

Rapport final

No projet : IA215287

Optimisation de la densité de semis dans la culture du concombre de transformation avec les cultivars parthénocarpiques.

Vincent Myrand, agr. M. Sc., professionnel de recherche
Pierre Lafontaine, agr. Ph. D., directeur général

Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

19 mars 2018

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement

Chercheurs impliqués :

Vincent Myrand, agr. M. Sc. (responsable scientifique)
Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)
v.myrand@ciel-cvp.ca

Responsable autorisé de l'établissement :

Pierre Lafontaine, agr. Ph. D.
Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)
p.lafontaine@ciel-cvp.ca

Section 2 - Partenaires

Ferme partenaire de la réalisation des essais :

Les Frères Riopel SENC (René Riopel)

Fédération des producteurs de fruits et légumes de transformation :

Myriam Gagnon, agr., conseillère au développement et à la recherche
Judith Lupien, directrice générale

Compagnie de semences Rijk Zwann :

George Pape

Section 3 – Fiche de transfert

Optimisation de la densité de semis dans la culture du concombre de transformation avec les cultivars parthénocarpiques.

Vincent Myrand, agr. M. Sc., et Pierre Lafontaine, agr. Ph. D.

No de projet : IA215287

Durée : 04/2016 – 03/2018

FAITS SAILLANTS

Le projet visait à documenter l'effet de la densité de semis sur la production et à définir une densité optimale pour deux cultivars de concombres parthénocarpiques. Lors de la saison 2016, les essais ont été réalisés avec le cultivar Puccini, la référence actuelle dans le domaine. Nos résultats ont démontré qu'une diminution de la densité de semis de 26 137 à 14 935 plants/acre, représentant une réduction de l'ordre de 43 %, a permis à chacun des plants d'augmenter son rendement sur une base individuelle. Ceci a permis de conserver le même rendement par unité de surface. Sur la base de ces résultats, nous avons jugé pertinent de poursuivre les travaux avec le cultivar Puccini. Les essais réalisés en 2017 ont permis de confirmer certaines tendances observées en 2016 et nous avons pu apprécier davantage le potentiel de ce cultivar. Les résultats obtenus lors des deux saisons indiquent que de façon générale les plants cultivés avec une densité plus faible produisent un rendement individuel plus élevé que lorsqu'ils sont cultivés plus densément. De plus, la hausse de rendement par plant observée est principalement causée par une hausse de production en concombre de calibres #3 et #4. Les concombres produits sous différents espacements conservent aussi les caractéristiques nécessaires pour répondre aux exigences des transformateurs. De façon optimale, les producteurs auraient peut-être avantage à viser une densité de semis se situant autour de 14 935 plants/acre (14 pouces entre les plants). Cet espacement représente une réduction appréciable du taux de semis de 29 % comparativement à l'espacement standard de 10 pouces (20 909 plants/acre). Cette réduction pourrait engendrer une diminution intéressante des coûts reliés à l'achat des semences de l'ordre de 131 \$/acre. L'utilisation d'une densité plus faible pourrait aussi améliorer l'efficacité de la récolte, ce qui engendrerait éventuellement une réduction des coûts de la main-d'œuvre.

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du projet consistait à définir la densité de population optimale dans la culture du concombre de transformation de type parthénocarpique (cultivar Puccini). Comme sous objectif, le projet visait à documenter l'effet de la densité de semis sur la production, le calibre des concombres, le ratio longueur/diamètre des concombres, le développement des plants et l'efficacité de la récolte. En 2016 il y avait cinq espacements testés, soit 8, 10, 11, 12 et 14 pouces entre les plants. Ces espacements correspondaient à des densités de semis variant entre 14 935 et 26 137 plants/acre. En 2017, les espacements ont été ajustés et nous avons testé les espacements suivants : 10, 12, 14, 16 et 18 pouces entre les plants. Les densités de semis correspondantes variaient entre 11 616 et 20 909 plants/acre. Les densités ont été testées en parcelles expérimentales chez un producteur de concombre de transformation de la région de Lanaudière avec un dispositif en bloc complet aléatoire avec quatre répétitions. Les concombres ont été récoltés, classés et pesés selon les normes établies par l'industrie au Québec.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Lors de la saison 2016, les résultats ont démontré que les plants du cultivar Puccini sont en mesure d'augmenter leur rendement sur une base individuelle lorsque la densité de semis passe de 26 137 à 14 935 plants/acre. Ceci permet de conserver le même rendement par unité de surface, malgré une réduction du taux de semis de l'ordre de 43 %. Les plants s'adaptent et produisent individuellement davantage de concombres, ce qui engendre des rendements totaux statistiquement comparables. Pour une même disponibilité des ressources (eau/engrais/ensoleillement), l'espacement de 14 pouces semble permettre aux plants de produire davantage. Les essais réalisés en 2017 ont permis de confirmer certaines

tendances observées en 2016 et nous avons pu apprécier la capacité d'adaptation des plants du cultivar Puccini. En effet, alors que la densité de semis pour les plants espacés de 18 pouces (11 616 plants/acre) était de 44 % inférieure à celle des plants aux 10 pouces (20 909 plants/acre), les données obtenues démontrent que la production par unité de surface demeure la même. Avec les mêmes ressources (eau/engrais/ensoleillement) à leur disposition, les plants aux 18 pouces semblent produire davantage de rendement que s'ils étaient semés selon un espacement de 10 à 16 pouces. Cependant, pour les concombres de calibre #1 à #5 seulement, les rendements des plants semés aux 14, 16 ou 18 pouces semblent toutefois équivalents. Également, les résultats obtenus lors des deux saisons indiquent que de façon générale les plants cultivés avec une densité plus faible produisent un rendement individuel plus élevé que lorsqu'ils sont cultivés plus densément. De plus, la hausse de rendement par plant observée est principalement causée par une hausse de production en concombre de calibres #3 et #4. Les concombres produits sous différents espacements conservent aussi les caractéristiques nécessaires pour répondre aux exigences des transformateurs. Pour les deux années d'essais, les revenus générés par superficie étaient statistiquement comparables, peu importe la densité de semis. Considérant que les rendements par unité de surface étaient statistiquement similaires, il est donc conséquent que les revenus bruts le soient aussi. Cependant, pour un même revenu généré, la réduction de la densité de semis pourrait offrir des économies intéressantes relativement à l'achat des semences pour les producteurs et les transformateurs. De plus, les résultats obtenus, principalement ceux de la saison 2017, indiquent que la densité de semis peut avoir une influence sur le temps requis pour la récolte. La différence de temps n'est peut-être pas significative dans un cadre de recherche en parcelles expérimentales, mais on peut supposer que le gain d'efficacité pourrait être appréciable pour les producteurs à l'échelle d'un champ complet. En effet, le concombre de transformation nécessite plusieurs récoltes dans la saison et les coûts de main-d'œuvre représentent jusqu'à 60 % des coûts de production. Ce gain d'efficacité pourrait donc se traduire en une réduction substantielle des heures de travail payables.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Les producteurs de concombre de transformation pourraient diminuer la densité de semis dans leur régie de production tout en conservant des rendements et des revenus similaires. Avec la régie de production actuelle utilisant un espacement de 10 po entre les plants, il apparaît que la densité de population du cultivar Puccini est trop dense. Les résultats obtenus dans ce projet indiquent que la régie de production pourrait être optimisée pour l'atteinte du plein potentiel de rendement des plants. Nos résultats démontrent aussi que les producteurs ne devraient pas subir de baisses de rendement par unité de surface si la levée de leur semis n'est pas uniforme. En effet, les plants semblent posséder une certaine souplesse leur permettant d'augmenter leur production en fonction du niveau de compétition exercée par les autres plants. Des évaluations de la population réelle à différents endroits dans les champs seraient cependant justifiées pour vérifier que la densité se situe au-dessus de 11 616 plants/acre, soit le taux de semis le plus faible testé dans le cadre de ce projet. De façon optimale, les producteurs auraient peut-être avantage à viser une densité de semis finale se situant autour de 14 935 plants/acre (14 pouces entre les plants). Cet espacement représente une réduction appréciable du taux de semis de 29 % comparativement à l'espacement standard de 10 pouces (20 909 plants/acre). Cette réduction pourrait engendrer une diminution intéressante des coûts reliés à l'achat des semences de l'ordre de 131 \$/acre. L'utilisation d'une densité plus faible pourrait aussi améliorer l'efficacité de la récolte, ce qui pourrait éventuellement occasionner une réduction des coûts de la main-d'œuvre nécessaire. Il serait donc souhaitable pour les producteurs de mener des essais sur leur ferme afin de trouver les densités qui semblent le plus adaptés à leur situation, leur type de sol ainsi qu'à leur machinerie. En parallèle, nous croyons qu'il serait pertinent d'effectuer des travaux portant sur les besoins en fertilisation en fonction de la densité de semis, afin que chaque plant puisse produire à son plein potentiel en ayant accès à toutes les ressources dont il a besoin.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Pierre Lafontaine, agr. Ph.D. ou Vincent Myrand, agr. M. Sc.

Téléphone : 450-589-7313 poste 223 ou poste 225

Télécopieur : 450-589-2245

Courriel : p.lafontaine@ciel-cvp.ca ou v.myrand@ciel-cvp.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL) remercie également le producteur ayant participé à l'étude (Les Frères Riopel SENC), Myriam Gagnon et Judith Lupien de la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation (FQPFLT) et M. George Pape (Rijk Zwann).

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique (joindre en annexe la documentation en appui)

Nous n'avons présenté aucune conférence scientifique lors de congrès ou de colloques pour le moment étant donné que le public ciblé par les résultats du projet sont les producteurs québécois de concombre de transformation.

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (joindre en annexe la documentation en appui)

Les résultats du projet ont été présentés à deux reprises dans le cadre des ateliers Bilan de saison organisés par la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation (FQPFLT). Ces ateliers visent essentiellement à transférer des informations techniques aux producteurs de concombres de transformation et à faire un retour sur la saison de production. Le premier atelier a eu lieu le 13 décembre 2016 Club de golf Continental de Sainte-Victoire-de-Sorel et le second le 4 décembre 2017 dans les bureaux de l'UPA à Longueuil. La documentation relative à ces activités est disponible en annexe (présentation PowerPoint en format PDF). Mme Myriam Gagnon s'occupera aussi de la publication des résultats par l'entremise du bulletin Le Cultivé publié par la FQPFLT pour ses membres et de la rédaction d'une fiche synthèse qui sera disponible sur le site Internet de l'organisme.

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
Les plants du cultivar Puccini sont en mesure d'augmenter leur rendement sur une base individuelle lorsque la densité de semis diminue, ce qui permet de maintenir sensiblement le même rendement par unité de surface.	Les producteurs de concombre de transformation.	Les producteurs de concombre de transformation pourraient diminuer la densité de semis dans leur régie de production tout en conservant des rendements et des revenus similaires.	Les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés sont les journées thématiques et les fiches synthèses. Les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats sont l'organisation de journée de présentation et de discussions mettant l'accent sur nos résultats. Ces étapes ont déjà été réalisées par le biais de notre participation aux ateliers Bilan de saison organisés par la FQPFLT. Les résultats seront communiqués aux producteurs concernés par la FQPFLT par le biais de communiqués (bulletins de liaison).
La hausse de rendement par plant observée est principalement causée par une hausse de production en concombre de calibres #3 et #4. Les concombres produits sous les différents espacements conservent aussi les caractéristiques nécessaires pour répondre aux exigences des transformateurs.	Les producteurs de concombre de transformation.	Les concombres produits sous des densités plus faibles demeurent attrayants pour les transformateurs.	
Les producteurs pourraient viser une densité de semis finale se situant autour de 14 935 plants/acre (14 pouces entre les plants).	Les producteurs de concombre de transformation.	Cette réduction de densité pourrait engendrer une diminution intéressante des coûts reliés à l'achat des semences (28 % de réduction, économie potentielle de 131 \$/acre). L'utilisation d'une densité plus faible pourrait aussi améliorer l'efficacité de la récolte, ce qui pourrait éventuellement occasionner une réduction des coûts de la main-d'œuvre nécessaire.	

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Myriam Gagnon, agr., conseillère au développement et à la recherche à la FQPFLT, a participé à l'ensemble des étapes du projet, notamment au développement du protocole et au suivi des parcelles expérimentales. Elle a aussi été responsable de l'organisation des ateliers de bilan de saison des saisons 2016 et 2017 durant lesquels les résultats du présent projet ont fait l'objet de présentations. Elle est aussi responsable de la publication des résultats par l'entremise du bulletin Le Cultivé publié par la FQPFLT pour ses membres et de la rédaction d'une fiche synthèse qui sera disponible sur le site Internet de l'organisme.

M. George Pape de la compagnie de semences Rijk Zwaan a contribué au projet en nous apportant des informations utiles en regard des pratiques agricoles des producteurs de concombre de transformation américains et ontariens. C'est également lui qui s'est chargé de nous fournir les semences de Puccini requises pour la réalisation des essais.

Dans ce projet, l'industrie était aussi représentée par un producteur de concombre de transformation de la région de Lanaudière (Les Frères Riopel SENC) qui nous a donné l'accès à son champ afin que nous puissions réaliser d'essai. Le producteur a effectué le travail du sol au printemps, la préparation du lit de semence, la fertilisation et l'irrigation de la culture, le désherbage mécanique, l'application des produits phytosanitaires de même que la destruction de la culture après les récoltes.

L'équipe technique du CIEL était responsable du semis de la culture, du désherbage manuel des parcelles et des récoltes. Le CIEL apporte aussi une contribution financière au projet en fournissant du matériel et des fournitures de laboratoire, une chambre froide servant à l'entreposage des récoltes et une serre servant à la production des transplants de concombre.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

Introduction

Une des priorités du plan stratégique de la table filière des légumes de transformation est d'améliorer l'offre de variétés performantes, ceci afin de répondre à la demande des acheteurs et de consolider les volumes de production québécois. Le secteur des concombres de transformation est bien établi, le nombre de contrats est en stable et les acheteurs orientent leurs besoins et exigences en fonction des besoins des marchés. D'ailleurs afin de répondre aux exigences des transformateurs, les producteurs doivent fournir des concombres uniformes, réguliers et ayant un ratio de longueur sur diamètre précis, répondant à des critères précis. La production de concombres parthénocarpiques rend possible l'atteinte de ces objectifs et le cultivar Puccini répond à ces exigences. De plus, la FQPFLT, en collaboration avec le CIEL, poursuit ses essais de cultivars depuis 2010 afin d'en sélectionner d'autres. Ces cultivars demandent toutefois une adaptation de la régie de production par les producteurs, d'autant plus que le coût des semences est 5 fois supérieur à celui des variétés conventionnelles. Les compagnies commercialisant les cultivars parthénocarpiques recommandent des densités de semis plus faibles que celles employées pour la production de cultivars dits conventionnels. Les densités recommandées se réfèrent à celles utilisées aux États-Unis et en Europe et n'ont pas été validées sous nos conditions. Les cultivars parthénocarpiques sont cultivés sur une base commerciale depuis seulement quelques années et des essais bien structurés n'ont pas été réalisés afin de valider la densité idéale. Une meilleure compréhension de l'effet de la densité de semis s'avère essentielle et aidera les producteurs à atteindre les exigences des acheteurs et ce, à moindre coût. Le projet visait donc à documenter l'effet de la densité de semis sur la production et à définir une densité optimale pour deux cultivars de concombres parthénocarpiques et à en évaluer la rentabilité pour un rendement maximal.

Objectifs

L'objectif principal du projet consistait à définir la densité de population optimale pour deux cultivars de concombres de transformation parthénocarpiques. Comme sous objectif, le projet visait à documenter l'effet de la densité de semis sur le rendement, le calibre des concombres, le ratio longueur/diamètre des concombres, le développement des plants et l'efficacité de la récolte de deux cultivars de concombres parthénocarpiques.

Méthodologie

En 2016 et 2017, l'effet de cinq densités de semis différentes a donc évalué en parcelles expérimentales réparties selon un dispositif en blocs complets aléatoires comportant quatre répétitions (20 parcelles au total). En 2016, le site d'essai était situé dans la municipalité de Saint-Alexis (région de Lanaudière) sur un sol de type argile Ste-Rosalie (45.962915, -73.659791). En 2017, les essais étaient encore effectués à Saint-Alexis (45.951044, -73.622080), mais cette fois sur un sol de type loam limoneux Baudette.

Le cultivar Puccini a été utilisé pour les deux années d'essai. Le protocole établi au départ mentionnait que les essais de la saison 2017 se feraient avec un autre cultivar. Or, les espacements testés en 2016 ont permis d'observer une augmentation du rendement/plant sans atteindre un plateau dans la production des plants. Sur la base de ces résultats, nous avons convenu qu'il serait justifié de poursuivre les travaux avec le cultivar Puccini en variant davantage les espacements. Ce cultivar parthénocarpique est encore plus utilisé actuellement par les producteurs québécois de concombres de transformation.

En 2016, le semis s'est effectué le 30 mai. Les parcelles étaient constituées de 5 rangs (espacement de 0,76 m) d'une longueur de 4 m, pour une superficie de 15,2 m². Les traitements étaient les suivants :

- T1 espacement de 8 pouces (po) entre les plants (19 plants/rang), densité de 26 137 plants/acre.
- T2 espacement de 10 po entre les plants (15 plants/rang), densité de 20 909 plants/acre (témoin).
- T3 espacement de 11 po entre les plants (14 plants/rang), densité de 19 008 plants/acre.
- T4 espacement de 12 po entre les plants (13 plants/rang), densité de 17 424 plants/acre.
- T5 espacement de 14 po entre les plants (11 plants/rang), densité de 14 935 plants/acre.

En 2017, le semis des parcelles a été réalisé le 1^{er} juin. La dimension des parcelles a été augmentée. Elles étaient constituées de 6 rangs (espacement de 0,76 m) d'une longueur de 5 m, pour une superficie de 22,8 m². Nous avons modifié les espacements étant donné que ceux testés en 2016 n'ont pas permis de déterminer la densité de semis optimale, un objectif principal du projet. Les traitements comparés en 2017 étaient les suivants :

- T1) espacement de 10 pouces (po) entre les plants (20 plants/rang), densité de 20 909 plants/acre (témoin).
T2) espacement de 12 po entre les plants (17 plants/rang), densité de 17 424 plants/acre.
T3) espacement de 14 po entre les plants (15 plants/rang), densité de 14 935 plants/acre.
T4) espacement de 16 po entre les plants (13 plants/rang), densité de 13 068 plants/acre.
T5) espacement de 18 po entre les plants (11 plants/rang), densité de 11 616 plants/acre.

Lors des deux années d'essais, nous avons laissé un espace de 2 m entre les parcelles pour éviter que les plants de concombres des parcelles adjacentes ne s'entremêlent. Afin d'assurer une levée optimale et de répondre aux exigences de densité, nous avons effectué un triple semis, c'est-à-dire que trois semences ont été mises en terre à chacun des emplacements déterminés par les espacements. Nous avons procédé au démarriage des plants excédentaires une fois la levée complétée afin d'obtenir les populations désirées pour les densités testées. Au besoin, les plants manquants ont été remplacés par des transplants semés préalablement en serres.

Le producteur a effectué la fertilisation et l'irrigation de la culture de même que l'application des produits phytosanitaires requis. Nous avons complété manuellement le désherbage de la culture amorcé par le producteur. Une fois le dernier sarclage mécanique effectué par le producteur, juste avant la fermeture des rangs, nous avons procédé à l'installation des quadras servant à délimiter les zones de récoltes. En 2016, le quadra occupait une superficie de 4 m² (2 m x 2 m) alors qu'en 2017 il était légèrement plus grand, soit 4,5 m² (1,5 m x 3 m). Les quadras étaient constitués de cordes blanches maintenues au sol par des piquets pour toute la durée des récoltes.

Des récoltes hebdomadaires ont été effectuées à l'intérieur de ces quadras, pour un total de cinq récoltes en 2016 et de six en 2017. Tous les concombres de calibre #2 et plus, de même que les concombres avec défauts, ont été récoltés. Lors de la dernière récolte, ce sont tous les concombres possédant un diamètre supérieur à 10 mm qui ont été récoltés. Les concombres ont été classés et pesés selon les normes établies par l'industrie au Québec : Calibre #1 : diamètre entre 0 et 26,0 mm. Calibre #2 : diamètre entre 26,1 et 31,0 mm. Calibre #3 : diamètre entre 31,1 et 42,0 mm. Calibre #4 : diamètre entre 42,1 et 51,0 mm. Calibre #5 : diamètre entre 51,1 et 55,0 mm. Défauts (rejets) : trop gros (diamètre > 55 mm), malformations, pourritures. Les concombres situés à l'extérieur des quadras de récolte ont également été récoltés, mais n'ont pas été considérés dans les rendements. Des concombres de calibres #2, #3 et #4 ont été prélevés à deux reprises afin de procéder à la mesure de la longueur et du diamètre. Le temps moyen requis pour récolter les quadras de l'ensemble des parcelles a été consigné à trois reprises lors des récoltes du 2 août, du 9 août et du 16 août 2016. En 2017, cette donnée a été évaluée pour les quatre premières récoltes. Nous avons également noté le développement de maladies foliaires afin de vérifier l'effet de la densité de semis sur la sensibilité des plants aux agents phytopathogènes.

Les variables ayant fait l'objet des analyses statistiques sont le rendement total, le rendement pour chacune des catégories de concombre, le rendement combiné pour les classes #1 à #5 (commercialisable) et le rendement en concombres avec défauts. Les rendements sont exprimés en tonnes courtes (2000 lbs) par acre (Tc/acre) étant donné que ceci constitue la norme de l'industrie. Le rendement a également été converti en revenu brut/acre selon les prix établis dans la convention de mise en marché du concombre de transformation : Calibre #1 : 664 \$/Tc. Calibre #2 : 664 \$/Tc. Calibre #3 : 479 \$/Tc. Calibre #4 : 227 \$/Tc. Calibre #5 : 82 \$/Tc. Défauts (rejets) : 82 \$/Tc. Nous avons également déterminé le rendement par plant (g) pour les différentes catégories de concombres. Les temps chronométrés lors des récoltes ciblées ont été compilés ensemble. Les données ont servi à déterminer le temps total requis pour la récolte des quadras (minutes/parcelle), le rendement par unité de temps (kg/minute) et le temps moyen de récolte par plant (secondes/plant). Les mesures effectuées sur les concombres ont permis de déterminer le ratio L/D pour chacun des calibres et pour l'ensemble. Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel R. Les données ont été soumises à une analyse de variance suivie d'un test de Waller-Duncan au seuil de 5 %. L'homogénéité de la variance et la normalité des données ont été vérifiées afin de s'assurer que les données respectaient les conditions d'utilisation de l'ANOVA.

Résultats

Saison 2016

Dynamique de production

La première récolte (27 juillet) ainsi que la récolte du 9 août ont été les deux récoltes les plus importantes. La dynamique des récoltes a généralement suivi le même patron, peu importe la densité de semis. On a toutefois remarqué un plateau de production pour les récoltes du 2 au 16 août dans les parcelles possédant un espacement de 8 po entre les plants, comparativement à une hausse des rendements le 9 août pour les autres espacements. Les

rendements totaux étaient très faibles pour l'ensemble des parcelles lors de la dernière récolte (Figure 1).

Rendement par superficie

Les rendements totaux, variant entre 39,50 Tc/acre et 42,68 Tc/acre, ont été statistiquement similaires pour toutes les densités testées ($P = 0,8630$) (Figure 2). Il en était de même pour les rendements commercialisables ($P = 0,8920$) et non commercialisables ($P = 0,3708$). Il s'avère donc que malgré une réduction de près de 11 000 plants à l'acre en termes de densité, les parcelles cultivées avec un espacement de 14 po entre les plants (14 935 plants/acre) ont produit statistiquement le même rendement que celles ayant un espacement de 8 po (26 137 plants/acre).

De plus, les densités de semis testées n'ont pas eu d'influence sur les différents calibres de concombres produits. Malgré des différences marquées en nombre de plants par unité de surface, le rendement pour chacun des calibres et le rendement non commercialisable (rejets) sont demeurés stables d'une densité à l'autre (Figure 3). Ces données laissent présager que les plants ont une forte capacité d'adaptation leur permettant d'exploiter au maximum les ressources mises à leur disposition pour produire davantage de rendement.

Rendement par plant

L'hypothèse se confirme lorsqu'on traduit les rendements exprimés en Tc/acre en rendement par plant (Figure 4). En effet, le rendement total par plant s'est avéré significativement inférieur ($P = 0,0005$) dans les parcelles cultivées avec un espacement de 8 po entre les plants (1371 g/plant) comparativement aux autres densités testées. Ceci suggère que les plants cultivés aux 8 po se compétitionnent plus entre eux, ce qui réduit le rendement par plant. Le rendement par plant le plus élevé est atteint par les ceux cultivés avec un espacement de 14 po (2460 g/plant), où les plants subissent la pression de compétition la plus faible. La variabilité des données obtenues ne permet pas à tout coup aux analyses statistiques de déceler des différences significatives entre le rendement par plant selon la densité, principalement entre les densités semblables (10 po vs 11 po, 11 po vs 12 po, 12 po vs 14 po). Par contre, de façon générale, les résultats indiquent une tendance claire à l'effet que le rendement par plant augmente avec la réduction de la densité de semis. Par exemple, une augmentation de l'espace entre les plants sur le rang de près de 75 % (espacements de 8 po vs. 14 po) génère une augmentation de rendement par plant similaire (79 %). Aussi, si l'on passe d'un espacement de 10 à 14 po entre les plants, le rendement par plant augmente de près de 34 %. Les densités de semis plus élevées semblent donc occasionner une plus forte compétition entre les plants, ce qui engendre une réduction importante du potentiel de rendement pour chacun des plants. Ceci explique pourquoi le rendement exprimé en Tc/acre obtenu pour toutes les différentes densités de semis s'est avéré statistiquement comparable. En effet, les plants cultivés avec un espacement de 8 po produisent moins de rendement que les plants cultivés à un espacement de 14 po. Par contre, étant donné que l'on retrouve davantage de plant par unité de surface avec un espacement de 8 po, le rendement en Tc/acre est statistiquement similaire au rendement des parcelles cultivées avec un espacement de 14 po. Le même raisonnement s'applique aux autres densités de semis et une tendance très similaire peut aussi être observée si on se concentre uniquement sur les rendements commercialisables (Figure 4).

Si l'on décortique le rendement des plants selon les différents calibres de concombre (Figure 5), on remarque tout d'abord que la densité de semis n'a pas eu d'effet sur le rendement par plant en concombre de calibre #1 ($P = 0,3509$). Ceci a peu d'impact étant donné que l'on ne cherche pas à valoriser ce calibre dans la production de concombre de transformation au Québec. Les plants cultivés avec un espacement de 14 po ont produit significativement plus de rendement en concombre de calibre #2 que les plants cultivés avec les autres espacements ($P = 0,0055$), mais les rendements en cause sont relativement faibles (de 77 à 119 g/plant). Concernant le rendement par plant en concombre de calibre #3, les plants cultivés avec un espacement de 14 po en ont produit davantage que les plants cultivés avec les espacements de 8, 10 et 11 po ($P = 0,0005$). La production en concombre de calibre #3 des plants cultivés avec un espacement de 10 po (la référence pour le cultivar Puccini) s'est avérée statistiquement similaire à celle des plants espacés de 8 et 11 po. Aussi, la production en concombre de calibre #4 s'est avérée significativement plus faible pour les plants cultivés avec un espacement de 8 po comparativement aux autres densités ($P = 0,0022$). Le rendement par plant en concombre de ce calibre était toutefois statistiquement comparable pour les espacements de 10 à 14 po entre les plants. Ces données nous indiquent que la hausse de rendement pour les plants cultivés avec des espacements de 14 po et, dans une moindre mesure, 12 po, semble donc essentiellement causé par une production plus élevée en concombre de calibre #3 et #4. Ceci est souhaitable étant donné que ce sont des calibres qui sont habituellement recherchés par les acheteurs de concombre de transformation. Les données démontrent encore une fois que la réduction de la densité de semis semble permettre aux plants de produire davantage sur une base individuelle. De plus, cette augmentation de rendement est le fruit d'une tendance qu'on les plants à produire davantage de concombres de calibres #3 et #4 lorsqu'ils ont davantage d'espace, donc avec un espacement plus élevé entre chacun d'eux. Pour ce qui est des concombres de calibre #5, le rendement par plant a été statistiquement similaire pour les cinq densités testées ($P = 0,4690$). Ceci est souhaitable, car les concombres de ce calibre, bien que commercialisables, ne sont pas demandés en gros volume de la part des transformateurs. Enfin, des différences significatives se sont manifestées

entre les rendements par plant en concombres avec défauts (rejets) ($P = 0,0262$), mais ceux-ci sont relativement faibles. Les rejets des plants cultivés avec un espacement de 10 po (la référence pour le cultivar Puccini) se sont avérés statistiquement comparables à celui des plants soumis à toutes les autres densités.

Revenus générés

La rentabilité des différentes densités de semis semble être équivalente. Le revenu brut, basé sur les rendements totaux, variait entre 12 102 \$/acre pour l'espacement de 14 po et 12 478 \$/acre pour l'espacement de 11 po. Les analyses statistiques n'ont dénoté aucune différence significative en regard des revenus bruts générés sous les différentes densités de semis ($P = 0,9897$) (Figure 4). Il en est de même pour les revenus bruts générés par le rendement commercialisable ($P = 0,9787$). Considérant que nos résultats ont démontré que les rendements par superficie sont demeurés statistiquement similaires peu importe la densité de semis, et ce pour toutes les catégories de rendement, il est donc conséquent que les revenus bruts le soient eux aussi. En revanche, les producteurs et les transformateurs pourraient bénéficier d'économies appréciables sur le coût des semences en ajustant la densité à la baisse, tout en conservant un revenu/acre similaire.

Efficacité de la récolte

Les analyses statistiques n'ont pas démontré de différence significative sur l'efficacité de la récolte, calculée sur la base du temps requis pour récolter les quadras (somme des trois récoltes chronométrées) ($P = 0,4720$). Le rendement par unité de temps était aussi similaire pour toutes les densités ($P = 0,3087$), variant entre 5,82 et 6,84 kg/minute. Par contre, l'effet de la densité se manifeste lorsque l'on analyse le temps requis pour la récolte d'un seul plant (Figure 4). En effet, le temps requis pour récolter un plant avec un espacement de 14 po (33,43 secondes) s'est avéré significativement supérieur à celui requis pour récolter un plant avec un espacement de 10 po (26,03 secondes) ou 8 po (22,09 secondes). Le temps nécessaire pour récolter un plant avec un espacement de 11 po (30,09 secondes) ou 12 po (29,93 secondes) était statistiquement similaire au temps requis pour récolter les plants distancés de 10 ou 14 po.

Le temps requis par plant pour la récolte semble donc s'accroître avec l'augmentation de l'espacement entre les plants (augmentation de la densité). Ceci n'est pas surprenant étant donné que nos résultats ont démontré que le rendement par plant (donc le nombre de concombres par plant) augmentait lorsque les plants étaient cultivés avec des densités plus faibles. En revanche, étant donné qu'il y a davantage de plants à récolter dans les parcelles avec de fortes densités, le temps requis pour la récolte totale des quadras s'est avéré statistiquement comparable pour tous les espacements. Il faut toutefois souligner que l'efficacité de la récolte n'a pas été prise en compte lors de la récolte du 27 juillet, alors que celle-ci s'est avérée être la plus importante. La différence de temps cumulatif requis pour la récolte aurait donc pu devenir significative si les analyses avaient inclus la première (et la dernière) récolte.

Mesure des concombres

La densité de semis n'a pas affecté les mesures de longueur et diamètre effectuées sur les concombres. Peu importe le calibre des concombres, le ratio L/D est demeuré statistiquement comparable pour les concombres produits selon les cinq densités de semis testées (valeur de P se situant entre 0,4763 et 0,9269).

Maladies et désordres physiologiques

Nous ne sommes pas en mesure de tirer des conclusions concernant l'effet des densités de semis sur les maladies foliaires, car la pression de celles-ci est demeurée faible sur le site d'essai. De plus, aucun désordre physiologique d'importance n'a été documenté.

Saison 2017

Dynamique de production

La production des plants a généralement suivi la même tendance au fil de la saison de production. Pour tous les espacements comparés, la récolte la plus importante a été celle du 8 août. La première récolte (25 juillet) a été la seconde plus importante, alors que la récolte du 29 août était très faible, peu importe la densité de semis utilisée. La dynamique de production des plants semble donc similaire peu importe l'espacement (Figure 8).

Rendement par superficie

Les rendements totaux ont été plus faibles que ceux obtenus en 2016. Ceux-ci ont varié entre 29,28 Tc/acre et 34,29 Tc/acre mais se sont avérés statistiquement similaires pour toutes les densités testées ($P = 0,3110$) (Figure 9). Il en était de même pour les rendements commercialisables ($P = 0,2070$) et non commercialisables ($P = 0,3820$). Ces données indiquent que les parcelles cultivées avec un espacement de 18 po entre les plants (11 616 plants/acre) ont

produit statistiquement le même rendement que celles cultivées avec un espacement de 10 po (20 909 plants/acre), et ce malgré une réduction de près de 9 000 plants à l'acre en termes de densité.

Si on se concentre sur la production des concombres de différents calibres, les analyses ont démontré qu'en général la production des plants était statistiquement similaire entre les différentes densités testées, et ce pour tous les calibres de concombres, hormis les calibres #1 et #3 (Figure 10). Ceci indique que le rendement par unité de surface pour les différents calibres est généralement demeuré stable, peu importe la densité de semis. Par contre, la production de concombre de calibre #3 (12,88 Tc/acre) s'est avérée statistiquement plus élevée pour les plants espacés de 10 po comparativement aux autres espacements (10,02 Tc/acre et moins) ($P = 0,0310$). Pour ce qui est de la production des plants en concombre de calibre #1, ce calibre est peu valorisé par la filière de production et les données obtenues sont peu utiles afin de juger de la performance des différents espacements testés.

Rendement par plant

Ces données suggèrent, comme il a été observé en 2016, que les plants ont une forte capacité d'adaptation se traduisant pour une augmentation de rendement par plant procurant un rendement par unité de surface équivalent. C'est ce que l'on constate en considérant le rendement total et commercialisable par plant (Figure 11). En effet, le rendement total individuel des plants cultivés aux 18 pouces (2 299 g/plant) a été significativement supérieur à celui des plants cultivés aux autres espacements ($P = 0,0021$). Le rendement total pour les plants des parcelles cultivées aux 10 pouces entre les plants est statistiquement similaire aux plants cultivés aux 12 pouces, mais inférieur au rendement individuel des plants des autres densités. Ceci confirme la tendance que l'on avait observée lors des essais de la saison 2016.

Le portrait est légèrement différent si l'on s'attarde uniquement au rendement commercialisable (Figure 11). En effet, le rendement commercialisable des plants cultivés selon un espacement de 18 pouces (1 996 g/plant) s'est avéré statistiquement similaire à celui des plants cultivés avec un espacement de 14 ou 16 pouces, mais significativement supérieur au rendement des plants produits selon un espacement de 10 ou 12 pouces ($P = 0,0055$). Également, le rendement des plants soumis à un espacement de 14 et 16 pouces n'était pas statistiquement différent des plants soumis à un espacement de 12 pouces. Ces données semblent indiquer que le plateau de production des plants, pour les concombres de catégories commercialisables, est possiblement atteint lorsque ceux-ci sont soumis à un espacement de 14 pouces, soit 14 935 plants/acre. Cette conclusion n'est toutefois pas évidente et il est difficile de cerner hors de tout doute la densité de semis à laquelle le rendement des plants plafonne effectivement.

Concernant la production par plant selon les calibres (Figure 12), il est difficile d'établir une tendance nette dans le comportement de production des plants. Les plants produisant selon un espacement de 18 pouces ont fourni un rendement en concombres de calibre #2 statistiquement supérieur aux plants cultivés aux 10, 12 ou 14 pouces ($P = 0,0174$). Seuls les plants cultivés avec un espacement de 18 pouces ont produit un rendement en concombre de calibre #3 (734 g/plant) statistiquement supérieur à ceux soumis aux autres densités testées ($P = 0,0459$). Pour les concombres de calibre #4, la relation entre les traitements est moins évidente. Les plants cultivés selon un espacement de 14 ou 18 pouces ont produit un rendement par plant en concombre de ce calibre statistiquement supérieur à celui des cultivés aux 10 ou 12 pouces ($P = 0,0081$). En revanche, le rendement en concombre de calibre #4 pour les plants soumis à un espacement de 16 pouces était à la fois statistiquement supérieur à celui des plants cultivés aux 12 pouces et similaire à celui des plants cultivés aux 10, 14 et 18 pouces. Aucune différence significative ne s'est manifestée entre les différentes densités de semis testées en ce qui concerne la production de concombre de calibre #5 ($P = 0,5630$). Enfin, les plants cultivés aux 18 pouces sont les seuls à avoir produit un rendement en concombre avec défauts (302 g/plant) statistiquement supérieur à ceux soumis aux autres densités testées ($P = 0,0167$).

Revenus générés

La rentabilité des différentes densités de semis (revenus bruts) est statistiquement équivalente en ce qui concerne le rendement total ($P = 0,1220$) (Figure 13). Le revenu brut a varié entre 11 736 \$/acre pour la densité de semis de 20 909 plants/acre, comparativement à 9 503 et 10 162 \$/acre respectivement pour les densités de semis de 13 068 et 11 616 plants/acre. Concernant les revenus bruts générés par le rendement commercialisable, la rentabilité des différentes densités de semis est encore une fois équivalente ($P = 0,1090$). Le fait que les revenus soit statistiquement similaire peu importe la densité de semis n'est pas surprenant lorsque l'on considère que les rendements par unité de surface étaient également statistiquement comparables. Cependant, comme il a été mentionné précédemment, une réduction du taux de semis par les producteurs pourrait offrir des économies intéressantes sur l'achat des semences sans porter préjudice aux revenus générés par la culture.

Efficacité de la récolte

Les analyses statistiques présentent des différences significatives sur l'efficacité de la récolte, calculée selon le temps

requis pour récolter les quadras dans les parcelles ($P = 0,0015$). En effet, la récolte des parcelles cultivées aux 10 pouces a nécessité un total de 12,45 minutes, ce qui est avéré statistiquement supérieur au temps requis pour récolter les parcelles cultivées aux espacements de 14, 16 et 18 pouces entre les plants (Figure 14). Le temps nécessaire pour récolter les parcelles cultivées aux 18 pouces (9,83 minutes) était statistiquement similaire à celui des parcelles cultivées aux 12, 14 et 16 pouces.

En termes d'efficacité de la récolte, c'est l'espacement de 14 pouces qui semblait offrir le meilleur compromis. En effet, pour chaque minute passée à récolter les parcelles cultivées selon cet espacement, nous avons récolté 3,14 kg de concombre commercialisable, ce qui est significativement plus élevé que le rendement/minute des parcelles cultivées aux 10 ou 12 pouces (respectivement 2,61 et 2,47 kg) ($P = 0,0411$).

Mesure des concombres

La densité de semis n'a pas affecté les mesures de longueur et diamètre (ratio L/D) effectuées sur les concombres si on considère ensemble les concombres de calibre #2, #3 et #4 ($P = 0,0869$). Il en est de même si on considère individuellement les concombres de calibre #2 ($P = 0,2224$) et #4 ($P = 0,8650$). En revanche, concernant les concombres de calibre #3 spécifiquement, les analyses statistiques ont démontré des différences significatives pour le ratio L/D ($P = 0,0251$). En effet, le ratio L/D des concombres cultivés aux 14 pouces entre les plants (ratio de 2,89) s'est avéré statistiquement inférieur à celui des concombres cultivés aux 10 et 12 pouces (ratios respectifs de 3,14 et 3,15) mais statistiquement similaire à celui des concombres issus des plants semés aux 16 ou 18 pouces (ratio de 2,97 pour les deux espacements). Il faut toutefois relativiser la signification de cette observation en considérant que le ratio L/D des concombres produits par les plants soumis aux différents espacements semble répondre aux exigences des acheteurs (ratio L/D autour de 3).

Maladies et désordres physiologiques

Nous ne sommes pas en mesure de tirer des conclusions sur l'effet des densités de semis sur les maladies foliaires, car la pression de celles-ci est demeurée faible sur le site d'essai. De plus, aucun désordre physiologique d'importance n'a été documenté.

Discussion

Lors de la saison 2016, nos résultats ont démontré que les plants du cultivar Puccini sont en mesure d'augmenter leur rendement sur une base individuelle lorsque la densité de semis passe de 26 137 à 14 935 plants/acre. Ceci permet de conserver le même rendement par unité de surface, malgré une réduction du nombre de plants/acre de l'ordre de 43 %.

Les plants subissent moins de compétition et produisent individuellement davantage de concombres, ce qui engendre des rendements totaux statistiquement comparables. Pour une même disponibilité des ressources (eau/engrais/ensoleillement), l'espacement de 14 po semble permettre aux plants de produire davantage. Également, nos résultats ont indiqué que la hausse de rendement est causée par une augmentation de la production de concombres de calibres #3 et #4. Aussi, les ratios L/D sont maintenus peu importe la densité de semis utilisée, ce qui est intéressant pour les acheteurs. Cependant, les espacements testés en 2016 ne nous ont pas permis d'atteindre un plateau dans la production des plants, ce qui nous aurait indiqué la limite de densité minimale à ne pas dépasser afin de maintenir des rendements par unité de surface adéquats. Nous n'étions donc pas en mesure de déterminer précisément la densité de semis optimale, un des objectifs principaux du projet. Sur la base de ces résultats, nous avons convenu de vérifier l'effet d'une densité encore plus faible avec le cultivar Puccini.

Les essais réalisés en 2017 ont permis de confirmer certaines tendances observées en 2016 et nous avons pu apprécier le potentiel de rendement du cultivar Puccini. En effet, alors que la densité de semis pour les plants espacés de 18 pouces (11 616 plants/acre) était de 44 % inférieure à celle des plants aux 10 pouces (20 909 plants/acre), les données obtenues démontrent que la production par unité de surface demeure la même. Avec les mêmes ressources (eau/engrais/ensoleillement) à leur disposition, les plants aux 18 po semblent produire davantage de rendement que s'ils étaient semés selon un espacement de 10 à 16 pouces. Cependant, pour les concombres de calibre #1 à #5 seulement, les rendements des plants semés aux 14, 16 ou 18 pouces semblent toutefois équivalents.

Également, les résultats obtenus lors des deux saisons indiquent que de façon générale les plants cultivés avec une densité plus faible produisent un rendement individuel plus élevé que lorsqu'ils sont cultivés plus densément. De plus, la hausse de rendement par plant observée est principalement causée par une hausse de production en concombre de calibres #3 et #4. Les concombres produits sous différents espacements conservent aussi les caractéristiques nécessaires pour répondre aux exigences des transformateurs.

Nous croyons qu'il était justifié de poursuivre les travaux avec le cultivar Puccini. Ce cultivar demeure une référence pour les cultivars parthénocarpiques et répond aux standards exigés par les transformateurs. Nous croyons que les résultats des travaux effectués avec le Puccini pourraient être transférables aux autres cultivars. À défaut, ils démontrent l'importance de faire des essais de ce type lorsque de nouveaux cultivars performants remplaceront éventuellement le Puccini.

Dans les conditions inhérentes à la réalisation des essais, les données obtenues suggèrent qu'il serait préférable pour les producteurs de semer selon une densité de 14 935 plants/acre. Les espacements de 10, 12 et 14 pouces entre les plants ont fait l'objet d'évaluation lors des deux années d'essais, mais pas ceux de 16 et 18 pouces. Des essais supplémentaires effectués dans d'autres conditions météorologiques et d'autres types de sols seraient requis afin de confirmer les tendances observées. Dans un contexte de production commerciale, il pourrait être risqué de semer de grandes superficies avec des espacements de 16 ou 18 pouces advenant le cas ou des problèmes à la levée sont rencontrés. Ce faisant, la densité réelle de semis pourrait se retrouver inférieure aux densités testées dans le cadre du présent projet, et nous ne pouvons garantir que les plants seraient en mesure de maintenir le même niveau de rendement (et de revenus générés) à une densité inférieure à 11 616 plants/acre. Les producteurs auraient sans doute avantage à élaborer leurs propres essais à la ferme afin de valider quelles densités de semis semble plus appropriée selon leur situation.

Pour les deux années d'essais, les revenus générés par superficie étaient statistiquement comparables peu importe la densité de semis. Considérant que les rendements par unité de surface étaient statistiquement comparables, il est donc conséquent que les revenus bruts le soient aussi. Cependant, pour un même revenu généré, la réduction de la densité de semis pourrait offrir des économies intéressantes relativement à l'achat des semences pour les producteurs et les transformateurs. Si l'on considère un coût de 22\$/1000 graines, la densité de 14 935 plants/acre représente un coût de 329 \$/acre, soit une réduction de près de 28 % (131 \$/acre) comparativement au coût d'achat des semences pour une densité de 20 909 plants/acre (460 \$/acre). Considérant une superficie de production de 20 acres, l'économie potentielle serait de 2 620 \$ pour un revenu similaire.

De plus, les résultats obtenus, principalement ceux de la saison 2017, indiquent que la densité de semis peut avoir une influence sur le temps requis pour la récolte. En effet, comparativement à la densité standard de 20 909 plants/acre habituellement utilisée avec le cultivar Puccini (espacement de 10 pouces entre les plants), il semblerait que la récolte soit plus efficace lorsque les plants sont semés selon une densité moindre. La densité de 14 935 plants/acre apparaît comme la plus appropriée en ce sens. En effet, c'est cette densité qui a permis d'obtenir plus de rendement commercialisable pour chaque minute de récolte en 2017. Cependant, il faut souligner que cet effet n'a pas été mesuré lors des essais de 2016. En 2016, le temps de récolte était le même pour toutes les densités de semis testées. Le temps passé à récolter dans les parcelles avec un espacement de 14 po nous semblait toutefois inférieur au temps passé dans les parcelles avec 8 et 10 po. La différence de temps n'est peut-être pas significative dans un cadre de recherche en parcelles expérimentales, mais on peut supposer que le gain d'efficacité pourrait être appréciable pour les producteurs à l'échelle d'un champ complet. En effet, le concombre de transformation nécessite plusieurs récoltes dans la saison et les coûts de main-d'œuvre représentent jusqu'à 60 % des coûts de production. Ce gain d'efficacité pourrait donc se traduire en une réduction substantielle des heures de travail payables.

Conclusion

Toutes les informations recueillies indiquent donc que les producteurs de concombre de transformation pourraient diminuer la densité de semis dans leur régie de production tout en conservant des rendements et des revenus similaires. Avec la régie de production actuelle utilisant un espacement de 10 po entre les plants, il apparaît que la densité de population du cultivar Puccini est trop dense. Cette situation entraîne une compétition entre les plants qui réduit leur rendement individuel et augmente la densité du feuillage, ce qui peut accroître le temps requis pour la récolte. Les résultats obtenus dans ce projet indiquent que la régie de production pourrait être optimisée pour l'atteinte du plein potentiel de rendement des plants. Nos résultats démontrent aussi que les producteurs ne devraient pas subir de baisses de rendement par unité de surface si la levée de leur semis n'est pas uniforme. En effet, les plants semblent posséder une certaine souplesse leur permettant d'augmenter leur production en fonction du niveau de compétition exercée par les autres plants. Des évaluations de la population réelle à différents endroits dans les champs seraient cependant justifiées pour vérifier que la densité se situe au-dessus de 11 616 plants/acre, soit le taux de semis le plus faible testé dans le cadre de ce projet. De façon optimale, les producteurs auraient peut-être avantage à viser une densité de semis se situant autour de 14 935 plants/acre (14 pouces entre les plants). Cet espacement représente une réduction appréciable du taux de semis de 29 % comparativement à l'espacement standard de 10 pouces (20 909 plants/acre). Cette réduction pourrait engendrer une diminution intéressante des coûts reliés à l'achat des semences de

l'ordre de 131 \$/acre (basé sur le coût des semences payées en 2016 et 2017). L'utilisation d'une densité plus faible pourrait aussi améliorer l'efficacité de la récolte, ce qui pourrait éventuellement occasionner une réduction des coûts de la main-d'œuvre nécessaire. Il serait donc souhaitable pour les producteurs de mener des essais sur leur ferme afin de vérifier qu'elles sont les densités qui semblent le plus adaptés à leur situation, leur type de sol ainsi qu'à leur machinerie. En parallèle, nous croyons qu'il serait pertinent d'effectuer des travaux portant sur les besoins en fertilisation en fonction de la densité de semis, afin que chaque plant puisse produire à son plein potentiel en ayant accès à toutes les ressources dont il a besoin.

ANNEXE

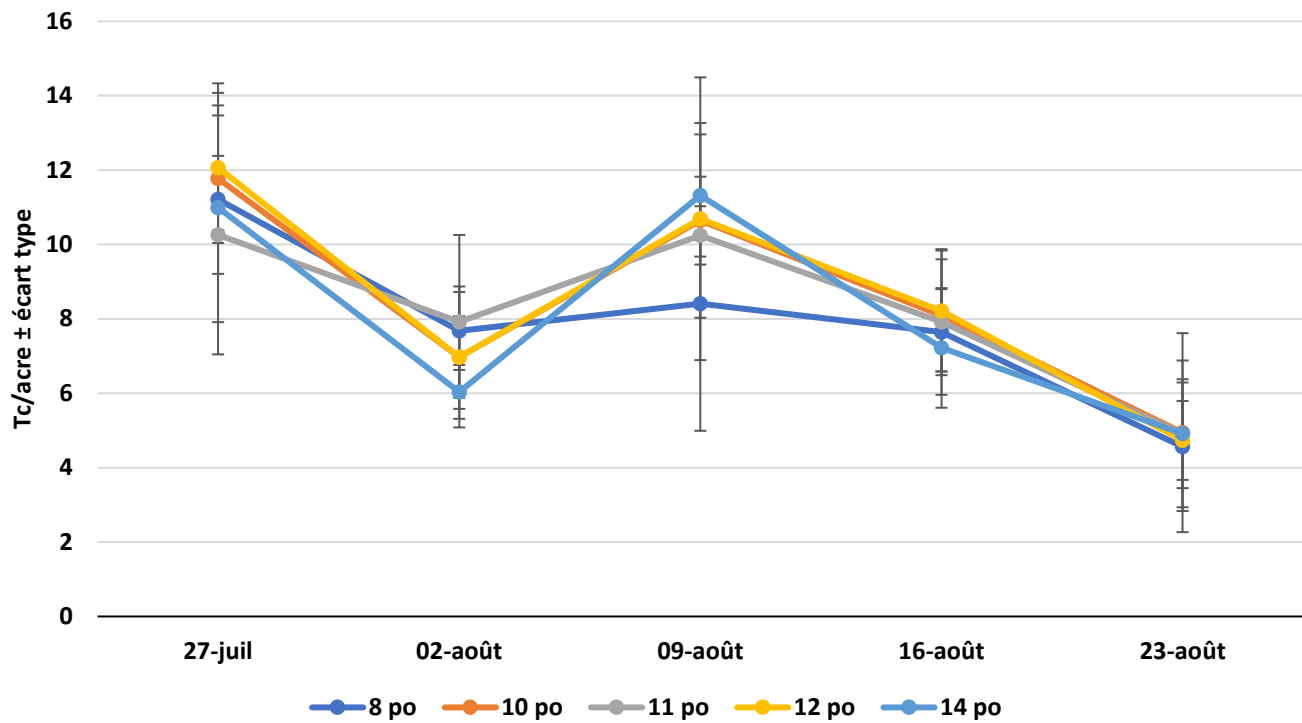


Figure 1. Évolution du rendement total par récolte (2016).

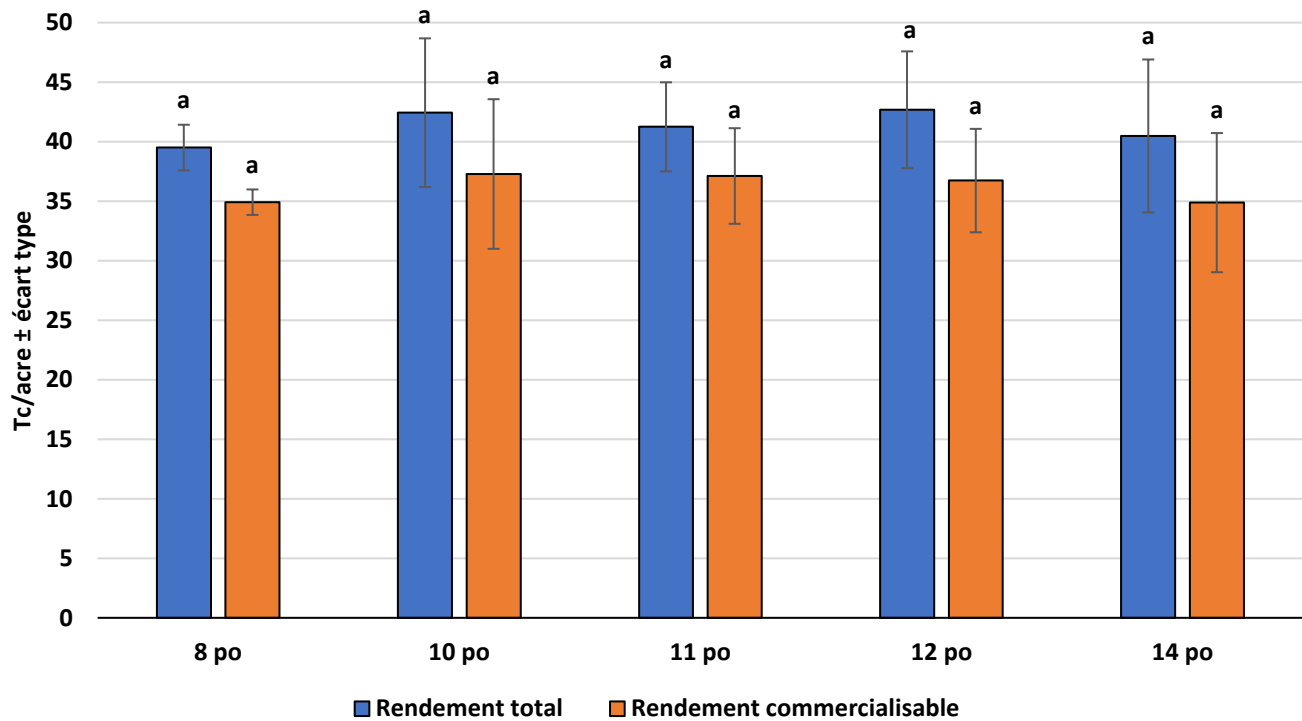


Figure 2. Rendement total ($P = 0,8630$) et commercialisable ($P = 0,8920$) (2016). Pour chacun des types de rendement, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

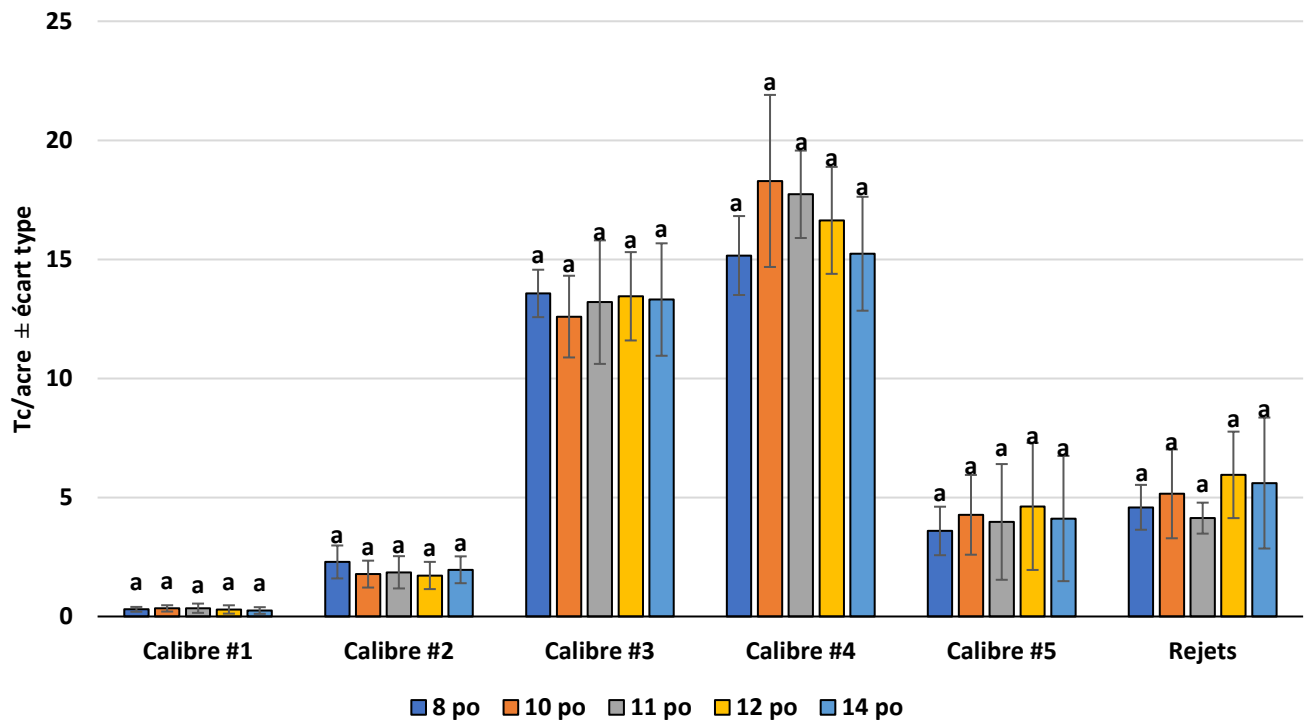


Figure 3. Distribution du rendement selon les calibres de concombre (2016). Pour chacun des calibres, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

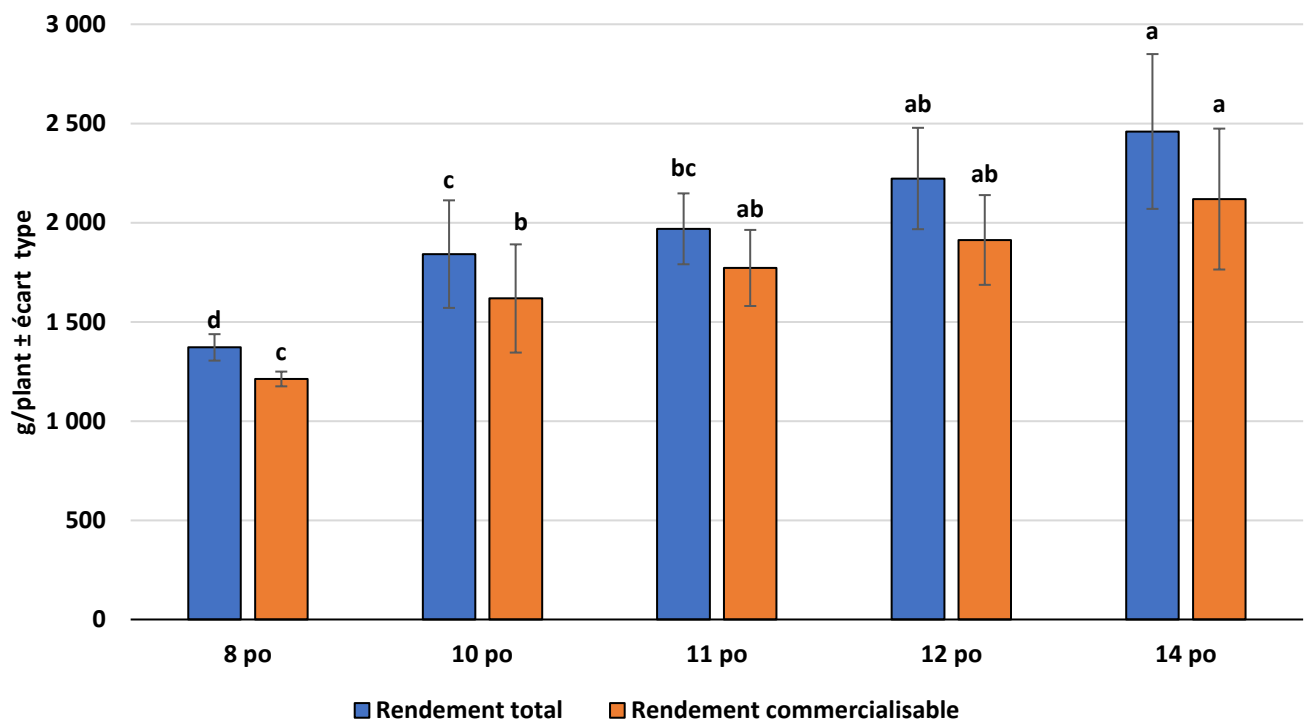


Figure 4. Distribution du rendement total ($P = 0,0005$) et commercialisable ($P = 0,0019$) par plant (2016). Pour chacun des types de rendement, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

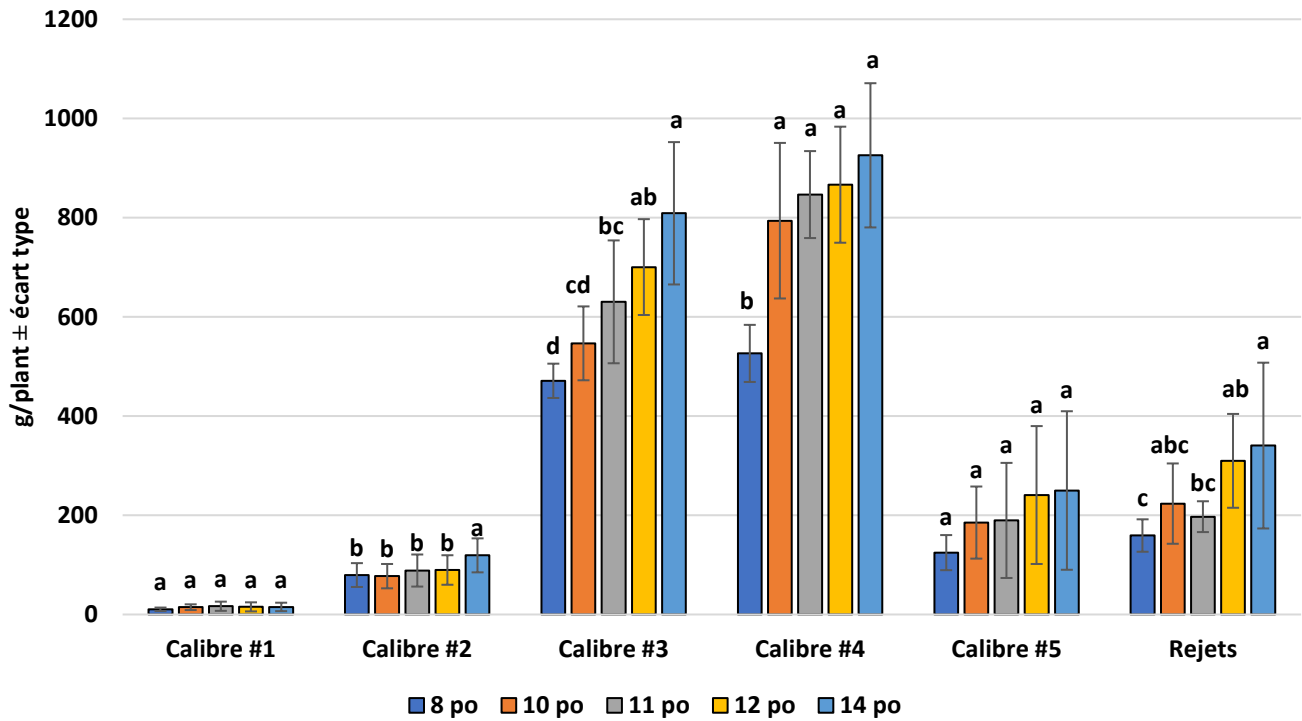


Figure 5. Distribution du rendement par plant selon les calibres de concombre (2016). Pour chacun des calibres, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

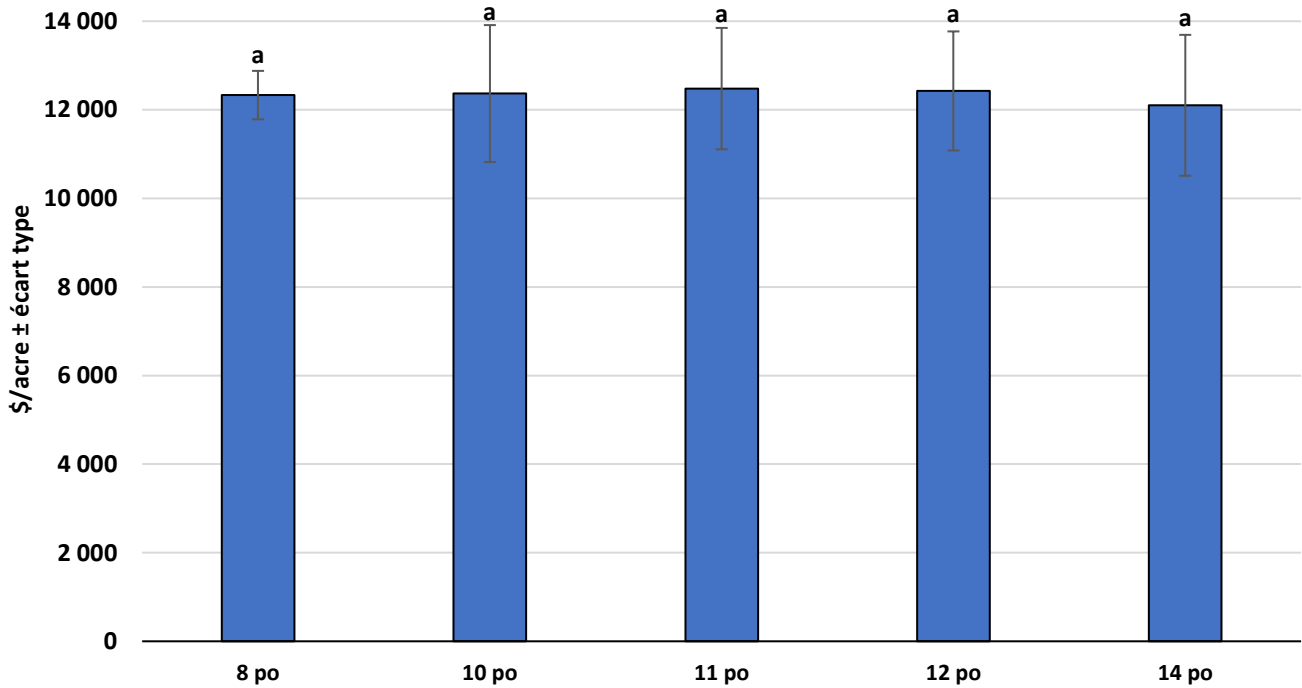


Figure 6. Revenus bruts ($P = 0,9897$) générés par le rendement total selon la densité de semis (2016). Les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

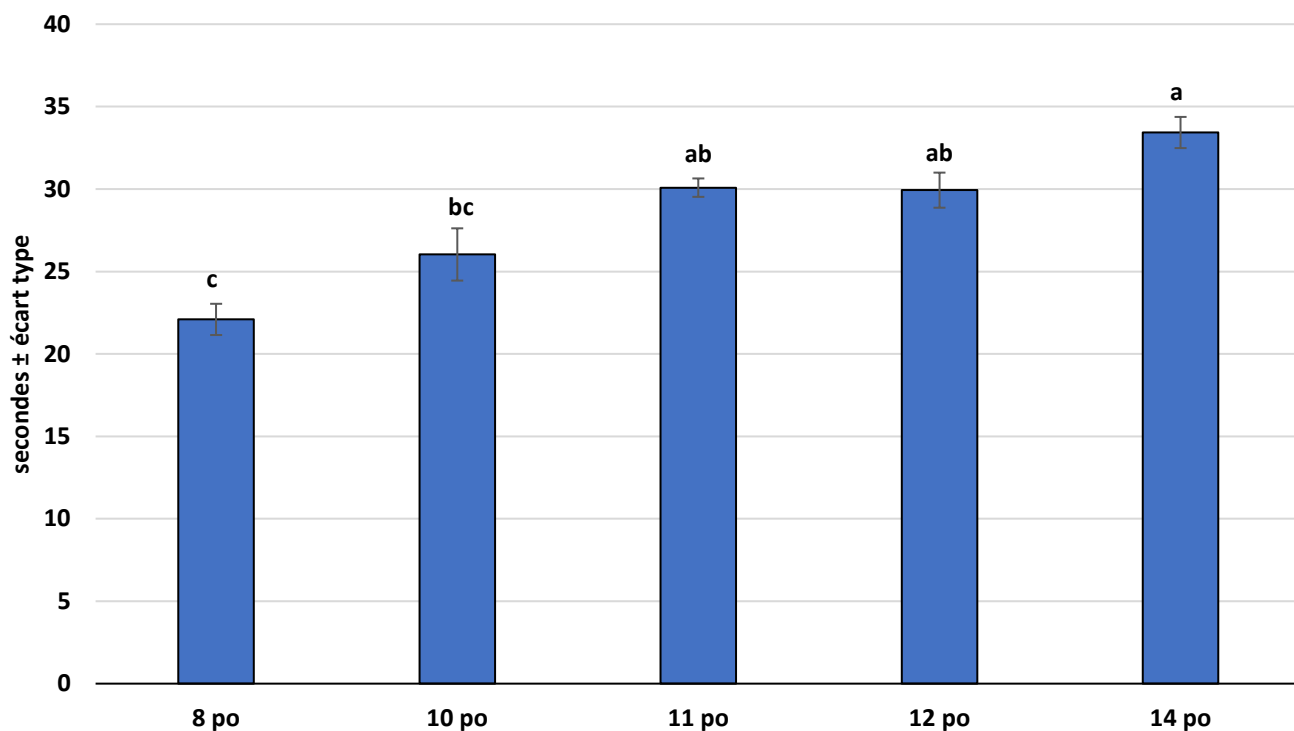


Figure 7. Temps requis pour la récolte par plant selon la densité de semis (2016) ($P = 0,0067$). Les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

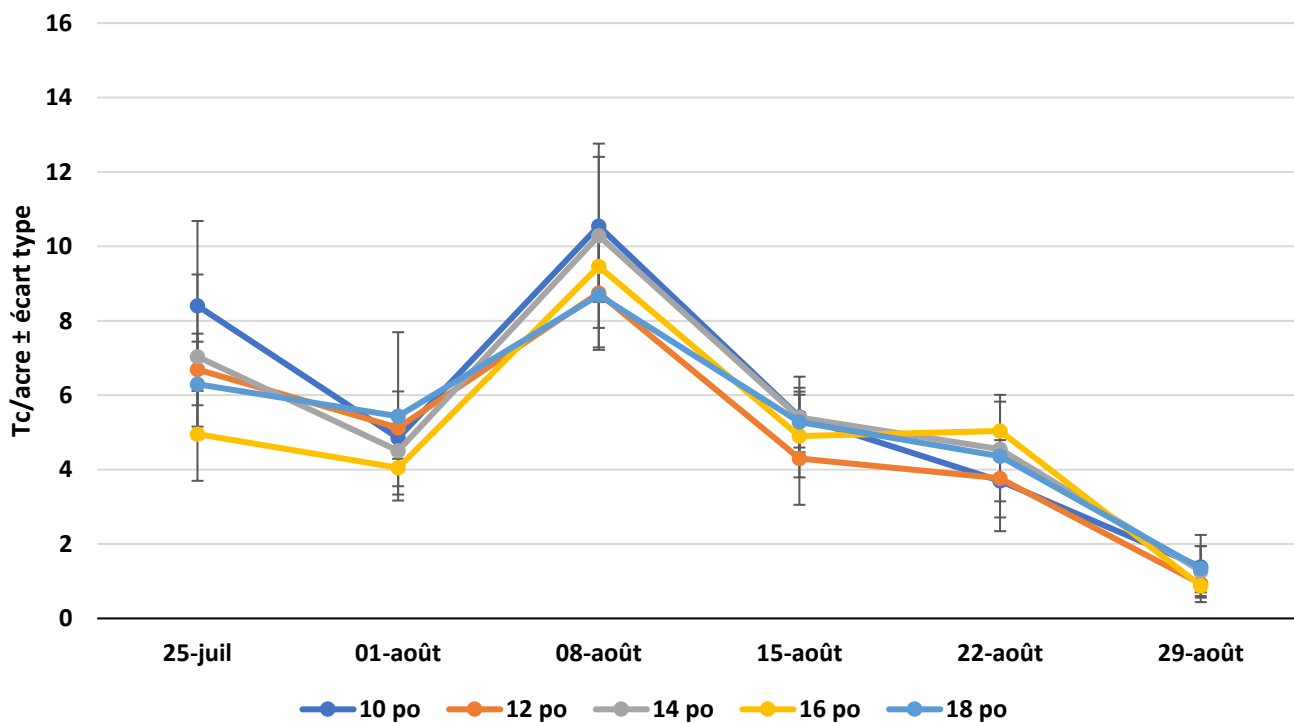


Figure 8. Évolution du rendement total par récolte (2017).

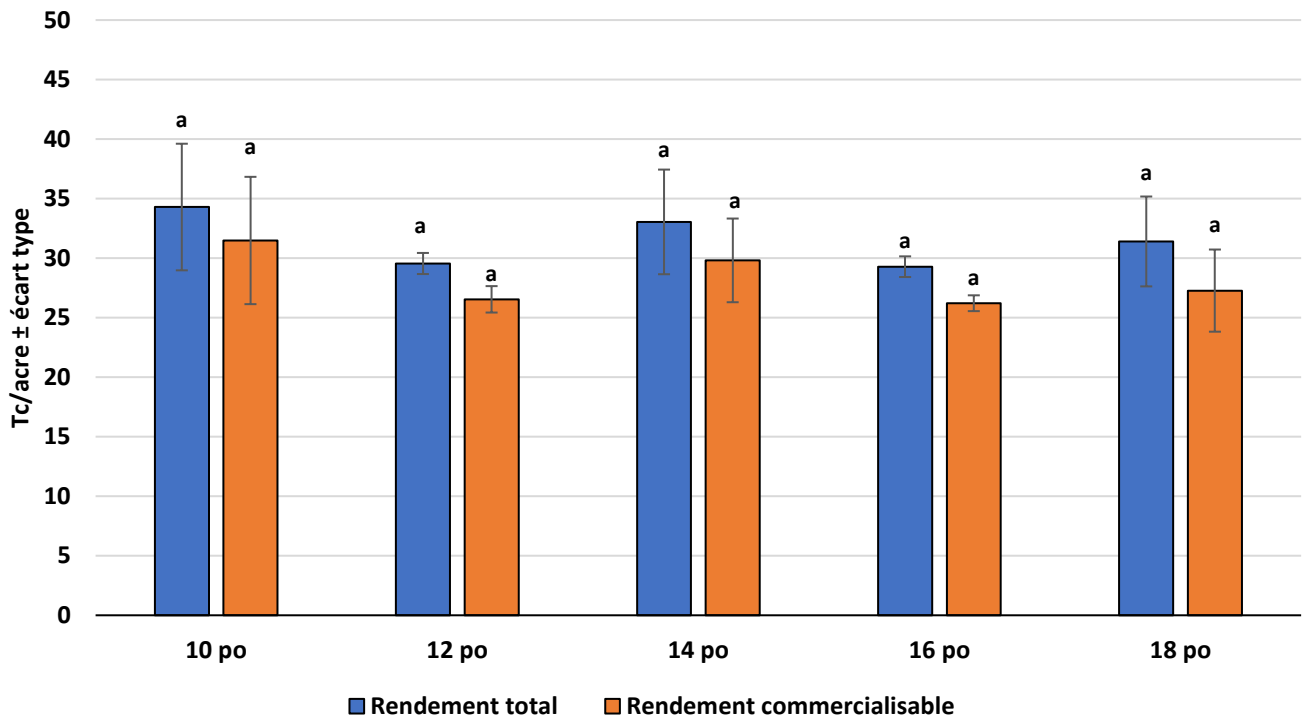


Figure 9. Rendement total ($P = 0,3110$) et commercialisable ($P = 0,2070$) (2017). Pour chacun des types de rendement, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

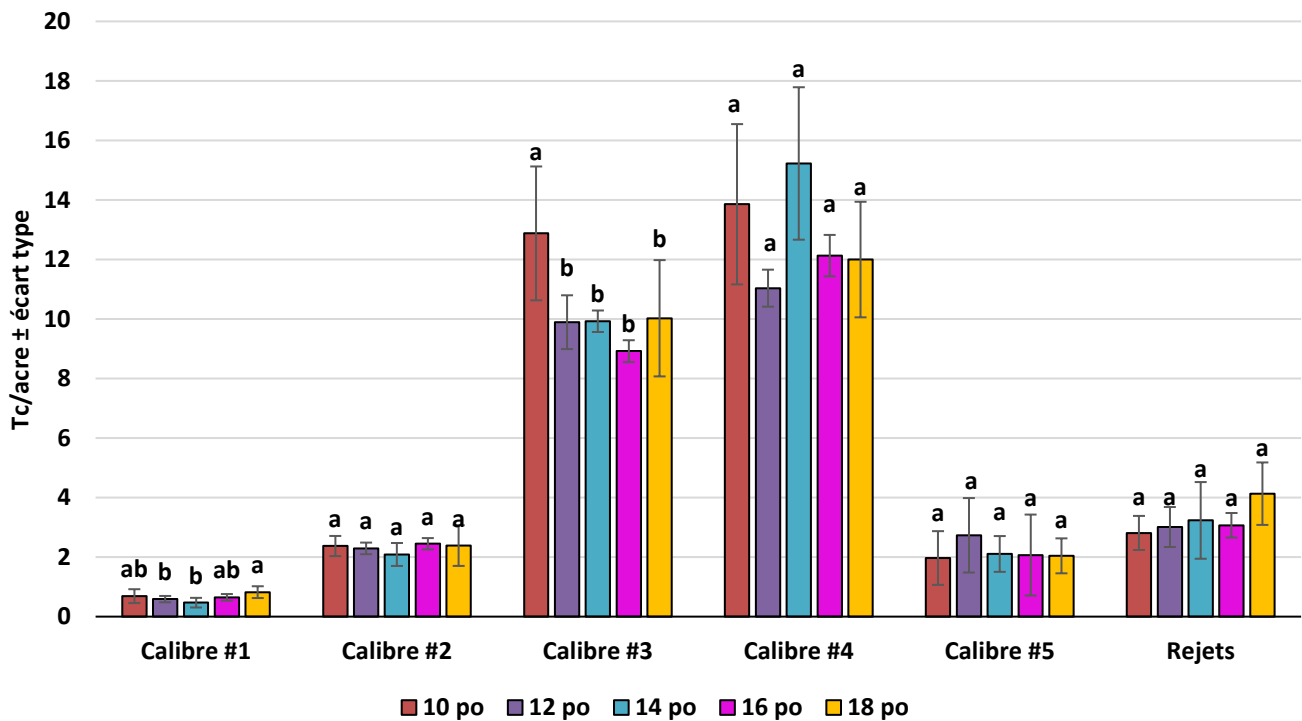


Figure 10. Distribution du rendement selon les calibres de concombre (2017). Pour chacun des calibres, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

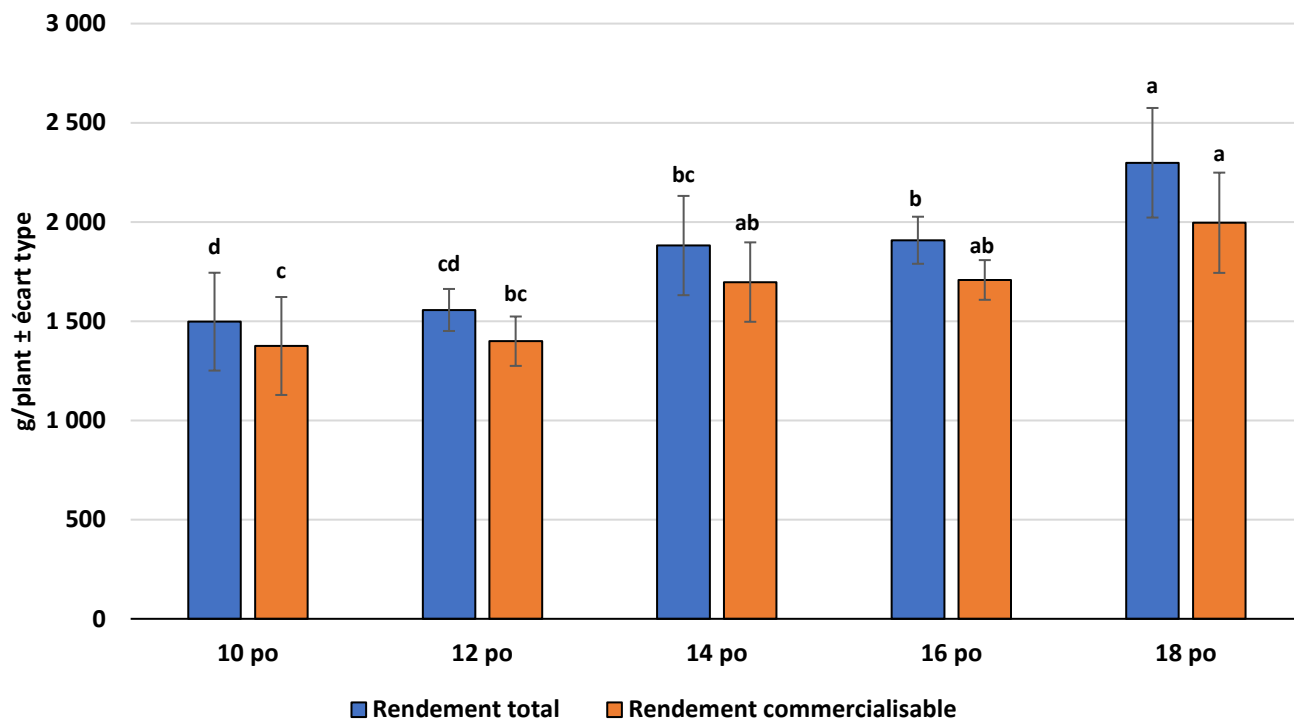


Figure 11. Distribution du rendement total ($P = 0,0021$) et commercialisable ($P = 0,0055$) (en g/plant) (2017). Pour chacun des types de rendement, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

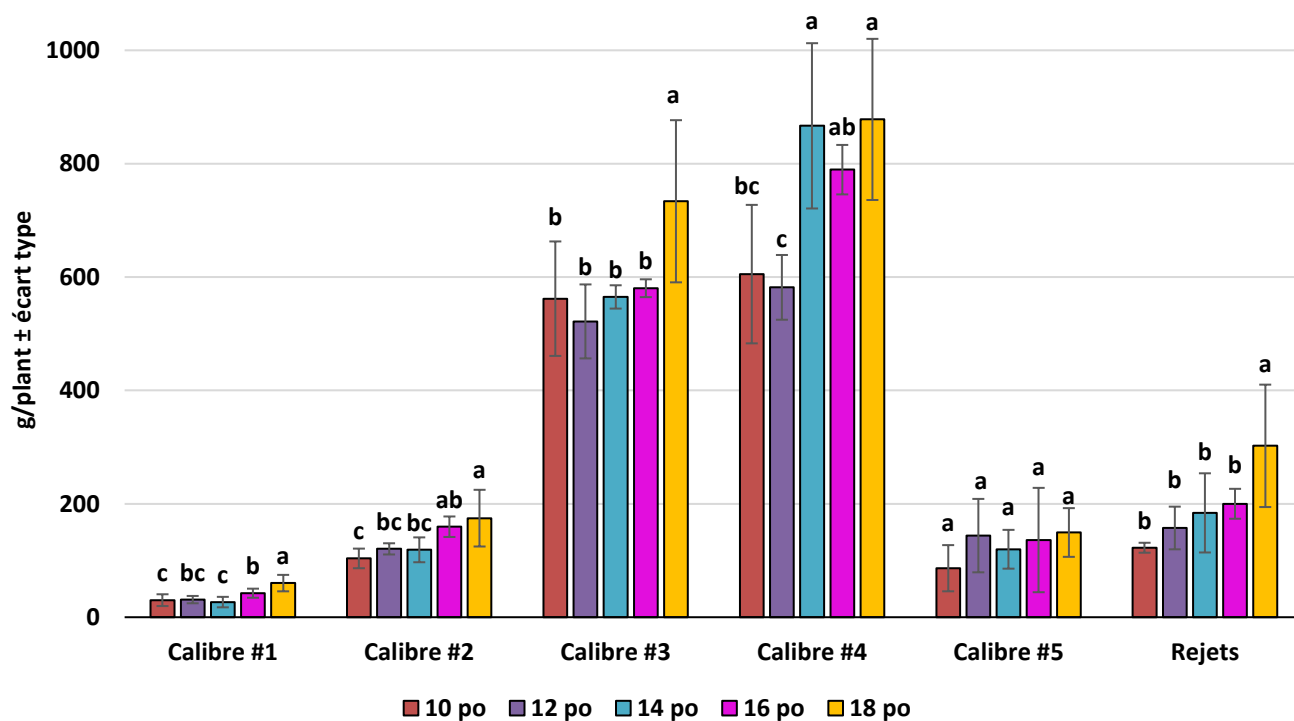


Figure 12. Distribution du rendement par plant selon les calibres de concombre (2017). Pour chacun des calibres, les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

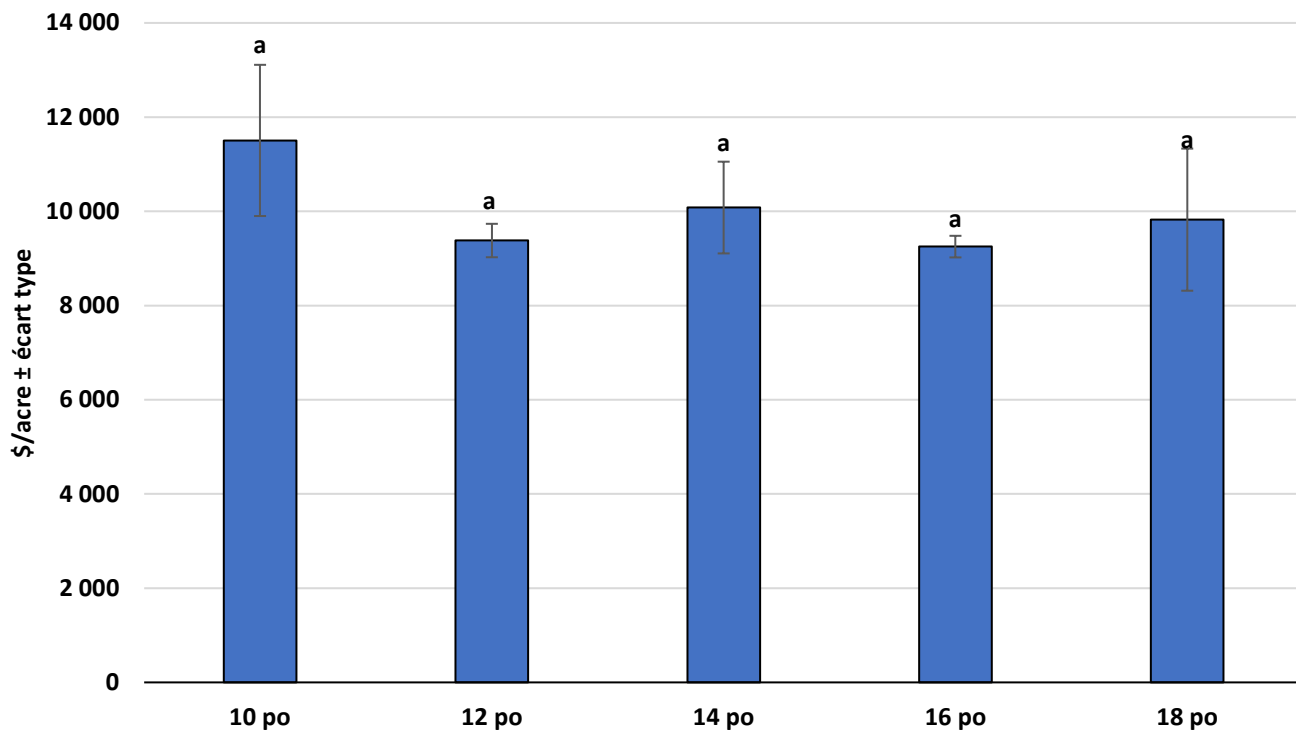


Figure 13. Revenus bruts ($P = 0,1220$) générés par le rendement total selon la densité de semis (2017). Les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

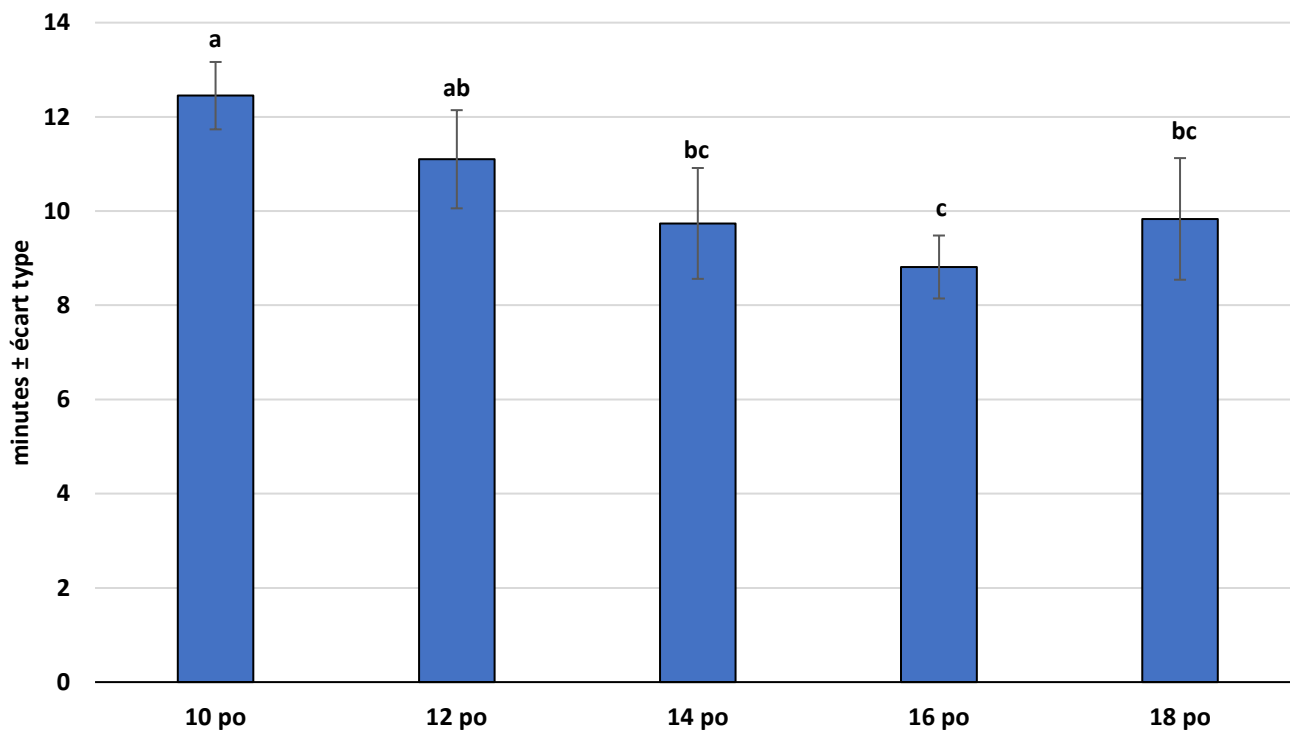


Figure 14. Temps requis pour la récolte d'une parcelle selon la densité de semis (2017) ($P = 0,0015$). Les barres possédant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan k-ratio ($\alpha = 0.05$).

