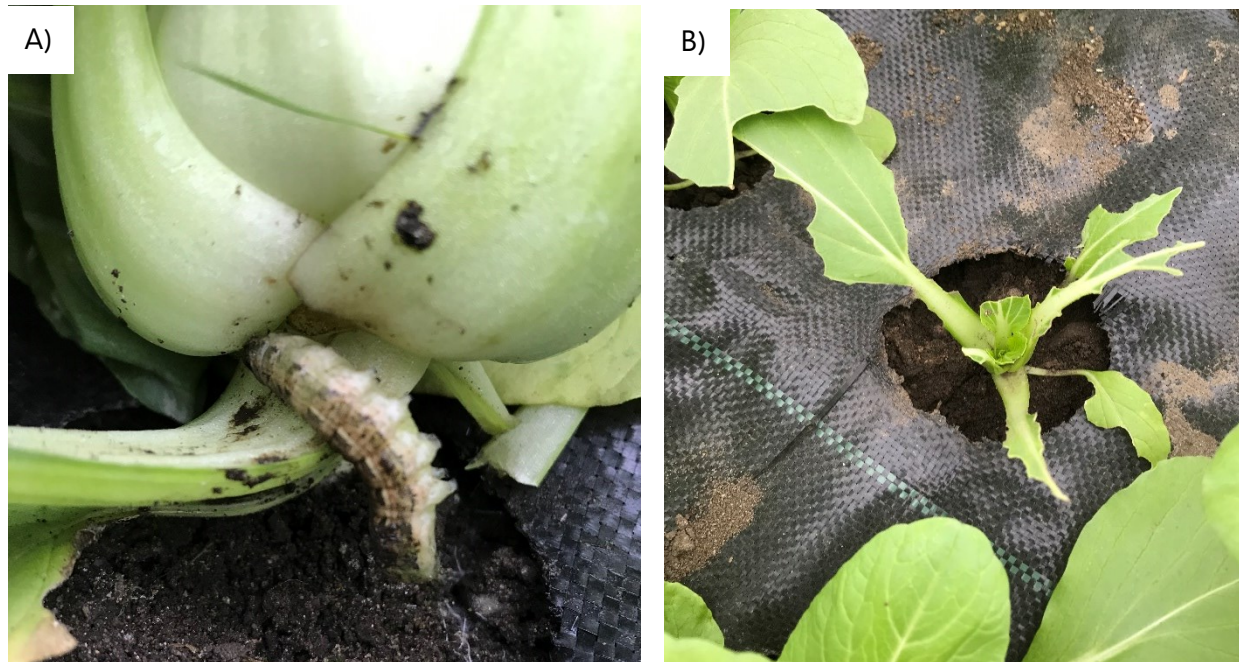


Image 2. A) Noctuelle fiancée et B) dommages dans le bok choy (photo CETAB+)

ÉPINARD

L'épinard est particulièrement adapté à la culture de climat frais en raison de sa tolérance élevée au gel. C'est aussi une culture généralement peu affectée par les maladies et ravageurs, à l'exception de la fonte de semis, du mildiou et des ravageurs généralistes (ex. pucerons). L'effet de la date de semis est toutefois critique pour cette culture dont la vitesse de croissance est grandement affectée par la luminosité, dans le cas d'un semis direct. On constate aussi un effet marqué du stade de récolte sur l'optimisation des rendements totaux. Il faut ainsi s'assurer d'espacer les récoltes suffisamment afin qu'un minimum de 3-4 feuilles par plant aient atteint le calibre visé.



Tableau 8. Quelques informations utiles

Variétés utilisées en entreprise	• Bébé feuille : Space, Regiment • Feuille 'moyenne' Savoie : Giant Winter • Feuille 'moyenne' lisse : Carmel, Space
Méthodes de récolte	• Feuilles pincées individuellement (plus long mais facilite la repousse) : adapté pour feuilles de taille moyenne à large. • Plants coupés au-dessus du point de croissance avec un couteau ou une récolteuse à mesclun (choisir des variétés à port érigé) : adapté pour stade bébés feuilles.

Tableau 9. Synthèse des paramètres de croissance pour l'épinard à l'INAB

	Période d'implantation	
Mini-tunnel	mi-septembre	mi-octobre
JAM	60 jours	160 jours
Rend. par coupe	0,8 kg/m ²	0,8 kg/m ²
Nombre de coupes	1-2 (variable)	1
Niveau de risque	faible	élevé
Serre froide (avec couv. flottantes)	mi-septembre	fin octobre
JAM	40 jours	150 jours
Rend. par coupe	0,8 kg/m ²	0,8 kg/m ²
Nombre de coupes	4	3
Niveau de risque	faible	faible
Serre 5°C	mi-septembre	fin octobre
JAM	40 jours	120 jours
Rend. par coupe	0,8 kg/m ²	0,8 kg/m ²
Nombre de coupes	5	4
Niveau de risque	faible	faible

Le tableau 16 en annexe présente la proportion de déclassement mesurée lors de la récolte à l'INAB. Beaucoup de fonte de semis a été observée lors des deux années de culture à l'INAB, et ce malgré une irrigation minutieuse, une tentative de prégermination ainsi qu'un traitement phytosanitaire en prélevée lors des derniers semis. La fonte de semis était aussi souvent observée sur les entreprises. Le mildiou, pathogène important de l'épinard aux États-Unis, est présent au Québec quoiqu'encore peu répandu. Des variétés résistantes à des races spécifiques de mildiou sont disponibles. Des dommages de ravageurs généralistes comme les cloportes ou des rongeurs mangeant le germe de l'épinard ont aussi été rapportés. Une fois passé le stade de germination, peu de dommages biotiques ont été observés. Les principaux dommages étaient d'ordre abiotique, dont l'œdème qui a été observé lors des deux années et principalement lors de la première récolte en serres. La proportion de la récolte déclassée était aussi plus élevée, soit jusqu'à 29% de perte pour les implantations tardives dans les deux serres. Cette perte était notamment liée au jaunissement de la pointe du feuillage, possiblement dû à une carence. Les possibilités de carence semblent plus grandes pour les implantations tardives qui ont pris parfois plus de 100 jours avant d'être récoltées et dont la croissance initiale s'opère en sol froid avec une minéralisation limitée des fertilisants. Des analyses foliaires n'ont toutefois pas été réalisées dans le cadre de ce projet et des recherches supplémentaires sont nécessaires.

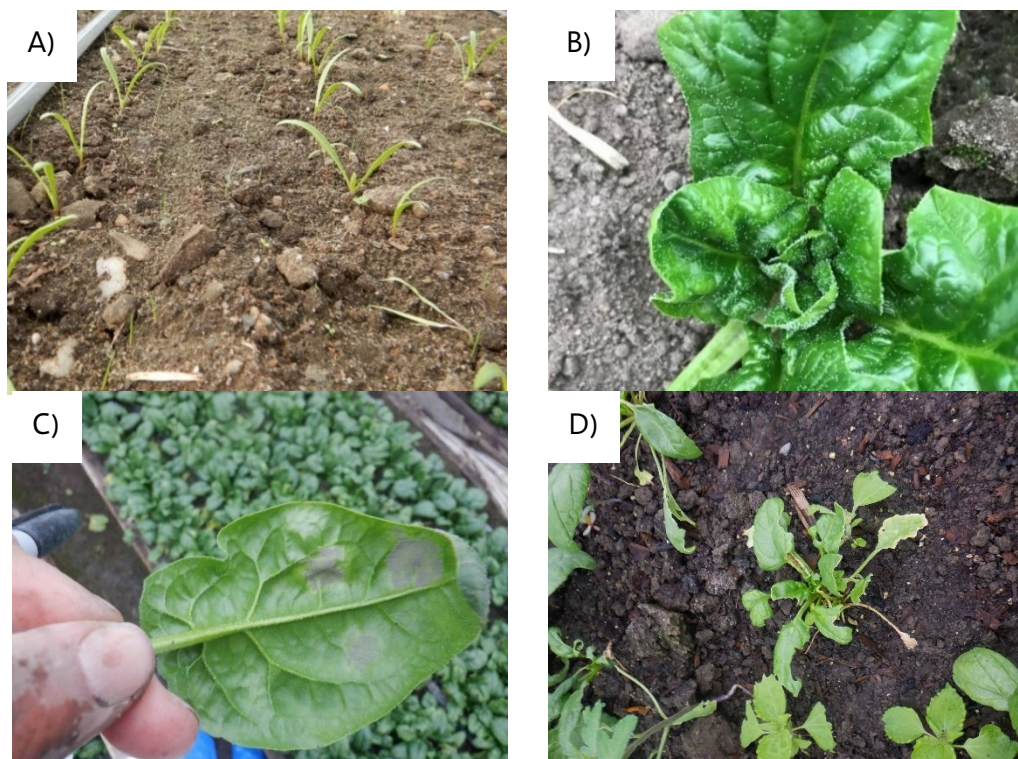


Image 3. A) Fonte de semis (plant de droite) B) trichome dans l'épinard (à ne pas confondre avec des œufs de ravageurs), C) mildiou et D) dommages de cloportes (photo CETAB+)

Le *Jardin des Funambules*, situé en Estrie, cultive à l'année pour sa mise en marché variée (panier, épicerie, etc.). En 2020 l'épinard (cv. Space) a été cultivé dans une serre à plastique double chauffée à 2°C et dans une serre non-chauffée, sur des planches de 1,60 m centre à centre (incluant les allées). Les épinards ont été semés le 7 septembre dans la serre 2°C. Dans la serre froide, les semis ont été réalisés le 28 septembre et le 2 novembre. La densité de 4 ou 6 rangs par planche et ~1 cm sur le rang (250-375 pl/m²) a été choisie pour les deux serres. Dans la serre 2°C, le semis a été récolté plusieurs fois pour un rendement moyen total de 0,45 kg/m². Des dommages importants causés par des acariens (*Tyrophagus similis*) et des sciarides ont mené à une baisse du rendement total. Dans la serre froide, un rendement moyen total de 0,89 kg/m² a été mesuré pour plusieurs récoltes (nombre inconnu).



Crédit photo : Geneviève Leqault MAPAQ
Image 4. Culture d'épinard au Jardin des Funambules (9 février 2021).

La *ferme des Quatre-Temps* située en Montérégie produit des légumes à l'année pour sa mise en marché variée (marché, restaurant, etc.). En 2021, l'épinard a été cultivé en serre avec plastique double minimalement chauffée à 3°C avec chauffage du sol à 8°C et en serre non-chauffée, avec utilisation de couvertures flottantes (jusqu'à 3xP19 selon la température à l'intérieur de la serre) au besoin comme protection contre le gel dans la serre froide. Les couvertures sont enlevées quotidiennement sauf du 15 décembre au 20 janvier (vacances). Le sol de la serre est un sol importé. Les épinards ont été transplanté le 10 octobre dans la serre 5°C et le 15 octobre dans la serre froide, sur des planches de 1,06 m centre-à-centre (incluant les allées) à une densité de 27 plants/m² répartis sur 4 rangs par planche. Les deux semis ont été récoltés plusieurs fois (nombre inconnu) pour un rendement total moyen de 1,03 kg/m² dans la serre froide et de 1,46 kg/m² dans la serre 5°C.



Crédit photo : Sophie Guimont Club Bio Action

Image 5. Culture d'épinard et autres à la Ferme des Quatre Temps (18 janv. 2022).

LAITUE MULTICOUPES

La laitue multiconques est une culture adaptée à la production en serre froide et en serre minimalement chauffée. Cependant, sa vitesse de croissance est très affectée par le manque de lumière. Cette culture est aussi très sensible à plusieurs maladies fongiques, particulièrement après la première récolte, ce qui limite l'intérêt des récoltes successives. Sa résistance au gel est variable et semble particulièrement affectée par la période d'acclimatation des plants.



Tableau 10. Quelques informations utiles

Variétés utilisées en entreprise	Plusieurs variétés Salanova (verte et rouge). Les variétés à feuilles ciselées résisteraient mieux au gel.
Méthodes de récolte	• Récolte successive : en coupant au-dessus du point de croissance. • Implantation successive : certains producteurs préfèrent faire seulement une récolte par plant afin de limiter les risques de maladies.

Tableau 11. Synthèse des paramètres de croissance pour la laitue multiconques à l'INAB

	Période d'implantation	
Mini-tunnel	mi-septembre	mi-octobre
JAM	70 jours	-- (mortalité)
Rend. par coupe	0,5-1 kg/m ²	--
Nombre de coupes	1	--
Niveau de risque	moyen	--
Serre froide (avec couv. flottantes)	mi-septembre	fin octobre
JAM	50-60 jours	130-160 jours (variable)
Rend. par coupe	0,5-1 kg/m ²	0,5-1 kg/m ²
Nombre de coupes	2-3 (variable)	1
Niveau de risque	moyen	élevé
Serre 5°C	mi-septembre	fin octobre
JAM	50 jours	140 jours
Rend. par coupe	0,5-1 kg/m ²	0,5-1 kg/m ²
Nombre de coupes	3	2
Niveau de risque	moyen	moyen

En général, la laitue multiconces était l'une des cultures les plus sensibles aux dommages biotiques parmi les quatre cultures documentées. En début de saison à l'INAB, de l'oïdium a été détecté sur les premières implantations en serre. Ensuite, plusieurs pathogènes fongiques ont été détectés, notamment après la première coupe. *Botrytis*, *Fusarium*, *Pythium sylvaticum* et *Rhizoctonia solani* sont toutes des organismes fongiques qui ont été identifiés au laboratoire de diagnostic en phytoprotection sur des tissus de laitue de l'INAB et présentant des symptômes variés (voir photos). De la pourriture molle bactérienne a aussi été détectée sur certaines parcelles à l'INAB. Certains de ces dommages ont nécessité la destruction complète des parcelles, tel qu'illustré au tableau 18 en annexe. Plusieurs dommages causés par des pathogènes fongiques ont aussi été observés en entreprise, dont de la pourriture sclérotique. L'approfondissement de ces enjeux phytosanitaires dépasse le cadre du présent projet. L'effet du chauffage sur la présence et la sévérité des dommages n'est pas encore clair. On note tout de même que la laitue multiconces n'est possiblement pas la culture la mieux adaptée à la culture de climat frais.

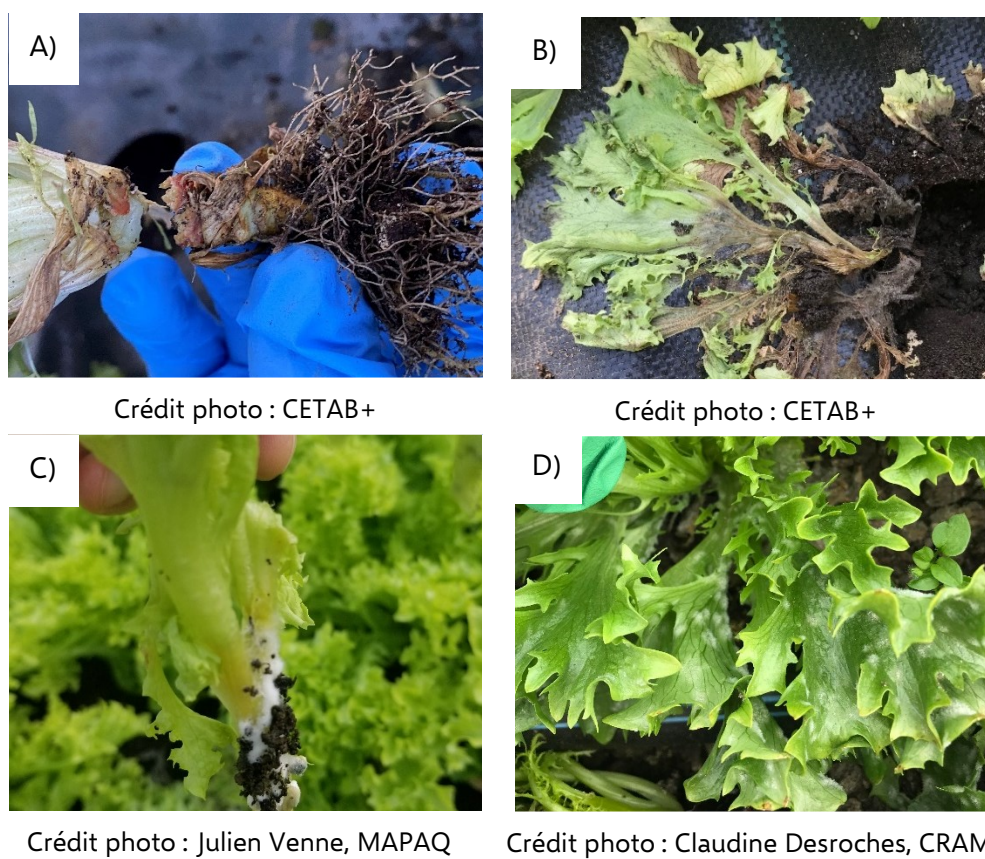


Image 6. A) Pourriture molle bactérienne (*Pectobacterium carotovorum*), B) Pourriture grise (*Botrytis*), C) Pourriture sclérotique et D) Blanc (*Oidium*) dans la laitue multi-coupe Salanova

La *Ferme Chapeau Melon*, située en Outaouais, produit de la laitue multicutpes de type Salanova, en serre froide avec utilisation de couvertures flottantes (3 épaisseurs de P-40) qui sont enlevées quotidiennement dans certaines serres. Les planches ont une largeur de 1,45 m centre-à-centre et sont parallèles à la largeur de la serre. Les laitues sont transplantées sur un total de 5 rangs par planche à une densité d'environ 16 plants/m². Jusqu'à cinq coupes sont effectuées dans cette culture, qui a été implantée le 23 septembre en 2021. Un rendement moyen commercialisable en laitue Salanova rouge et verte mélangée de 2,4 kg/m² (incluant les allées) a été noté pour la saison 2021-22. Sur la ferme, tout comme lors des essais de l'INAB, cette culture est sujette à plusieurs problématiques de dommages biotiques comme la fonte des semis, la moisissure grise et la pourriture sclérotique.

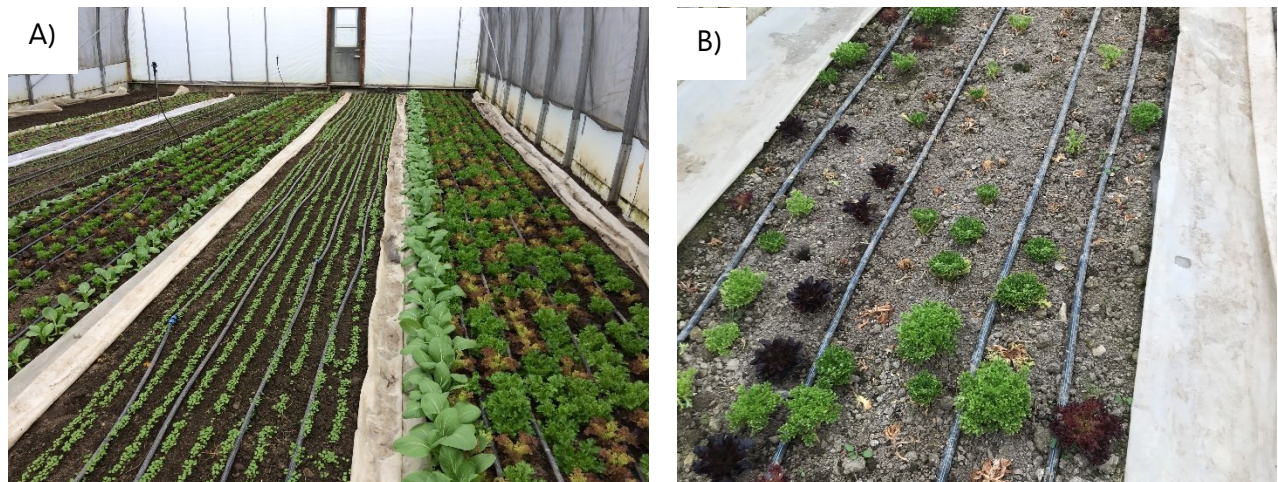


Crédit photo : CETAB+

Image 7. Culture de laitue multicutpes en serre froide à la ferme Chapeau Melon (4 déc. 2020).

Le *Jardin des Funambules*, situé en Estrie, cultive à l'année pour sa mise en marché variée (panier, épicerie, etc.). En 2020, la laitue multicutées de type Salanova a été produite dans une serre double polyéthylène, chauffée à 2°C, sur des planches de 1,60 m centre-à-centre avec 7 rangs par planche (densité de 27 pl/m²). Les implantations ont eu lieu à plusieurs dates soit les 22 et 29 septembre, le 6 octobre et le 10 novembre. Chaque semis a été récolté ~2-3 fois pour un rendement moyen de 0,45 à 1,52 kg/m² (allées incluses). Il a été noté qu'une laitue récoltée à 7,5 cm de hauteur plutôt que 5 cm repoussait plus rapidement. En plus d'être sujette au *Botrytis* et à la pourriture sclérotique, la culture était aussi affectée par les pucerons.

Date de semis	Début des récoltes	Fin des récoltes
22 sept.	8 déc.	15 déc.
29 sept.	12 janv.	2 mars
6 oct.	19 janv.	9 mars
10 nov.	9 mars	16 mars



Crédits photos : Geneviève Legault, MAPAQ

Image 8. A) Culture de laitue multicutées et autres (21 octobre 2020) et B) dommages de moisissure grise (9 mars 2021) en serre 2°C au Jardin des Funambules

ROQUETTE

La roquette est une culture particulièrement bien adaptée à la production en serre froide et minimalement chauffée : sa vitesse de croissance semble moins affectée par la quantité de lumière disponible que les autres cultures et elle est généralement très peu affectée par des maladies ou ravageurs (sauf généralistes). Sa résistance au gel est toutefois limitée ($\sim -2^{\circ}\text{C}$) : un semis tardif en serre froide pourrait donc être risqué si aucune couverture flottante n'est utilisée. À noter que dans la roquette, la première récolte est plus belle et plus fournie que les cueillettes subséquentes. La quatrième récolte, plus piquante et moins fournie, n'est pas souvent commercialisée par les producteurs.



Tableau 12. Synthèse des paramètres de croissance pour la roquette à l'INAB

	Période d'implantation	
Mini-tunnel	mi-septembre	mi-octobre
JAM	35-45 jours	-- (mortalité)
Rend. par coupe	0,5 kg/m ²	--
Nombre de coupes	2	--
Niveau de risque	faible	--
Serre froide (avec couv. flottantes)	mi-septembre	fin octobre
JAM	30 jours	50-120 jours (très variable)
Rend. par coupe	0,5 kg/m ²	0,5 kg/m ²
Nombre de coupes	3-4	3-4
Niveau de risque	faible	moyen
Serre 5°C	mi-septembre	fin octobre
JAM	30 jours	55 jours
Rend. par coupe	0,5 kg/m ²	0,5 kg/m ²
Nombre de coupes	3-4	3-4
Niveau de risque	faible	faible

Essais à la ferme

La ferme de la Coulée Douce située en Chaudière-Appalaches produit des verdures afin de garnir ses paniers d'automne distribués jusqu'à la fin novembre. Certaines verdures sont ensuite hivernées afin d'être récoltées comme primeur au printemps. Ces cultures sont produites en serre froide avec double polyéthylène et avec utilisation d'une couverture flottante (P19) pour protéger les cultures du gel la nuit lorsque nécessaire. Un semis de roquette (cv. Astro) a été fait à la mi-septembre et à la mi-octobre 2020. La culture a été semée sur des planches de 1,82 m centre-à-centre (largeur utile de 1,3 m), avec 16 rangs par planche et ~2 cm sur le rang (densité 440 pl/m²). Le semis du 11 octobre a été récolté une première fois à la fin novembre, une deuxième fois 15 jours plus tard puis une troisième fois au printemps, pour un rendement total approximatif de 0,85 kg/m² (incluant les allées).



Crédit photo : CETAB+

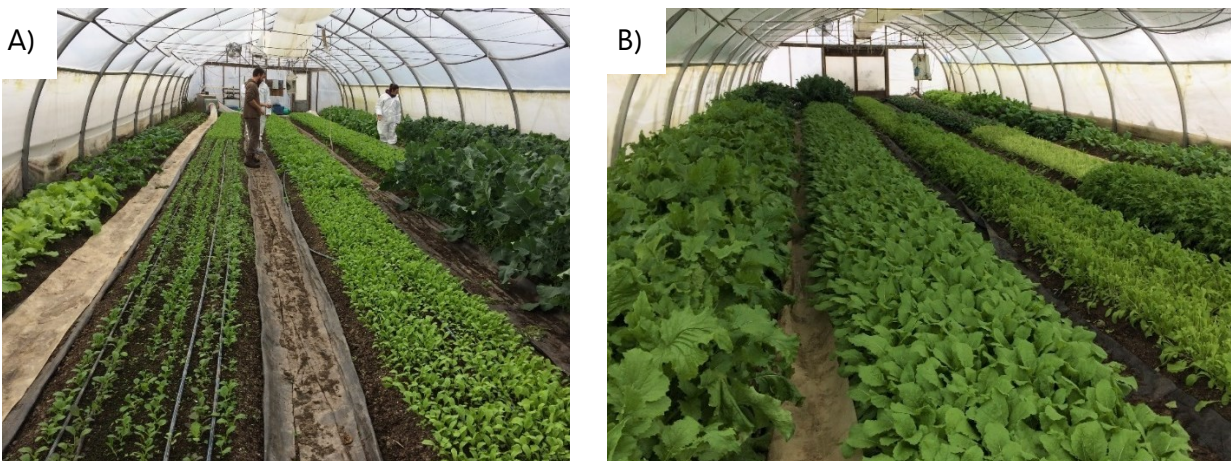
Image 9. Serre froide à la ferme La Coulée Douce (25 novembre 2021)

La ferme des Quatre-Temps située en Montérégie produit des légumes à l'année pour sa mise en marché variée (marché, restaurant, etc.). La roquette a été cultivée en serre non-chauffée avec utilisation de couvertures flottantes au besoin comme protection contre le gel. Le sol de la serre est un sol importé. La culture a été semée le 24 septembre et le 26 octobre sur des planches de 1,06 m centre-à-centre à une densité de 8 rangs par planche et à un taux de semis de 4 g/m linéaire. Le semis de septembre a été récolté 6 fois (répartis à différents endroits sur la planche) pour un rendement total moyen de 1,50 kg/m². Le semis d'octobre a été récolté 4 fois pour un rendement total moyen de 2,11 kg/m² (incluant les allées).

Date de semis	Début des récoltes	Fin des récoltes
24 sept.	27 oct.	10 déc.
26 oct.	16 fév.	23 mars

La ferme du Coq à l'Âne de Bury située en Estrie cultive en serre froide et minimalement chauffée pour sa distribution de paniers d'automne et d'hiver. La roquette a été cultivée en serre avec double polyéthylène et chauffée à 2°C, sur des planches de 1,6 m centre-à-centre. En 2020, deux semis de roquette ont été faits soit le 20 septembre et le 27 septembre, à une densité de 12 rangs par planche et ~ 2 cm sur le rang (375 pl/m²). Les deux semis ont été récoltés 2 fois chacun, pour un rendement total de 1,36 kg/m². Les parcelles ont été détruites après la 2^e coupe, la montaison de la culture étant observée. En 2021, la roquette a été semée le 27 septembre et le 4 octobre avec les mêmes espacements qu'en 2020. Les deux semis ont été récoltés deux fois pour un rendement total de 1,44 kg/m² (incluant les allées).

Année	Date de semis	Date récolte 1	Date récolte 2
2020	20 sept.	9 au 17 nov.	15 déc. au 4 janv.
	27 sept.	17 au 24 nov..	4 au 11 janv.
2021	27 sept.	29 nov.	7 fév.
	7 oct.	18-25 janv. (trop petite)	28 fév.



Crédit photo : Geneviève Legault, MAPAQ

Image 10. Culture de roquette et autres à la ferme du Coq à l'Âne de Bury (A) 21 oct. 2020 et le 25 nov. 2020 (B)

RÉFÉRENCES

- Paul & Sandy Arnold de Pleasant Valley Farm. Produire des légumes feuilles en saison froide. Conférence aux Journées Horticoles de St-Rémi (Décembre 2019). Disponible sur : <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/101498/presentations-journees-horticoles-et-grandes-cultures-2019-a-saint-remi-journee-legumes-biologiques-sous-abris>
- Atelier sur les variétés. Rendez-vous automnaux de la CAPÉ. Novembre 2019. Compte-rendu disponible sur : [Archives RJME : Variétés et semences - Google Sheets](#)

Pour aller plus loin :

Livres :

- Coleman E. 2009. The winter harvest handbook. Chelsea Green. 264 p.
- Dawling P. 2018. The year-round hoophouse. New society publishers. 320 p.
- Fortier JM et Sylvestre C. 2021. Le maraîchage nordique : découvrir la culture hivernale des légumes. Cardinal. 248 p.

Webinaires :

- Pam Dawling. La culture hivernale, les primeurs et le prolongement de la saison. Webinaire CETAB+ (25 novembre 2021). Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=21u4bl6Qzcg&t=354s&ab_channel=Centred%27expertiseenaagriculturebiologiqueetdeproximit%C3%A9
- Plusieurs webinaires sur la production d'épinard en tunnel donnés par l'Université du Massachussetts et disponibles en ligne sur : <https://ag.umass.edu/vegetable/outreach-project/improving-production-yield-of-winter-greens-in-northeast>

À quoi penser avant la construction d'une serre :

- Vidéo sur la construction des serres du CETAB+ : https://www.youtube.com/watch?v=8zP2l7KCmio&ab_channel=Centred%27expertiseenaagriculturebiologiqueetdeproximit%C3%A9
- Guimont S, Villeneuve C, Martin Y, Leblanc J, Legault G, Le Mat A et Taillon PA. 2020. *Guide de production : Poivron et tomate biologiques sous abris*. Club Bio-Action et MAPAQ. Format PDF gratuit sur le site du CRAAQ.
- Conseil des productions végétales du Québec. 1994. *Serre : construction et aménagement*. Gouvernement du Québec.

ANNEXE

Les prochaines sections présentent un portrait complet des résultats obtenus lors du projet et s'adressent aux lecteurs souhaitant approfondir et nuancer les résultats présentés dans la section synthèse. Pour chaque culture et pour les deux années du projet, les dates de récoltes, le rendement, le nombre de coupes ainsi que la proportion du rendement qui était commercialisable sont présentés. Les résultats sont aussi discutés et nuancés en fonction des observations terrain.

Bok Choy

Jours à maturité

Le nombre de jours à maturité (JAM) est calculé à partir de la date de la transplantation en serre jusqu'à la date de la première récolte. Le JAM théorique prévu pour un bok choy récolté à ce stade est d'environ 38 jours. Le tableau 13 présente le nombre de jours à maturité des différentes implantations de bok choy en fonction de la date de transplantation et du type de structure. À noter qu'en 2021-22 les besoins en chauffage pour la serre 5°C ont commencé le 21 octobre et que les implantations S2 et S3 (14 et 24 septembre) ont été récoltées les 15 et 29 octobre, ce qui explique le peu de différence entre les JAM de la serre froide et de la serre 5°C. On constate par la suite un écart grandissant entre la serre froide et la serre 5°C, la serre froide étant en retard de 24 jours sur la serre 5°C au S4, 35 jours au S5 et 37 jours au S6. On constate aussi un écart important des JAM de la serre froide et du mini-tunnel entre la production de 2020-21 et 2021-22, les températures hivernales ayant été plus douces lors de la première année). Un ralentissement de la croissance est aussi observé dans la serre 5°C, bien que moindre. Ainsi, le JAM pour l'implantation S6 (fin octobre) a augmenté de 119% à comparer au S2 de mi-septembre. Tout de même, le bok choy semble être l'une des cultures les moins sensibles à la diminution de la lumière, parmi les quatre cultures observées.

Tableau 13. Nombre de jours à maturité de la date de la transplantation en serre jusqu'à la 1^{re} récolte

Semis	2020-21		2021-22		
	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Serre 5°C</i>
S1	--	--	33	--	--
S2	52	31	34	31	31
S3	49	35	NR	38	38
S4	68	50	NR	65	41
S5	160	60	NR	88	53
S6	--	78	--	115	78

--: Signifie qu'il n'y a pas eu de semis pour cette combinaison date de semis x structure

NR : Non récolté, en raison d'une trop forte pression abiotique ou biotique (gel de la culture, moisissure, souris, etc.).

Rendements

Le rendement commercialisable du bok choy est présenté à la figure 1 et au tableau 14. Pour la production en mini-tunnel, on constate une variabilité élevée au niveau du rendement selon la date d'implantation, les dates S4 et S5 (début et mi-octobre) ont peu produit en 20-21 et n'ont pas été récoltées en 21-22, car trop endommagées (gel et autres, voir section *Dommages*). La serre 5°C a permis d'obtenir un rendement moyen commercialisable de $4,40 \pm 0,17$ kg/m², toutes dates d'implantation confondues. Dans la serre froide, le rendement commercialisable était de $3,17 \pm 0,21$ kg/m² en 20-21 et de $3,44 \pm 0,17$ kg/m² pour les deux années. On constate une diminution du rendement commercialisable en serre froide pour les implantations à partir de mi-octobre. En effet, les plants ont dû être récoltés plus petits, car certains dommages étaient visibles sur les plants, principalement en raison du froid. En termes de rendement potentiel, de facilité de production et de simplicité au niveau de la récolte, le bok choy est l'une des cultures les plus intéressantes parmi les quatre testées. Il serait intéressant d'évaluer des implantations plus tardives pour cette culture, entre les mois de novembre et décembre.

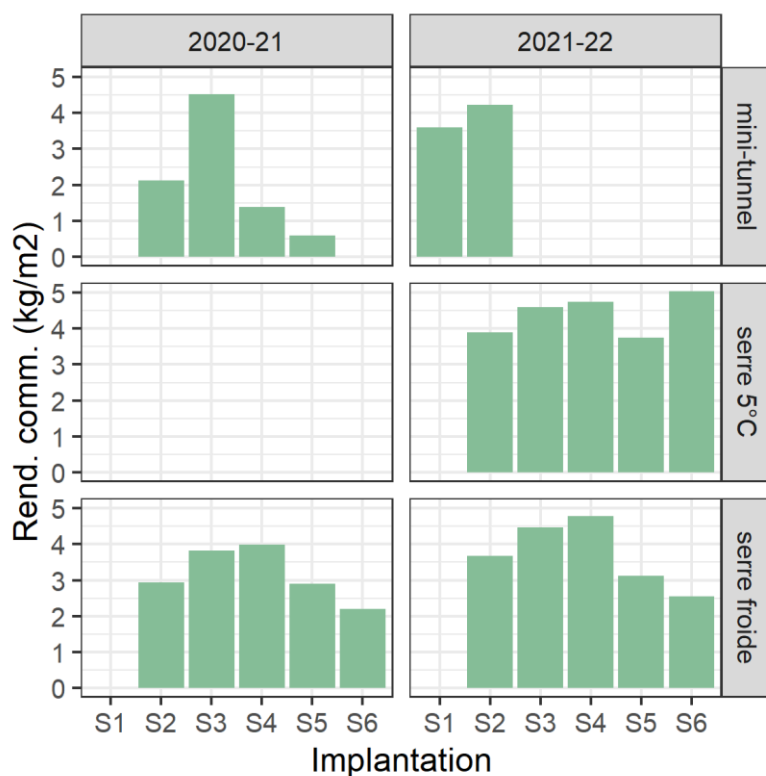


Figure 1. Rendement commercialisable de bok choy en kg/m² (incluant les allées) pour les deux années d'essai et les trois types de structure.

Tableau 14. Bok choy : sommaire du nombre de récoltes et du rendement commercialisable (kg/m² incluant les allées).

Implan- tation	20-21				21-22					
	Mini-tunnel		Serre froide		Mini-tunnel		Serre froide		Serre 5°C	
	RC (kg/m ²)	% RC	RC (kg/m ²)	% RC	RC (kg/m ²)	% RC	RC (kg/m ²)	% RC	RC (kg/m ²)	% RC
S1	--	--	--	--	3,6±0,1	100±0	--	--	--	--
S2	2,1±0,1	64±5	2,9±0,3	100±0	4,2±0,4	100±0	3,7±0,1	97±1	3,9±0,2	99±
S3	4,5±0,5	92±4	3,8±0,4	100±0	NR	0	4,5±0,5	97±3	4,6±0,2	97±0
S4	1,4±0,3	66±8	4,0±0,4	91±7	NR	0	4,8±0,4	91±5	4,7±0,2	97±1
S5	0,6±0,5	48±35	2,9±0,3	91±3	NR	0	3,1±0,6	89±5	3,8±0,4	95±1
S6	--	--	2,2±0,2	84±6	--	--	2,5±0,2	81±19	5,0±0,4	97±1

- Il n'y a qu'une année de données pour la serre 5°C

- -- : il n'y a pas eu d'implantation pour cette combinaison date de semis x structure

- En 2021-22, les semis 3 à 5 des mini-tunnels n'ont pas été récoltés pour cause de mortalité des cultures (gel)

- RC : rendement commercialisable

Épinard

Jours à maturité

Un résumé du nombre de récoltes, des JAM et des dates de récolte pour les récoltes successives d'épinard en 21-22 est présenté à la figure 2. Les données 20-21 sont disponibles en fin d'annexe. Le JAM théorique pour la première récolte d'épinard est établi à 25 jours par le semencier, mais le stade de récolte n'est pas précisé (Johnny's seeds, 2021). La production en mini-tunnel n'a permis qu'une récolte, et ce seulement pour les deux premières implantations, les autres ayant subi trop de dommages. Même pour les implantations S1 et S2 le JAM était plus long d'environ 2 semaines à comparer à la production en serre. La serre 5°C a permis une récolte supplémentaire pour les S2 à S4 (implantation mi-sept. à début oct.), en comparaison avec la serre froide. Il ne semble pas eu avoir d'effet du chauffage sur la vitesse de croissance pour les 2 premières récoltes du S1, avec des JAM de 43 et 28 jours pour les deux serres. La récolte 3 du S1 était toutefois plus rapide de 25 jours dans la serre 5°C. À partir du S4 (début oct.) on constate un effet important du chauffage sur le JAM de la première récolte, plus court de 30-56 jours dans la serre 5°C en comparaison de la serre froide.

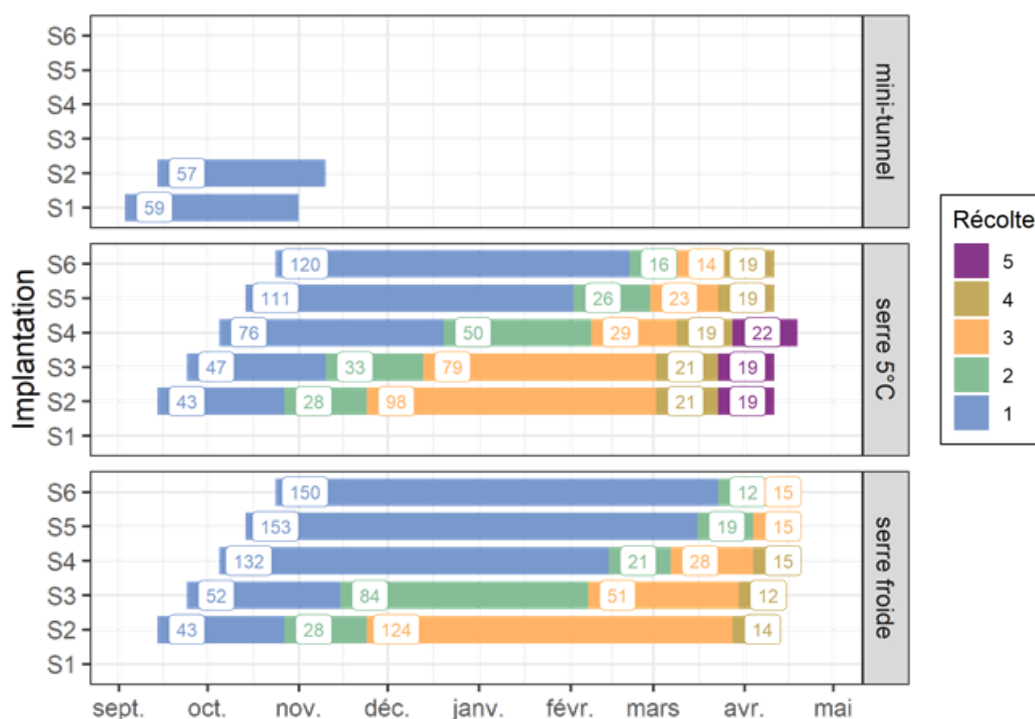


Figure 2. Calendrier des récoltes successives ainsi que le nombre de jours à maturité en 21-22 selon le type d'abris et la date d'implantation.

Rendement

Le rendement commercialisable en épinard est présenté à la figure 3 et au tableau 15. Une part de la variabilité observée entre les rendements et le nombre de récoltes en serre froide dans les deux années d'essais est due au fait qu'en 20-21, les plants étaient récoltés plus rapidement soit dès que 1-2 feuilles par plant avaient atteints le stade de récolte, tandis qu'en 21-22 un seuil d'environ 4 feuilles était nécessaire avant d'entamer la récolte. On constate donc l'effet d'une récolte trop hâtive qui diminue le potentiel de rendement total pour 20-21. Toutes les implantations en mini-tunnel ont pu être récoltées en 20-21 tandis qu'en 21-22 seules les S1-S2 ont pu l'être. Le rendement commercialisable moyen dans les mini-tunnels était de $0,9 \pm 0,1$ kg/m² en 20-21 (S1-S5) et de $0,8 \pm 0,04$ kg/m² en 21-22 (S1-S2). Le rendement moyen commercialisable était de $3,4 \pm 0,1$ kg/m² pour la serre 5°C en 21-22 (S2-S6), avec une moyenne de $0,8 \pm 0,1$ kg/m² par récolte. Dans la serre froide celui-ci était de 1,7 kg/m² en 20-21 et $3,0 \pm 0,1$ en 21-22 avec une moyenne de $0,8 \pm 0,2$ kg/m² par récolte.

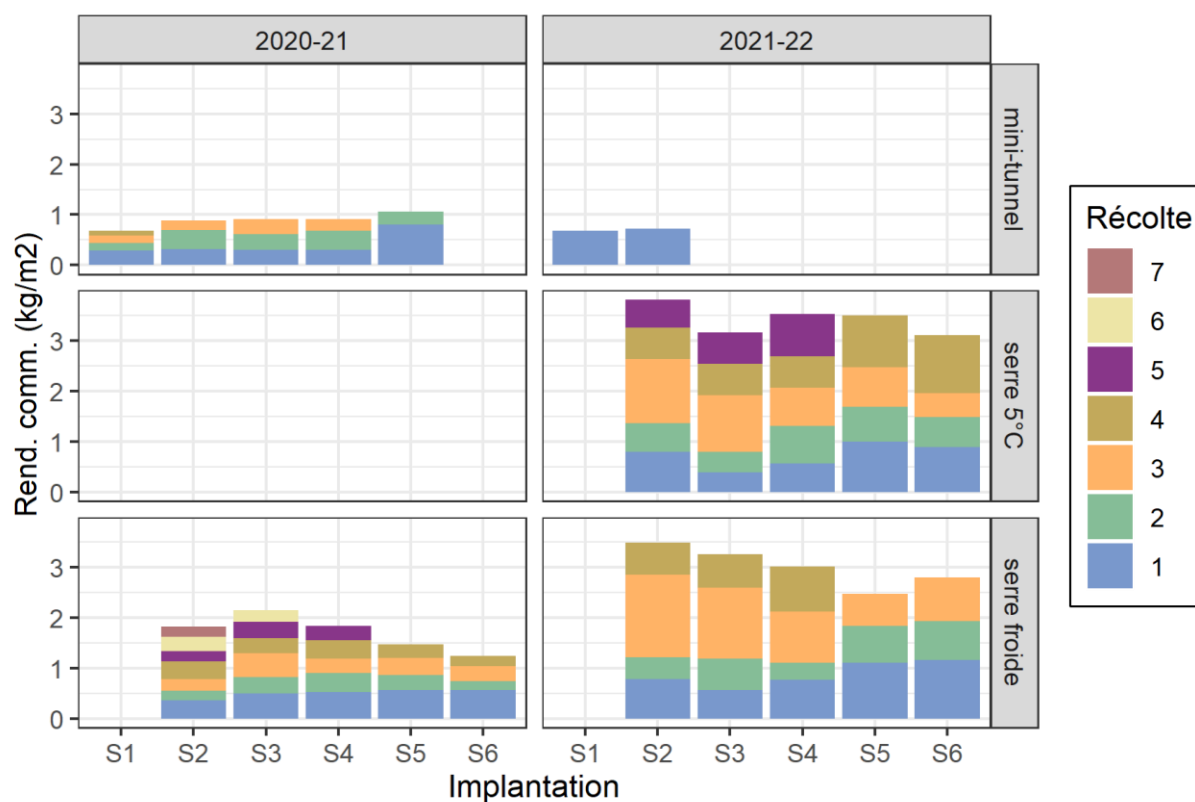


Figure 3. Rendement commercialisable d'épinard en kg/m² (incluant les allées) pour les deux années d'essai et les trois types de structures.

Tableau 15. Épinard: sommaire du nombre de récoltes et du rendement commercialisable (kg/m² incluant les allées).

Semis	20-21				21-22					
	Mini-tunnel		Serre froide		Mini-tunnel		Serre froide		Serre 5°C	
	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)
S1	4	0,7±0,1	--	--	1	0,7±0,1	--	--	--	--
S2	3	0,9±0,1	7	1,8±0,1	1	0,7±0,1	4	3,5±0,1	5	3,8±0,2
S3	3	0,9±0,3	6	2,1±0,0	NR	NR	4	3,3±0,6	5	3,2±0,6
S4	3	0,9±0,2	5	1,8±0,2	NR	NR	4	3,0±0,1	5	3,5±0,2
S5	1	1,1±0,1	4	1,5±0,2	NR	NR	3	2,5±0,1	4	3,5±0,2
S6	--	--	4	1,2±0,3	--	--	3	2,8±0,1	4	3,1±0,7

- Il n'y a qu'une année de données pour la serre 5°C
- -- : il n'y a pas eu d'implantation pour cette combinaison date de semis x type d'abris
- NR : non-récolté (mortalité > 50% de la culture)
- RC : rendement commercialisable

Tableau 16. Proportion de la récolte commercialisable (%)

Implan- tation	abris	20-21							21-22				
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R1	R2	R3	R4	R5
S1	Mini-tunnel	87	100	100	67				81	0			
S2		80	100	97					100	0			
S3		100	100	100					0				
S4		100	100	100					0				
S5		100	100						0				
S2	Serre froide	88	100	100	100	100	100	100	100	97	82	95	
S3		100	100	99	100	100	100		73	97	99	95	
S4		93	100	100	100	100			76	98	97	99	
S5		100	100	100					83	98	100		
S6		100	100	100	100				86	99	100		
S2	Serre 5°C	--							100	95	84	94	88
S3		--							79	86	98	98	84
S4		--							75	99	99	99	96
S5		--							81	99	99	100	
S6		--							71	98	99	99	

Toutes les récoltes avec un niveau de rendement commercialisable en deçà de 90% ont été identifiées par la couleur orange.

En 2021-22, on constate qu'une portion importante de la première récolte a été déclassée dans la serre froide et dans la serre 5°C. En effet, plusieurs feuilles présentaient des symptômes d'œdème et ont été déclassées pour cette raison.

Laitue multicoupes

Jours à maturité

Un résumé du nombre de récoltes, des JAM et des dates de récolte en 21-22 pour les récoltes successives de laitue de type Salanova récoltée sous forme de mesclun est présenté à la figure 4. Les données 20-21 sont disponibles en fin d'annexe. Le JAM théorique pour la première récolte de Salanova est établi à 50 jours par le semencier (Johnny's seeds, 2021). En 21-22, seule l'implantation S1 a pu être récoltée dans les mini-tunnels, avec un JAM de 80 jours. Contrairement aux épinards et bok choy, on observe un effet du chauffage dès la première récolte du S3. Le chauffage a permis d'obtenir une troisième coupe pour les S2 et S3. Les laitues semblent plus sensibles au manque de lumière et on observe qu'à partir du S4 le JAM pour la récolte 1 n'est que de 9 à 23 jours plus rapide dans la serre 5°C en comparaison de la serre froide. Le S2 de la serre froide n'a eu qu'une seule récolte en raison de dommages biotiques (voir section *Dommages*).

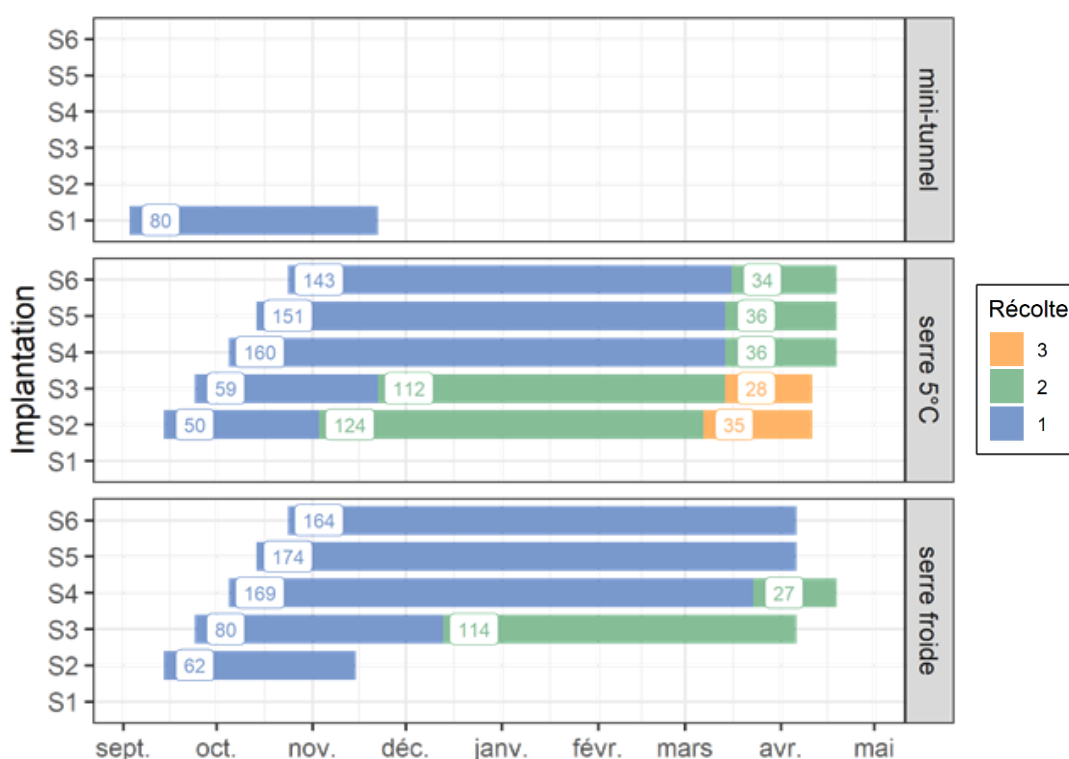


Figure 4. Calendrier des récoltes successives ainsi que nombre de jours à maturité pour 21-22 selon le type d'abris et la date d'implantation.

Rendement

Le rendement commercialisable en laitue Salanova est présenté à la figure 5 et au tableau 17. La laitue est en général plus sensible au gel, au manque de lumière ainsi qu'aux dommages biotiques que les autres cultures testées, ce qui se traduit par la grande variabilité observée entre les implantations et les récoltes. Le rendement total commercialisable dans les mini-tunnels était de $1,8 \pm 0,1$ kg/m² en 20-21 (S2-S3) et de $2,2 \pm 0,5$ kg/m² (S1) en 21-22. Dans la serre 5°C le rendement moyen commercialisable total était de $2,3 \pm 0,3$ kg/m² tandis que le rendement par récolte était de $0,6 \pm 0,3$ kg/m² en moyenne. Dans la serre froide le rendement total commercialisable était de $3,2 \pm 0,4$ kg/m² en 20-21 et de $1,8 \pm 0,2$ kg/m² en 21-22 tandis que le rendement moyen par récolte était de $0,8 \pm 0,3$ kg/m² en 20-21 et de $0,5 \pm 0,4$ kg/m² en 21-22. Cela s'explique par le climat plus froid observé pendant la saison automnale et hivernale en 21-22 qu'en 20-21 à Victoriaville. On constate toutefois que les premières récoltes étaient en général beaucoup plus productives que les subséquentes et il serait intéressant d'évaluer si une régie avec implantations successives et récoltes uniques ne serait pas plus avantageuse au niveau du rendement et de la gestion phytosanitaire qu'une régie avec récoltes successives sur les mêmes plants.



Figure 5. Rendement commercialisable de Salanova en kg/m² (incluant les allées) pour les deux années d'essai et les trois types de structures.

Tableau 17. Laitue multicoups: sommaire du nombre de récoltes et du rendement commercialisable (kg/m² incluant les allées).

Implan- tation	20-21				21-22					
	Mini-tunnel		Serre froide		Mini-tunnel		Serre froide		Serre 5°C	
	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)
S1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
S2	1	1,8±0,1	4	2,2±0,6	1	2,2±0,5	1	1,6±0,2	3	2,2±0,4
S3	1	1,9±0,2	4	4,9±0,9	NR	NR	2	1,9±0,7	3	3,7±0,9
S4	NR	NR	3	2,6±0,6	NR	NR	2	2,9±0,6	2	2,3±0,2
S5	NR	NR	3	2,3±4,0	NR	NR	1	1,3±0,2	2	1,7±0,2
S6	--	--	3	4,0±0,3	--	--	1	1,5±0,2	2	1,4±0,1

- Il n'y a qu'une année de données pour la serre 5°C
- -- : il n'y a pas eu d'implantation pour cette combinaison date de semis x structure
- RC : rendement commercialisable

Tableau 18. Proportion de la récolte commercialisable (%)

Implan- tation	abris	20-21				21-22		
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3
S1	Mini-tunnel	--				100		
S2		98				0		
S3		99				0		
S4		0				0		
S5		0				0		
S2	Serre froide	95	77	99	100	100	0	
S3		100	93	100		100	100	
S4		100	100	100		94	100	
S5		100	100	0		94	0	
S6		95	100	100		97	0	
S2	Serre 5°C	--				100	0	
S3		--				100	90	96
S4		--				94	99	
S5		--				81	92	
S6		--				72	94	

Toutes les récoltes avec un niveau de rendement commercialisable en deçà de 90% ont été identifiées par la couleur orange

Roquette

Jours à maturité

Un résumé du nombre de récoltes, des JAM et des dates de récolte pour les récoltes successives de roquette est présenté à la figure 6. Les données 20-21 sont disponibles en fin d'annexe. Le JAM théorique pour la première récolte de roquette est établi à 38 jours par le semencier (Johnny's seeds, 2021). La roquette semble la culture la plus adaptée parmi les quatre cultures testées pour la production en mini-tunnels. Son cycle plus court a permis d'obtenir deux récoltes pour les S1-S2 ainsi qu'une récolte au S3. On constate moins de 10 jours de décalage pour les JAM de la première récolte des implantations S2-S4 dans les deux serres. Dans la serre 5°C, toutes les implantations ont pu être récoltées 4 fois, le maximum pour cette variété. Pour les S2-S4 de la serre 5°C, les récoltes se sont terminées avant le mois de février. Dans cette situation, il y aurait possibilité d'implanter une deuxième culture afin de maximiser le potentiel de production de la serre. Dans la serre froide, les S3-S4 ont été récoltés 4 fois, les autres implantations ayant été récoltées trois fois (S1 en raison de dommage de gel, voir section suivante *Dommmages*).

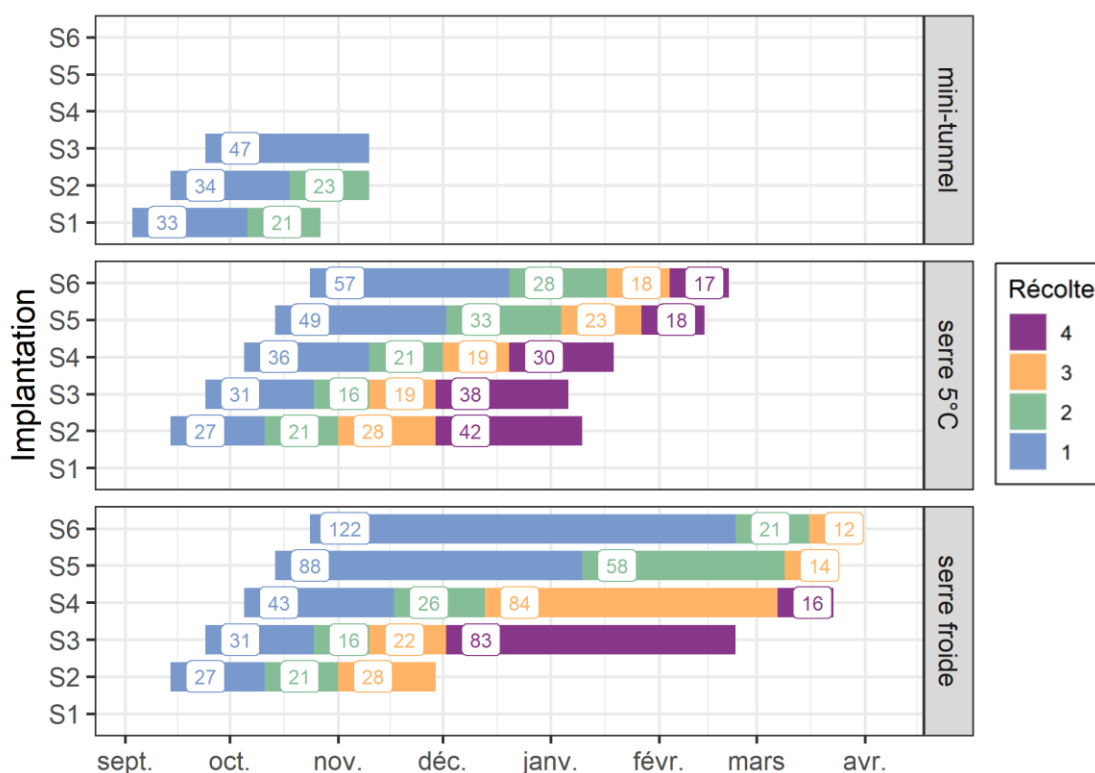


Figure 6. Calendrier des récoltes successives ainsi que nombre de jours à maturité en 21-22 selon le type d'abris et la date d'implantation.

Rendement

Le rendement commercialisable en roquette est présenté à la figure 7 et au tableau 19. Le rendement commercialisable total dans les mini-tunnels était de $0,6 \pm 0,1$ kg/m² en 20-21 (S1-S4) et de $1,4 \pm 0,1$ kg/m² (S1-S3) en 21-22. Dans la serre 5°C le rendement commercialisable était de $2,3 \pm 0,1$ kg/m² avec un rendement de $0,6 \pm 0,1$ kg/m² en moyenne par coupe. Dans la serre froide, le rendement total commercialisable était de $1,4 \pm 0,1$ kg/m² en 20-21 et de $2,1 \pm 0,1$ kg/m² en 21-22 avec une moyenne de $0,3 \pm 0,1$ et $0,6 \pm 0,1$ kg/m² par coupe pour les deux années. Il est à noter que la quatrième récolte de roquette est plus amère et piquante que les précédentes et elle n'est possiblement pas adaptée à toutes les formes de mise en marché.

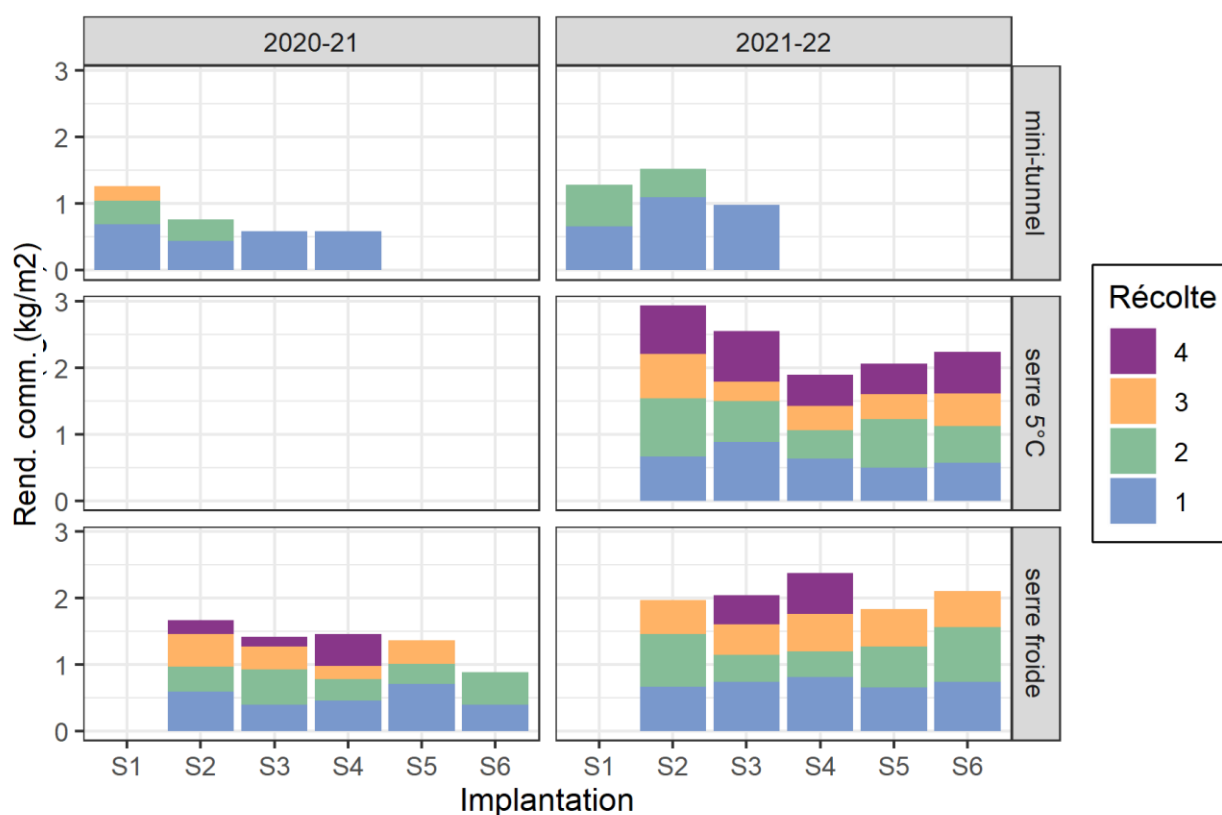


Figure 7. Rendement commercialisable de roquette en kg/m² (incluant les allées) pour les deux années d'essai et les trois types de structure.

Tableau 19. Roquette: sommaire du nombre de récoltes et du rendement commercialisable (kg/m² incluant les allées).

Implan- tation	20-21				21-22					
	Mini-tunnel		Serre froide		Mini-tunnel		Serre froide		Serre 5°C	
	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)	Nb récolte	RC (kg/m ²)
S1	3	1,3±	--	--	2	1,9±0,2	--	--	--	--
S2	2	0,8±	4	1,7±	2	1,5±0,0	4	2,6±0,1	4	3,5 ±0,3
S3	1	0,6±	4	1,4±	1	1,0±0,2	4	2,0±0,1	4	2,6±0,1
S4	1	0,6±	2	1,5±	NR	NR	4	2,4±0,4	4	1,9±0,1
S5	NR	NR	1	1,4±	NR	NR	4	1,8±0,0	4	2,1±0,2
S6	--	--	1	0,9±	--	--	4	2,1±0,1	4	2,2±0,2

- Il n'y a qu'une année de données pour la serre 5°C

- -- : il n'y a pas eu d'implantation pour cette combinaison date de semis x structure

- En 2021-22 les semis 3 à 5 des mini-tunnels n'ont pas été récoltés pour cause de mortalité des cultures (gel)

- RC : rendement commercialisable

En général, très peu de dommages ont été observés dans la roquette lors des deux années d'essai. Le dommage le plus important était celui causé par des températures sous bâche sous le point de congélation dans la serre froide et les mini-tunnels.

Tableau 20. Proportion de la récolte commercialisable (%)

Implan- tation	abris	20-21				21-22			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
S1	Mini-tunnel	100	100	93	0	100	100	0	
S2		100	94			100	100		
S3		100				100			
S4		100							
S5									
S2	Serre froide	100	100	100	100	100	100	100	0
S3		100	100	100	99	100	100	100	96
S4		100	100	98	100	100	100	97	100
S5		100	99	100		99	100	97	
S6		100	99			82	100	85	
S2	Serre 5°C					100	100	100	100
S3						100	100	100	100
S4						100	100	100	100
S5						100	100	100	100
S6						100	100	100	100

Toutes les récoltes avec un niveau de rendement commercialisable en deçà de 90% ont été identifiées par la couleur orange

Jours à maturité

Tableau 21. Épinard : nombre de jours à maturité (1^{re} récolte)

Implantation	2020-21		2021-22		
	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Serre 5°C</i>
<i>no semis</i>					
S1	--	--	59	--	--
S2	62	52	57	43	43
S3	73	55	N-R	52	47
S4	78	110	N-R	132	76
S5	168	130	N-R	153	111
S6	--	--	--	150	120

- -- : Signifie qu'il n'y a pas eu de semis pour cette combinaison date de semis x type d'abris

Tableau 22. Laitue multi-coupe : nombre de jours à maturité (1^{re} récolte)

Semis	2020-21		2021-22		
	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Serre 5°C</i>
S1	--	--	80	--	--
S2	73	52	N-R	62	50
S3	70	49	N-R	80	59
S4	N-R	63	N-R	169	160
S5	N-R	60	N-R	174	151
S6	--	138	--	164	143

- -- : Signifie qu'il n'y a pas eu de semis pour cette combinaison date de semis x type d'abris

NR : Non récolté, en raison d'une trop forte pression de dommage abiotique ou biotique (gel de la culture, moisissure, souris, etc.).

Tableau 23. Roquette : nombre de jours à maturité pour la première récolte

Semis	2020-21		2021-22		
	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Mini-tunnel</i>	<i>Serre froide</i>	<i>Serre 5°C</i>
S1	34	--	33	--	--
S2	45	31	34	27	27
S3	49	35	47	31	31
S4	65	42	N-R	43	36
S5	N-R	49	N-R	88	49
S6	--	54	--	122	57

- -- : Signifie qu'il n'y a pas eu de semis pour cette combinaison date de semis x type d'abris

- NR : Non récolté, en raison d'une trop forte pression de dommage abiotique ou biotique (gel de la culture, moisissure, souris, etc.).