

Traiter l'eau recirculée en production serricole par les plasmas froids : est-ce possible?

ÉLODIE LAROUCHE¹, MYLÈNE GÉNÉREUX¹, ARIANE DUVAL¹, THOMAS JEANNE¹, SEAN WATSON², FADY ABDELMALEK², ÉMILIE BÉDARD², RICHARD HOGUE¹, MICHAEL WERTHEIMER², JASON ROBERT TAVARES², STEPHAN REUTER² ET CAROLINE CÔTÉ¹

¹Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700 rue Einstein, Québec, QC, G1P3W8

²Polytechnique Montréal, 2500 Chem. de Polytechnique, Montréal, QC, H3T 0A3

elodie.larouche@irda.qc.ca

Mots clés : plasma froid, assainissement de l'eau, *Pythium* spp., culture hydroponique

Le recyclage de l'eau en production serricole présente des avantages environnementaux et économiques, mais nécessite un contrôle rigoureux des phytopathogènes. Le projet visait à préciser l'effet des plasmas froids sur la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau recirculée en culture hydroponique. L'utilisation d'air et d'azote, ainsi que des électrodes formant un arc glissant, a permis de produire un plasma froid qui génère des espèces réactives de longue durée telles que le peroxyde d'hydrogène, le nitrite et le nitrate (H_2O_2 , NO_2^- , NO_3^-) (Watson et al., 2025). Le plasma froid, avec un apport en gaz de 95 % d'azote et 5 % d'air ainsi qu'un temps de résidence de 30 minutes, s'est révélé le plus efficace pour réduire les populations de colonies atypiques et d'oomycètes. Le traitement a également un effet sur les propriétés physicochimiques de l'eau telles que le pH, la température, la conductivité électrique ainsi que la salinité. Les essais de cultures hydroponiques de laitues en conditions contrôlées ont mis en évidence que les plasmas froids pouvaient augmenter la masse totale des laitues à la récolte. L'analyse de la diversité des champignons et des oomycètes dans les échantillons d'eau a confirmé la réduction de *Pythium* spp. Le traitement de l'eau avec les plasmas froids a favorisé le genre fongique *Trichoderma*, susceptible d'exercer un effet de biocontrôle et de biofertilisant (Gutiérrez-Chávez et al., 2025). Les résultats de cette étude confirment le potentiel des plasmas froids pour assainir l'eau en culture hydroponique. Toutefois, le système de traitement doit être optimisé pour traiter de plus grandes quantités d'eau dans les entreprises agricoles du Québec. La capacité nutritive des plasmas froids (NO_2^-/NO_3^-) pourrait également être explorée comme co-bénéfice, en vue d'un usage combiné à la réduction des agents phytopathogènes.

Références

Gutiérrez-Chávez, A., Robles-Hernández, L., Guerrero, B. I., González-Franco, A. C., Medina-Pérez, G., Acevedo-Barrera, A. A., and Hernández-Huerta, J. 2025. Potential of *Trichoderma asperellum* as a growth promoter in hydroponic lettuce cultivated in a floating-root system. *Plants* 14, 382.

Watson, S., Abdelmalek, F., Larouche, É., Généreux, M., Monette, J., Côté, C., Bédard, E., Tavares, J. R., Wertheimer, M. R., and Reuter, S. 2025. Electrifying greenhouse agriculture: cold atmospheric pressure plasma technology for *Pythium ultimum* control. *Environmental Technology & Innovation* 39, 104222.

Évaluation du potentiel des plasmas froids pour le traitement de l'eau en production serricole

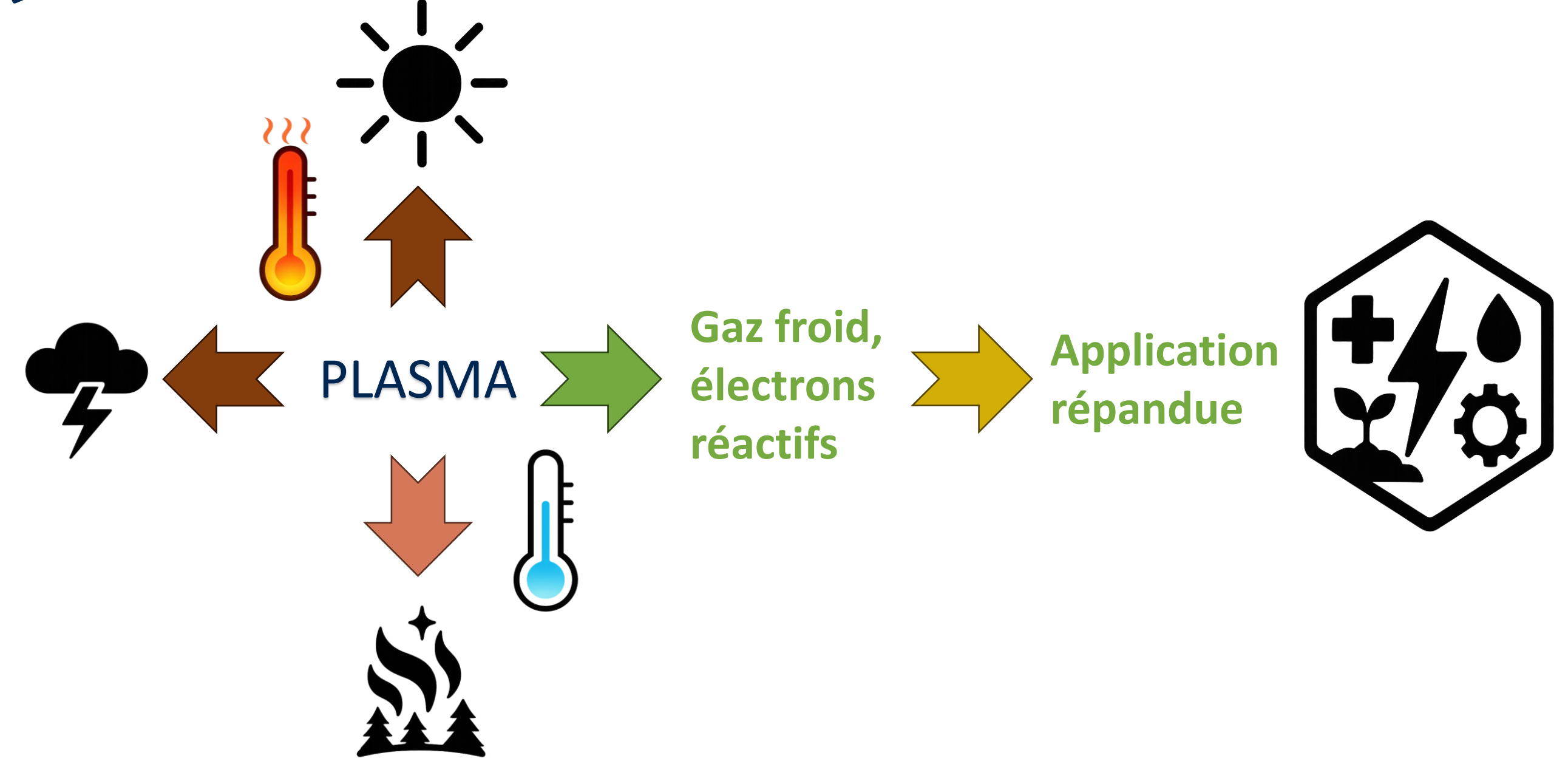
Élodie Larouche¹, Mylène Généreux¹, Ariane Duval¹, Thomas Jeanne¹, Sean Watson², Émilie Bédard², Richard Hogue¹, Michael R. Wertheimer², Jason Tavares², Stephan Reuter², Caroline Côté¹

¹IRDA
²Polytechnique Montréal

Contact : caroline.cote@irda.qc.ca

QU'EST-CE QUE LES PLASMAS FROIDS?

Différents types de plasma



MISE AU POINT DU RÉACTEUR

Mise au point des plasmas froids

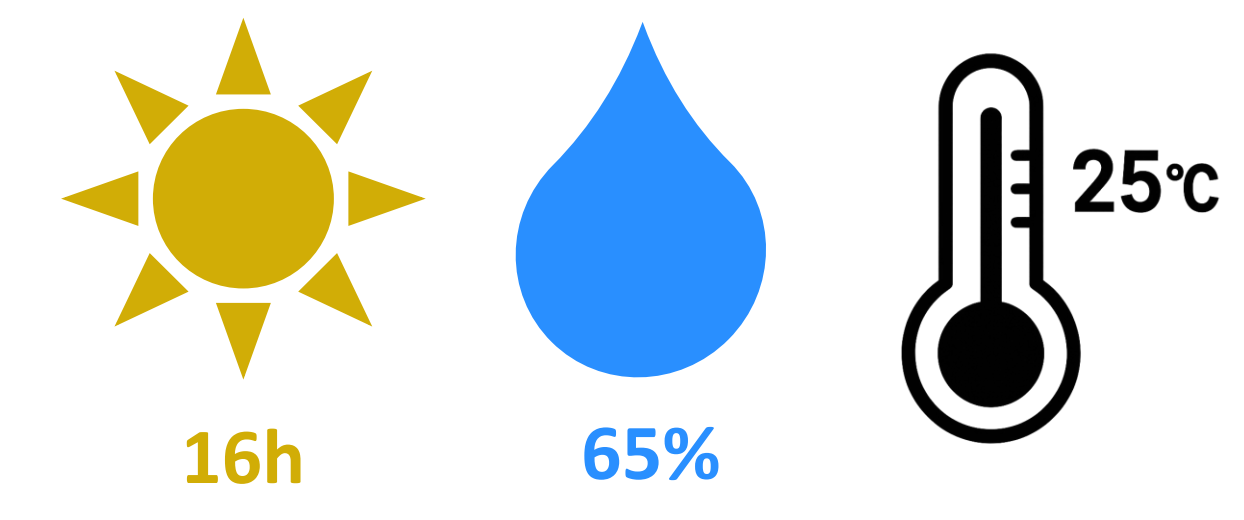
Oxygène (5%) + azote (95%) + électricité (120 V) + temps de résidence de 30 min
→ production plasma froid
→ création espèces réactives visées H_2O_2 , NO_2^- , NO_3^-

Paramètres à surveiller
↓ pH ↑ Nitrites ↑ Température

Figure 1. Montage utilisé pour la production du plasma froid. a) Représentation schématique du montage b) photographie du dispositif d'arc glissant.

POTENTIEL ASSAINISSANT ET NUTRITIF

Est-ce que les plasmas froids sont bénéfiques à la culture?



3 essais en conditions contrôlées

- ✓ Laitues Boston (21j)
- ✓ Bassins de 2 L
- ✓ Traitement plasma 1 L

Variables mesurées

- pH
- Température
- Oxygène dissous
- Métaux et éléments dissous (P, K, Ca, Mg, Na, Al, B, Cu, Fe, Zn, Mn)
- Conductivité et résistivité électrique
- Azote minéral ($N-NO_3^-$ + $N-NO_2^-$, $N-NH_4^+$) et N total
- Population et diversité des oomycètes
- Paramètres agronomiques

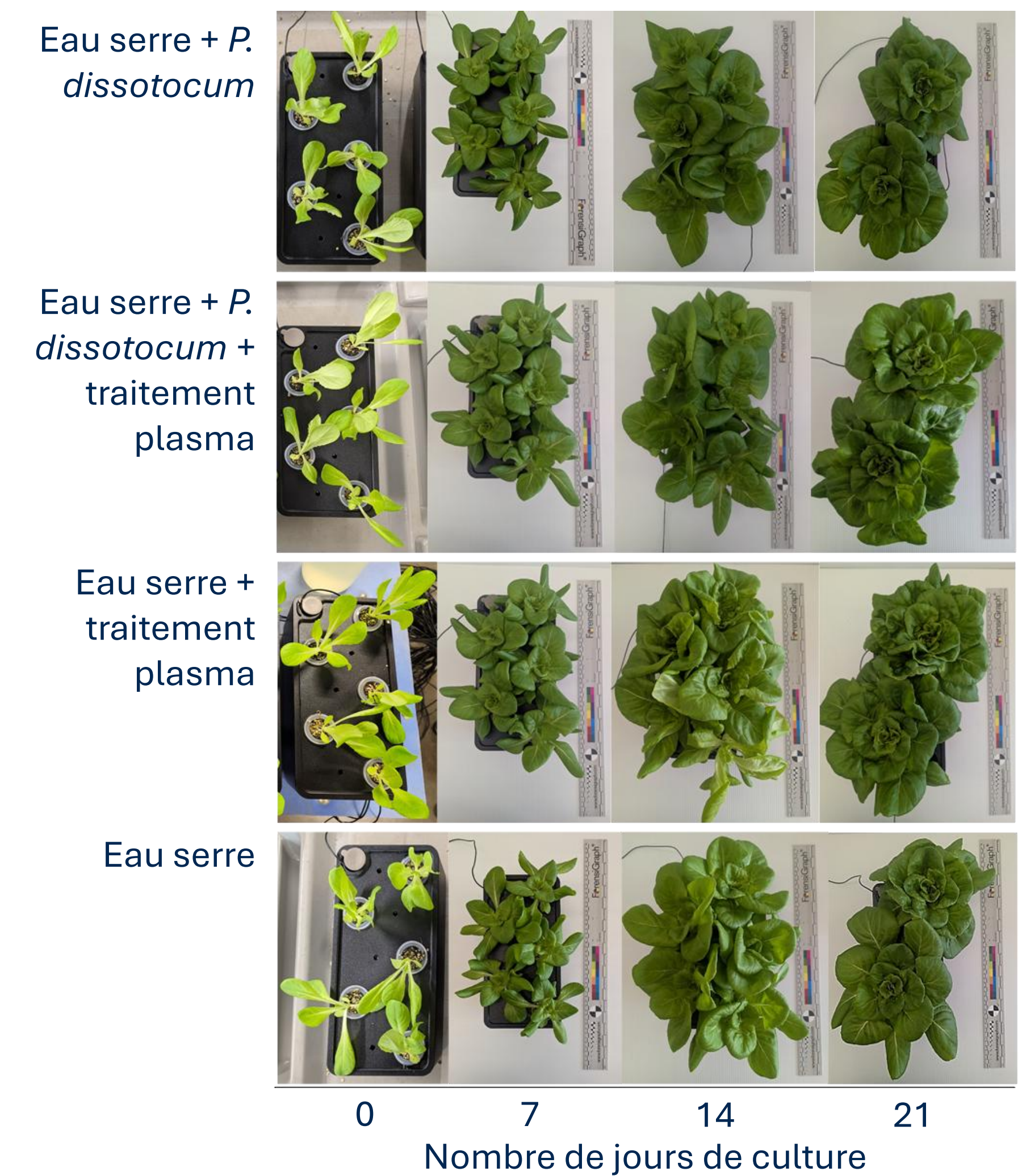
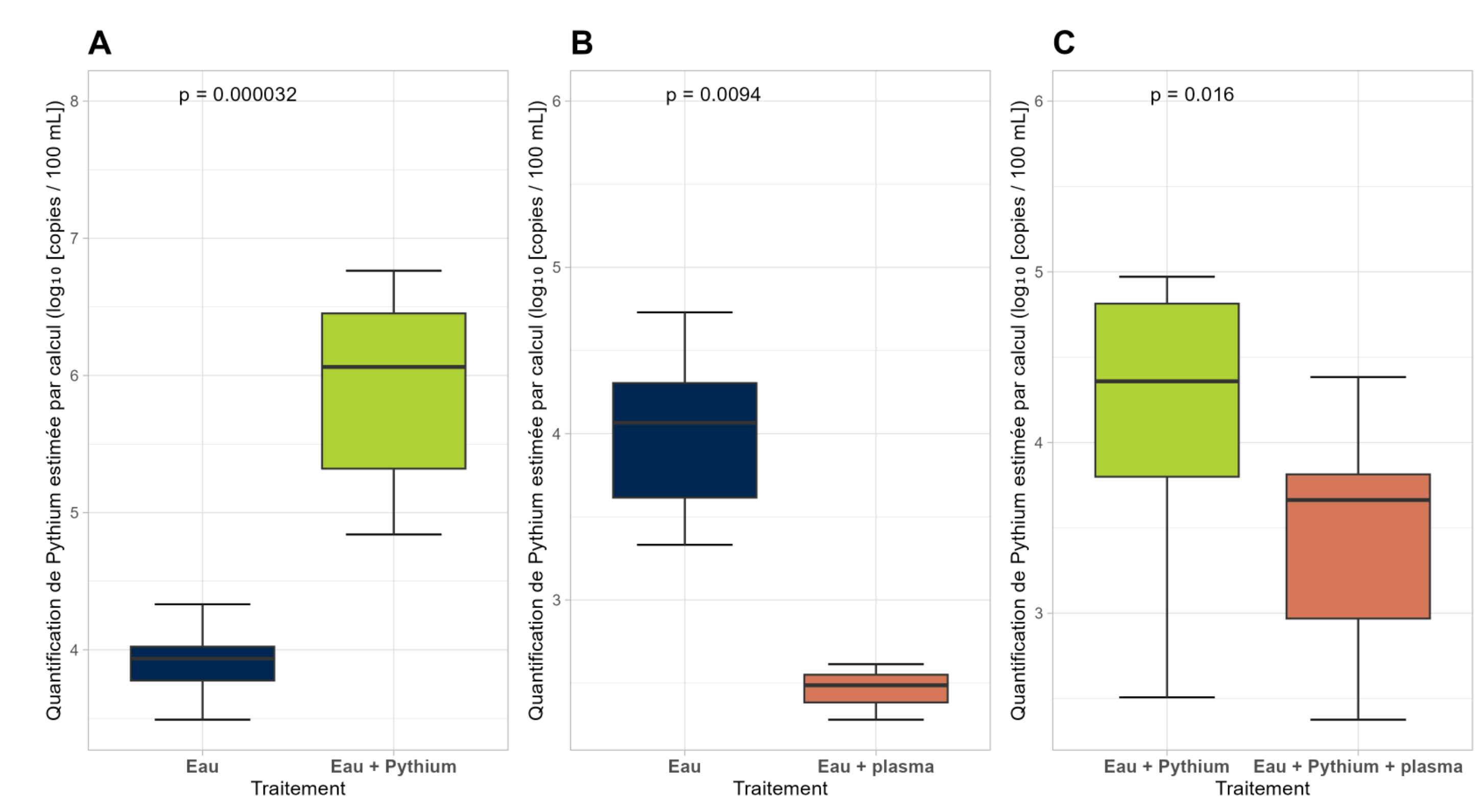


Figure 2. Évolution de la croissance des laitues Boston dans les bassins expérimentaux. Les laitues ont été cultivées à 25°C pendant 21 jours avec un taux d'humidité relative de 65% ainsi qu'une exposition à la lumière de 16h/jour (12 mol/m²/jour). L'eau a été changée chaque semaine (7 jours) afin d'assurer un apport optimal en nutriments.



CONTEXTE

Pourrions-nous utiliser les plasmas froids pour traiter l'eau recirculée en production en serre au Québec?



Avantages	Inconvénients
Environnementaux	Phytopathogènes
Économiques	

↓ rendements
Interruptions à certaines périodes de l'année

HYPOTHÈSE

Les plasmas froids peuvent être utilisés pour contrôler la qualité microbienne et physico-chimique de l'eau recirculée en culture hydroponique sous serre.

OBJECTIFS

- 1 Préciser l'effet des plasmas froids sur les propriétés microbiologiques et physico-chimiques de l'eau provenant de culture hydroponique.
- 2 Préciser l'effet des plasmas froids sur la productivité végétale.
- 3 Vérifier l'efficacité des plasmas froids sur la qualité de l'eau en production commerciale de laitue sous culture hydroponique.

PRINCIPAUX CONSTATS

- Potentiel assainissant**
↓ des oomycètes et du genre *Pythium*
- Modulation de la communauté microbienne**
↑ proportion relative des *Trichoderma* spp. (bénéfiques : biocontrôles et biofertilisants)
- Modification des propriétés physico-chimiques**
↑ azote minéral $N-NH_4^+$ et total Kjeldahl (NTK)
- Impacts agronomiques**
↑ masse aérienne des laitues Boston

RETOMBÉES POUR L'INDUSTRIE

- Les plasmas froids :**
- Permettent de traiter l'eau utilisée en production serricole (baisse des oomycètes, sans stérilisation)
 - Ont un potentiel assainissant et nutritif
- Le développement de la technologie se poursuit avec Polytechnique Montréal (NSERC/CRSNG) :**
- ✓ Gestion réduite d'intrants : espèces réactives générées sur place (air + eau + électricité), potentiel de complément azoté, solution modulaire et plus résiliente (logistique + carbone).
 - ✓ Optimiser le réacteur plasma (arc glissant vs micro-ondes)
 - ✓ Préciser l'effet assainissant sur d'autres microorganismes pathogènes d'intérêt (ex. chancre bactérien de la tomate, ToBRFV, CGMMV, *Fusarium*, *Botrytis*)



Remerciements

Ce projet de recherche a été réalisé grâce à une aide financière accordée dans le cadre du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. L'équipe de recherche tient également à remercier l'implication de l'entreprise Cultures Gen V Inc. pour leur support dans la réalisation et le financement de ce projet.



Références

Gutiérrez-Chávez, A., Robles-Hernández, L., Guerrero, B. I., González-Franco, A. C., Medina-Pérez, G., Acevedo-Barrera, A. A., and Hernández-Huerta, J. 2025. Potential of *Trichoderma asperellum* as a growth promoter in hydroponic lettuce cultivated in a floating-root system. *Plants* 14, 382.

Watson, S., Abdelmalek, F., Larouche, É., Généreux, M., Monette, J., Côté, C., Bédard, E., Tavares, J. R., Wertheimer, M. R., and Reuter, S. 2025. Electrifying greenhouse agriculture: cold atmospheric pressure plasma technology for *Pythium* ultimum control. *Environmental Technology & Innovation* 39, 104222.