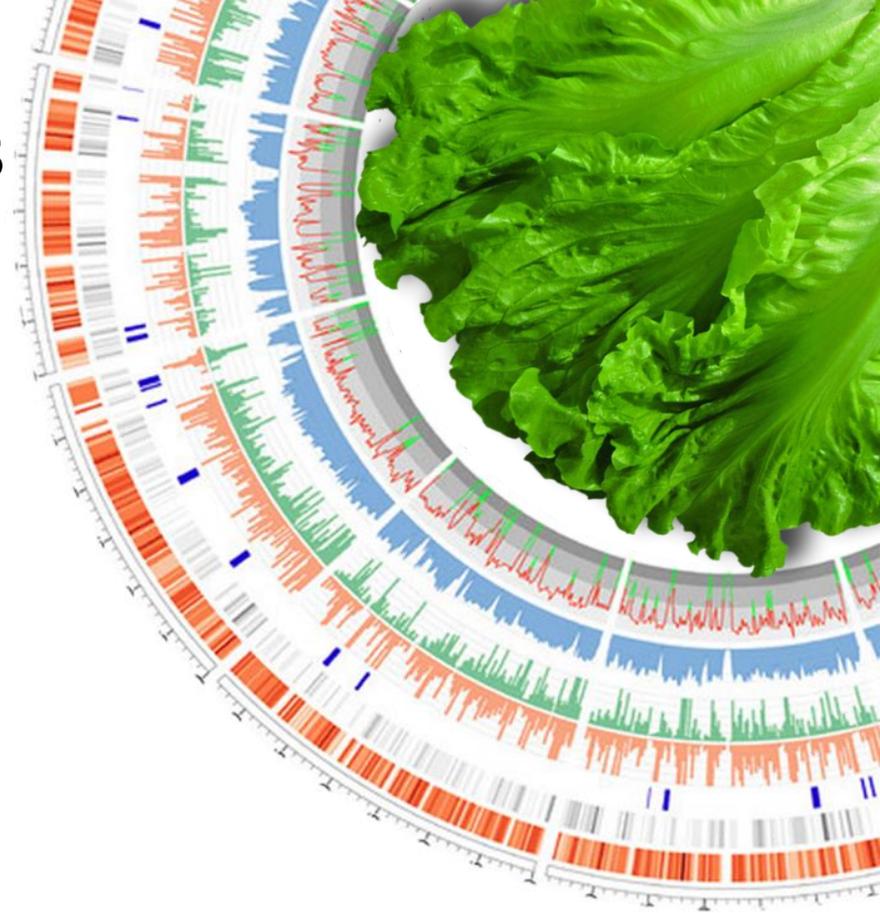


# Promotion de croissance et amélioration des rendements chez la laitue grâce à l'utilisation de nouvelles technologies microbiennes ciblées

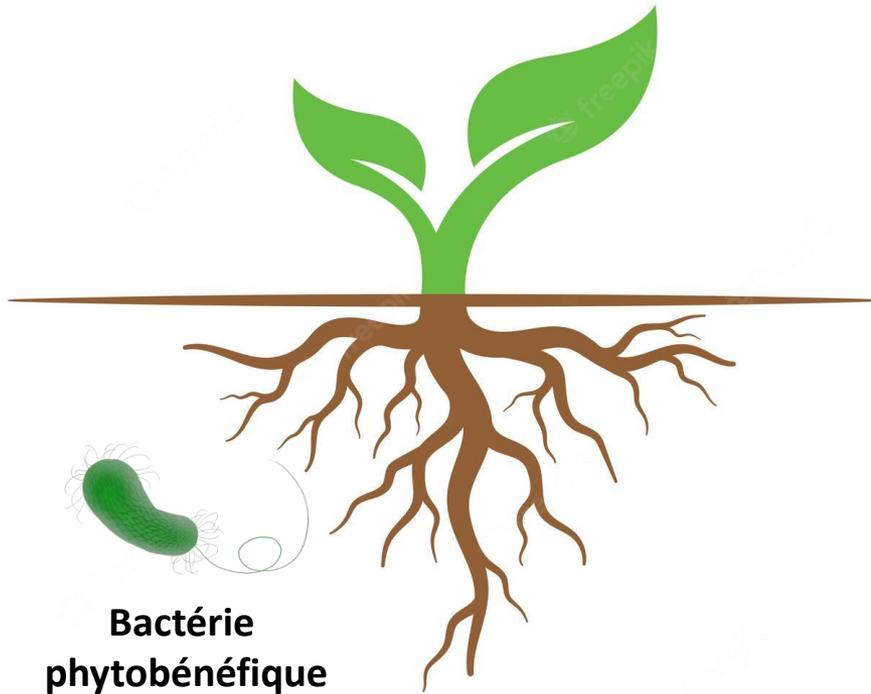
**Martin Filion**



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada

# Mon programme de recherche



**Biocontrôle d'agents  
phytopathogènes**



**Promotion de croissance  
végétale**



**Amélioration de la résilience  
aux changements climatiques**

**Étude des interactions entre les bactéries phytobénéfiques et les  
plantes afin de promouvoir la santé et la productivité végétale**

# Mon programme de recherche



**Bactérie  
phytobénéfique**



**Biocontrôle d'agents  
phytopathogènes**



**Promotion de croissance  
végétale**



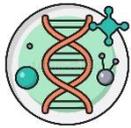
**Amélioration de la résilience  
aux changements climatiques**

**Étude des interactions entre les bactéries phytobénéfiques et les  
plantes afin de promouvoir la santé et la productivité végétale**

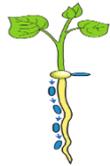
# Les bactéries phyto-bénéfiques: du labo au champ



Critères clés...



Sélection fonctionnelle ou aléatoire?



Établissement dans la rhizosphère/phyllosphère?



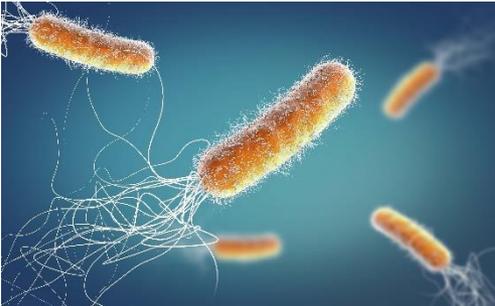
Persistence au champ pour exercer un effet?



Compatibilité avec les pratiques agricoles utilisées?

# Les *Pseudomonas* sp. et *Bacillus* sp. phyto bénéfiques

## *Pseudomonas* sp.



- Bactéries Gram-
- Non-sporulantes
- Communes dans la rhizosphère/phyllosphère
- Promotion de croissance et biocontrôle

## *Bacillus* sp.



- Bactéries Gram+
- Sporulantes
- Communes dans la rhizosphère/phyllosphère
- Promotion de croissance et biocontrôle

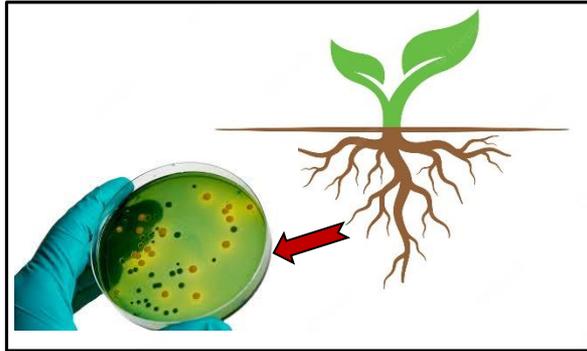
# Objectif principal



**Développer des inocula microbiens capables  
d'augmenter la croissance/productivité de la  
laitue au champ en terre noire**

# Approche expérimentale dans ce projet:

## Criblage bactérien



Isolation bactérienne



Purification / caractérisation



Identification / fonctions / outils de suivi

- Identifier les bactéries isolées
- Caractériser certaines de leurs fonctions bénéfiques
- Construire une collection de bactéries pour tests *in planta*
- Identifier/développer des marqueurs d'ADN pour les quantifier

# Approche expérimentale dans ce projet:

## Expériences *in planta*



Optimisation de l'inoculation bactérienne



Essais en serre



Expérience au champ

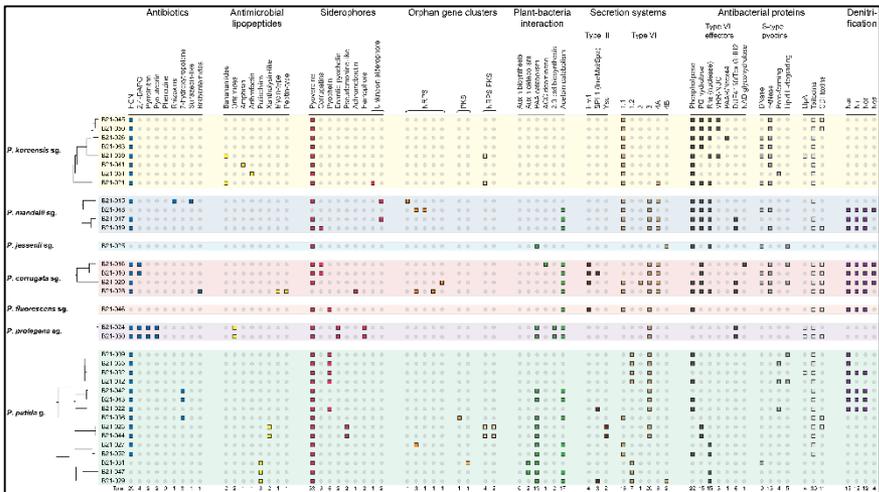
- **Développer une approche simple d'inoculation**
- **Assurer la survie et le maintien des populations dans le sol**
- **Augmenter la biomasse et la qualité de la laitue à la récolte**
- **Réduire la fertilisation chimique tout en conservant le rendement**

# Criblage des bactéries pour déterminer lesquelles utiliser au champ

39 souches de *Pseudomonas* sp.  
 18 souches de *Bacillus* sp.  
 Combinaisons *Pseudomonas/Bacillus*



Criblage génomique



Criblage in planta



# Traitements retenus pour expérience au champ



- 1) *Pseudomonas* 267
- 2) *Bacillus* 494
- 3) *Bacillus* 523
- 4) *Pseudomonas* 267 + *Bacillus* 494
- 5) *Pseudomonas* 267 + *Bacillus* 523
- 6) Contrôle TSB milieu culture bact.
- 7) Contrôle eau

X 6 REP

± 300  
laitues  
par rep

X 3 doses azote:

- 1) Recommandée 80k/Ha
- 2) Moitié 40K/Ha
- 3) Quart 20K/Ha

# Dispositif expérimental

7 traitements bactériens (blocs) x 6 réplicas x 3 doses d'azote

Bloc 1

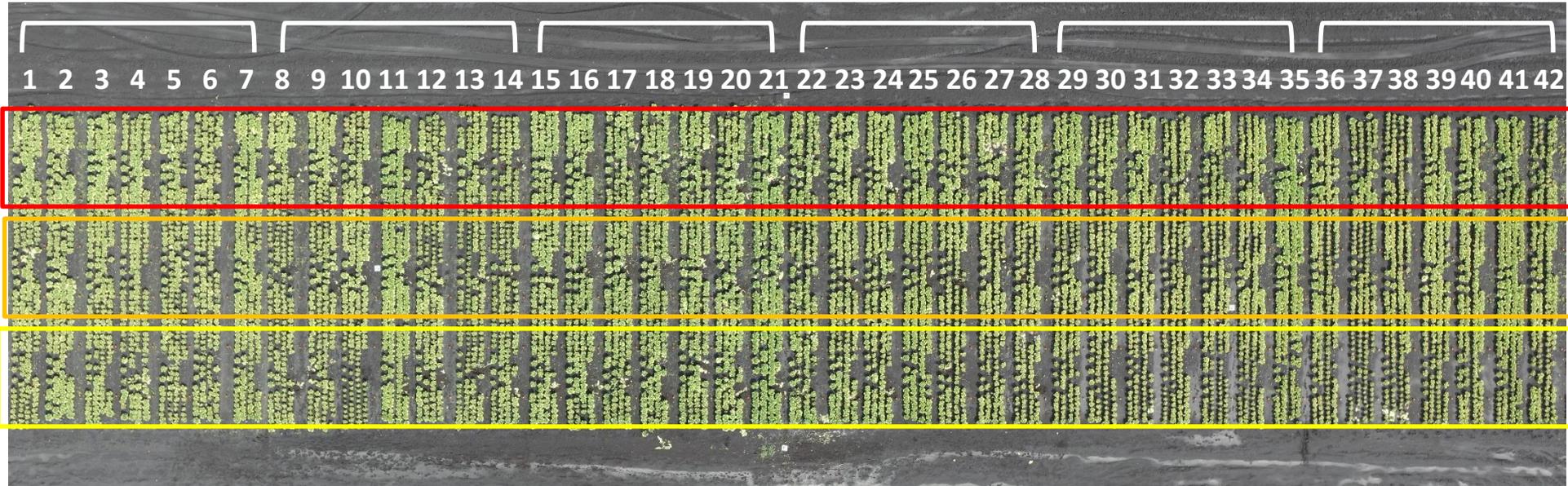
Bloc 2

Bloc 3

Bloc 4

Bloc 5

Bloc 6



Ajout de 80k N/ha

Ajout de 40k N/ha

Ajout de 20k N/ha

Laitue romaine

Variété: Blue Rock

# Calendrier

**Jour 1 : Ensemencement des graines**

**Jour 13 : Inoculation traitements microbiens**

**Jour 23 : Transplantation au champ**

**Jour 28 : Récolte 1**

**Jour 34 : Récolte 2**

**Jour 41 : Récolte 3**

**Jour 48 : Récolte 4**

**Jour 54 : Récolte 5**

**Jour 61 : Récolte 6**

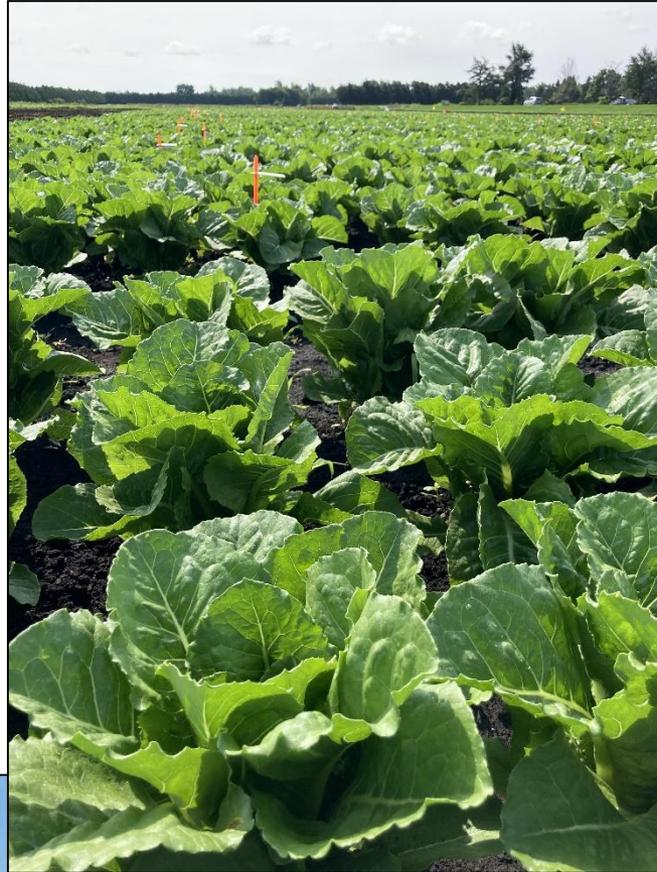
**Jour 68 : Récolte finale**



# Paramètres mesurés

## À chaque récolte (6) :

- Poids frais
- Poids sec
- Photosynthèse
- Maladies
- Sol→pop. microb.
- Imagerie dronique



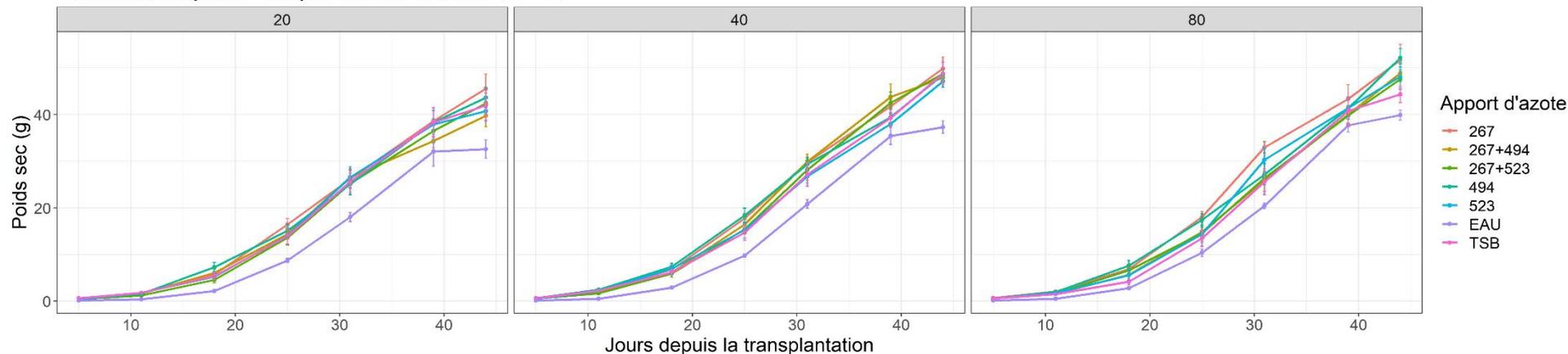
## À la récolte finale (1) :

- Poids frais
- Poids sec
- Longueur du cœur
- Analyses foliaires
- Maladies
- Sol→pop. microb.
- Imagerie dronique

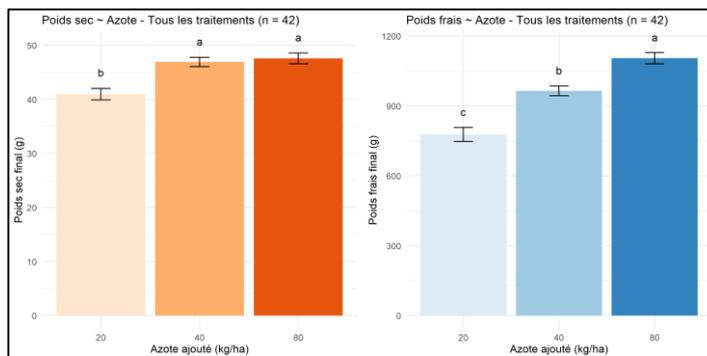
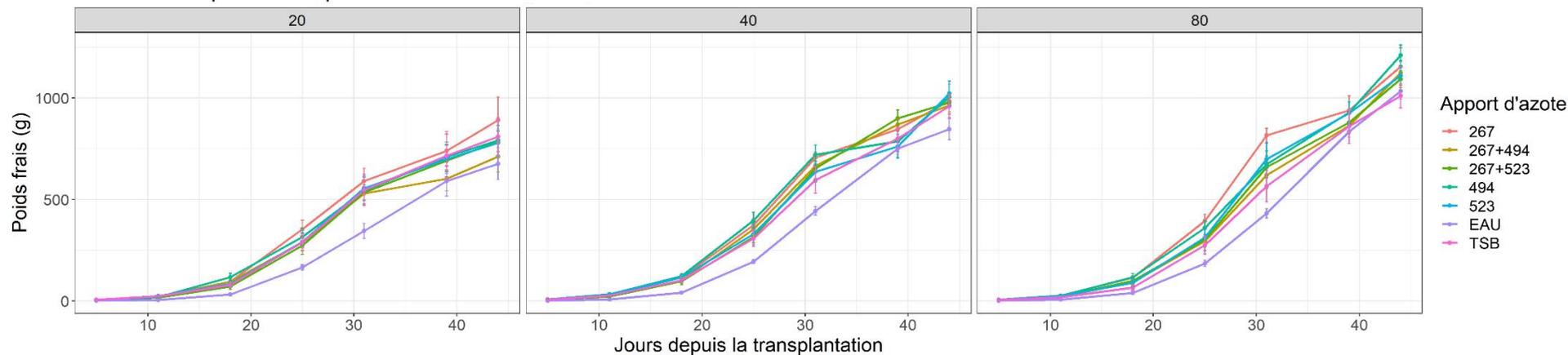


# Poids frais et poids secs

Évolution du poids sec par niveau d'azote



Évolution du poids frais par niveau d'azote

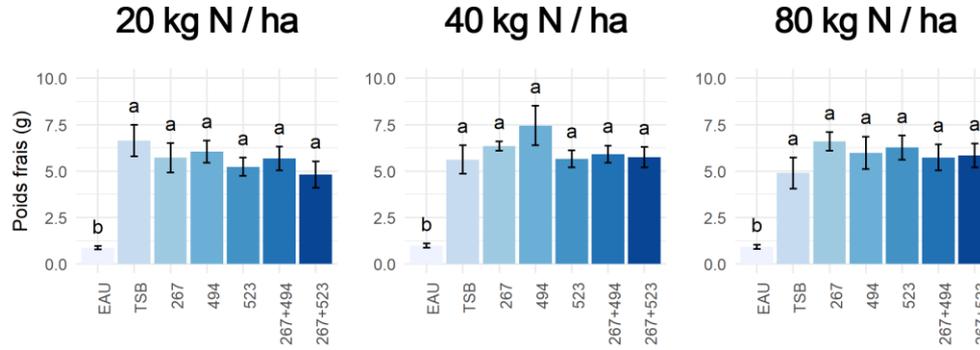


Effet traitement  
azoté  $P < 0.001$

# Poids frais

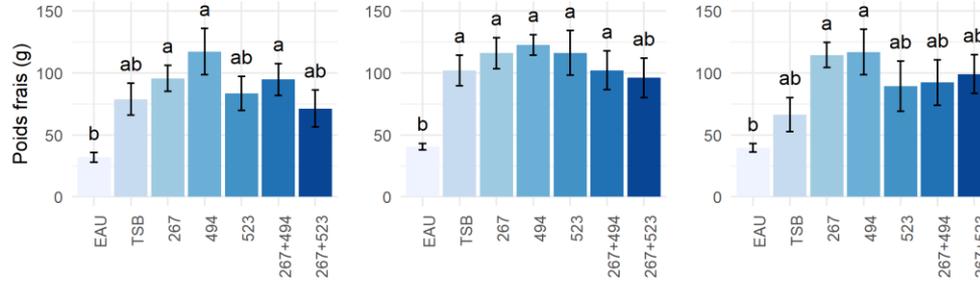
% augmentation vs. contrôle (eau) 80 kg N

1 semaine  
au champ



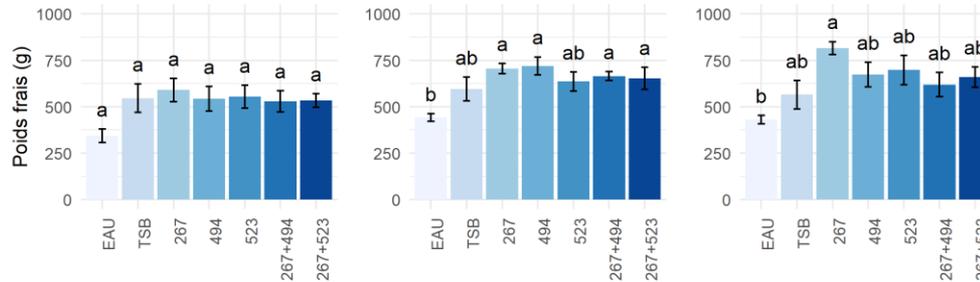
Pseudo 267 : **+600%**  
Bacillus 494 : **+540%**

3 semaines  
au champ



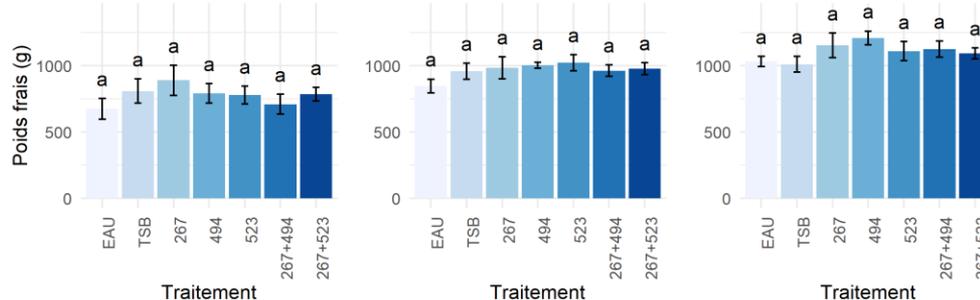
Pseudo 267 : **+190%**  
Bacillus 494 : **+195%**

5 semaines  
au champ



Pseudo 267 : **+90%**  
Bacillus 494 : **+55%**

7 semaines  
au champ  
RÉCOLTE FINALE

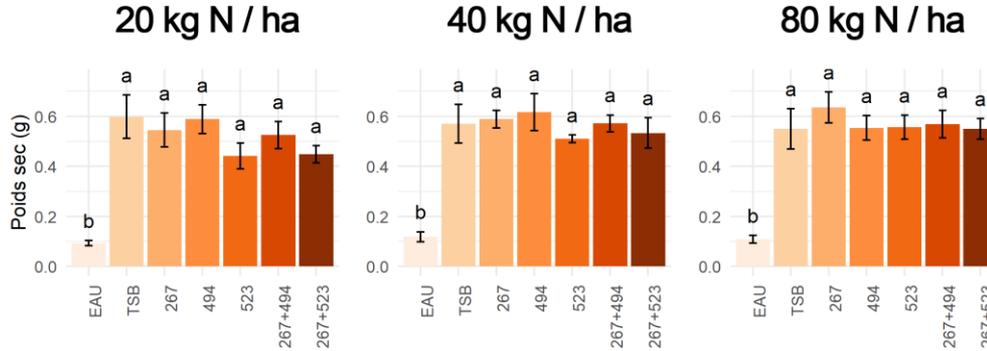


Pseudo 267 : **+12%**  
Bacillus 494 : **+17%**

# Poids secs

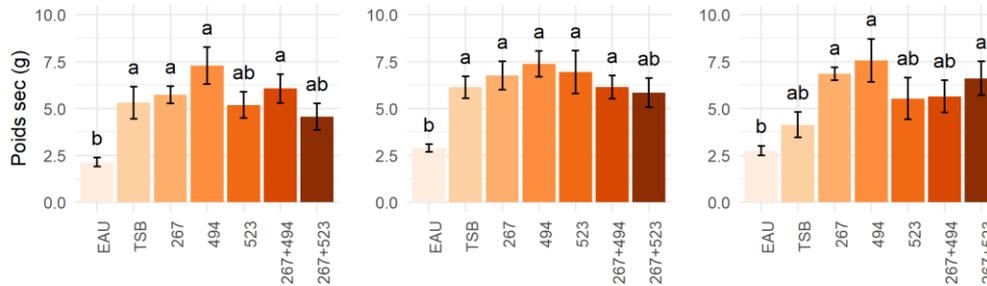
**% augmentation vs. contrôle (eau) 80 kg N**

**1 semaine au champ**



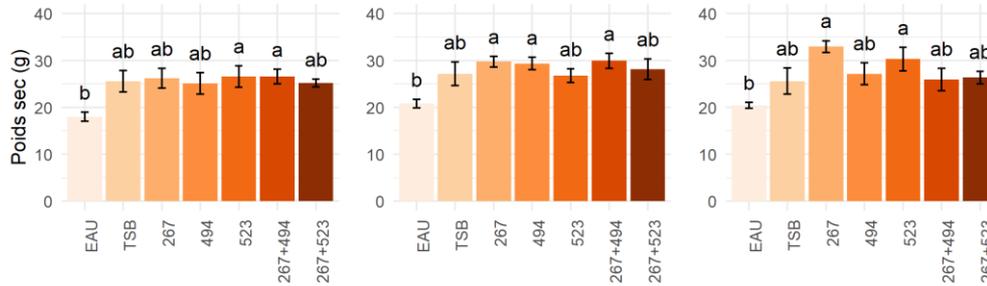
**Pseudo 267 : +480%**  
**Bacillus 494 : +400%**

**3 semaines au champ**



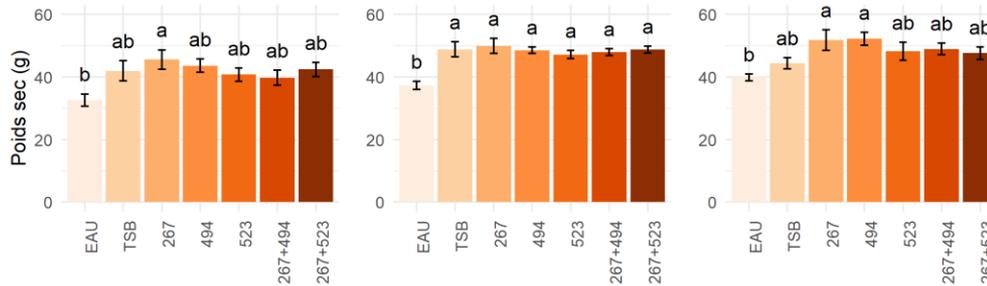
**Pseudo 267 : +150%**  
**Bacillus 494 : +175%**

**5 semaines au champ**



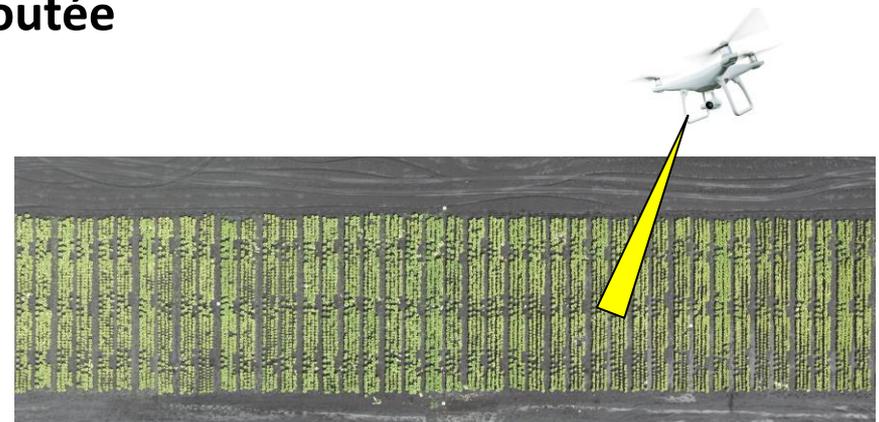
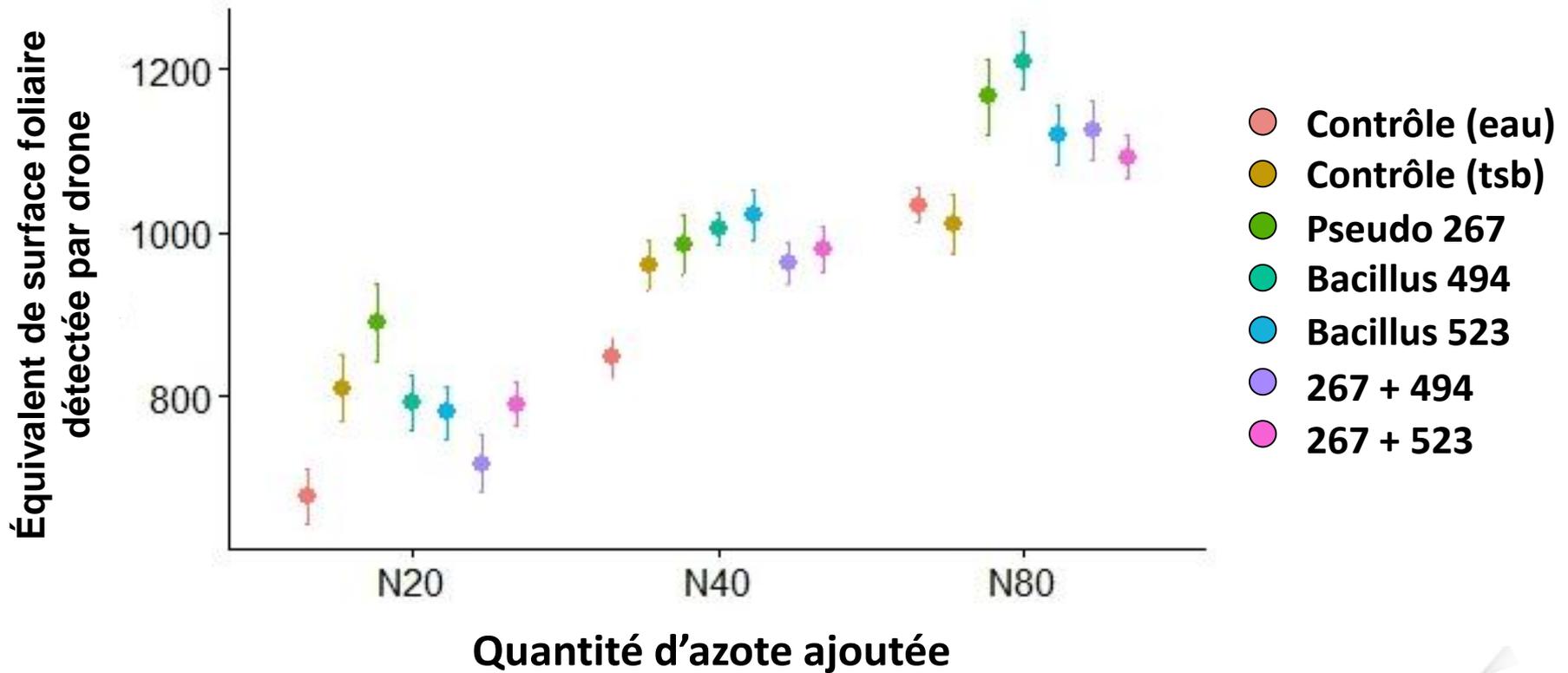
**Pseudo 267 : +60%**  
**Bacillus 494 : +30%**

**7 semaines au champ**  
**RÉCOLTE FINALE**



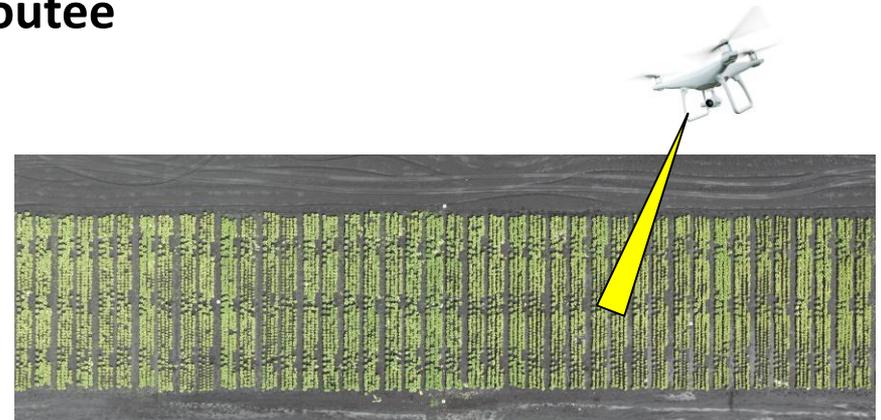
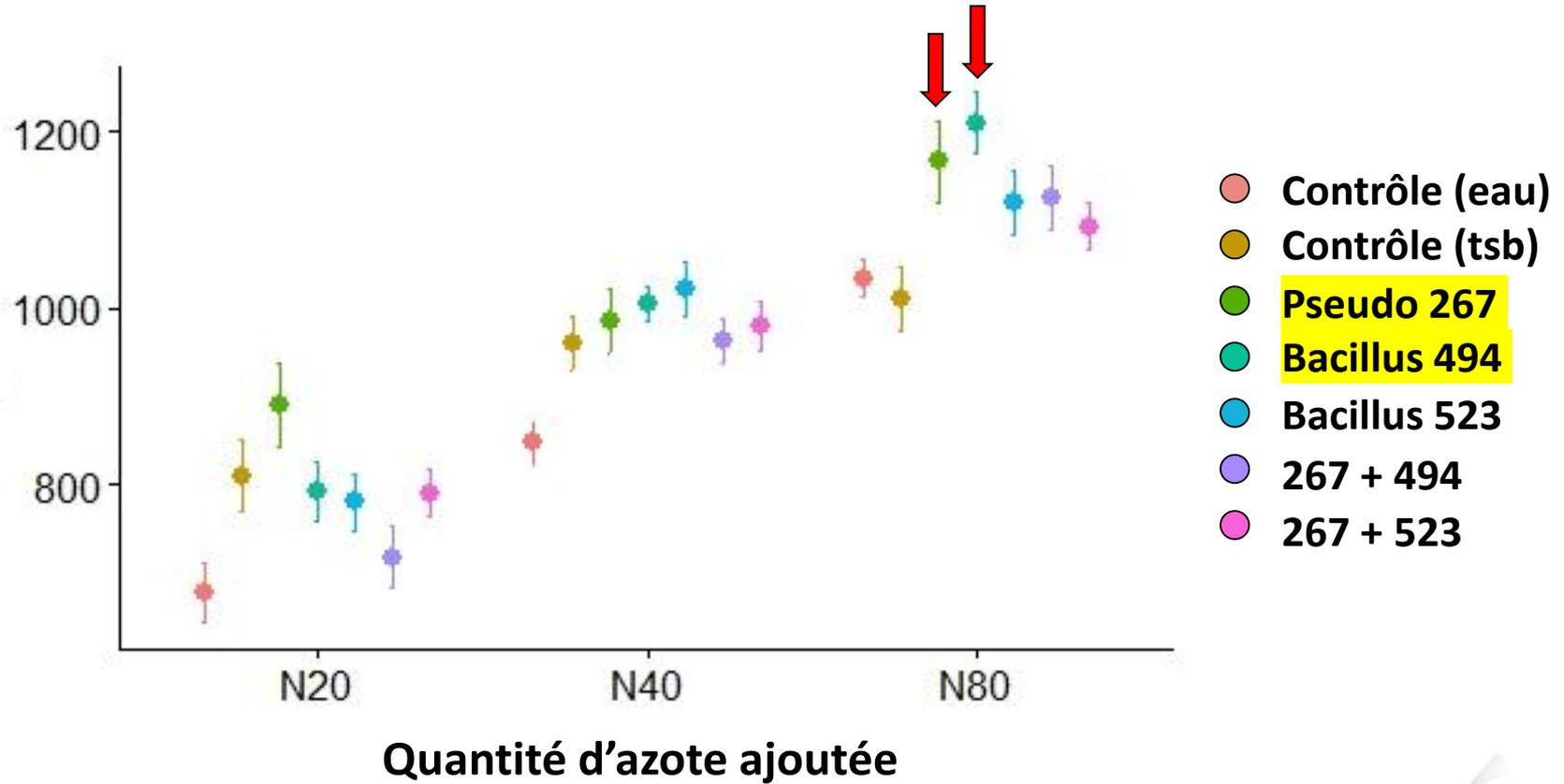
**Pseudo 267 : +30%**  
**Bacillus 494 : +30%**

# Données validées par imagerie drone

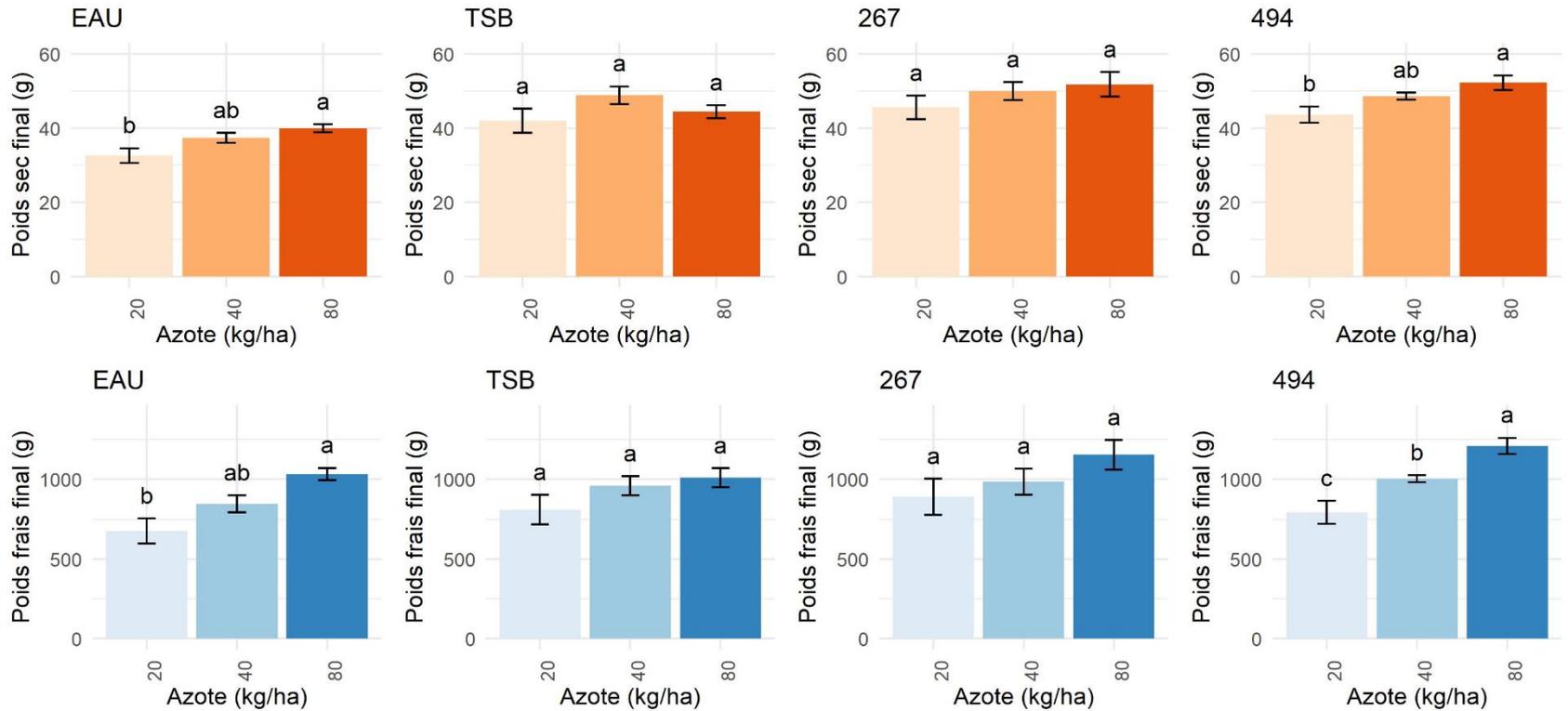


# Données validées par imagerie drone

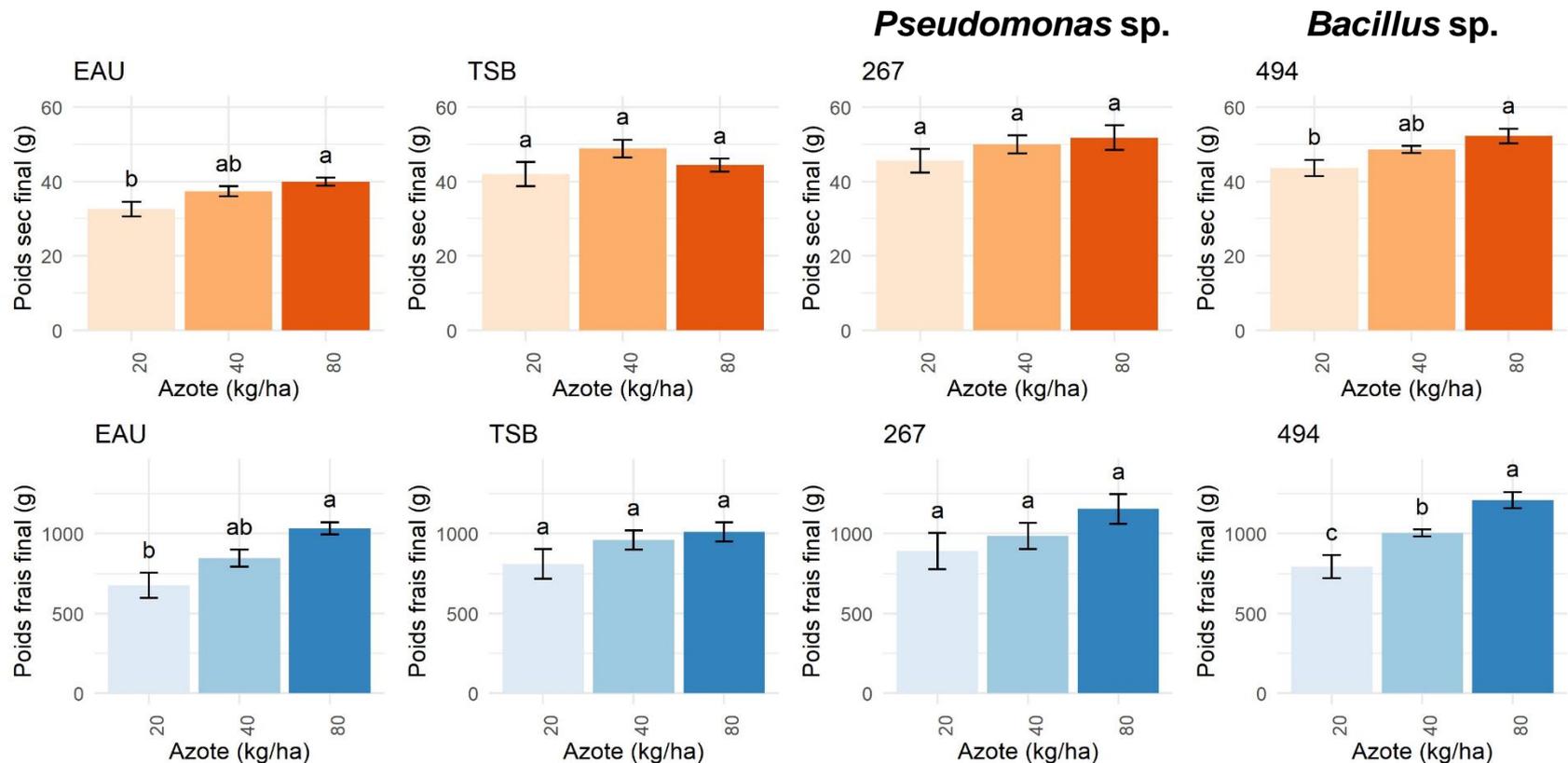
Équivalent de surface foliaire  
détectée par drone



# Poids frais et poids secs à la récolte des meilleurs traitements bactériens vs. contrôles par niveau d'azote



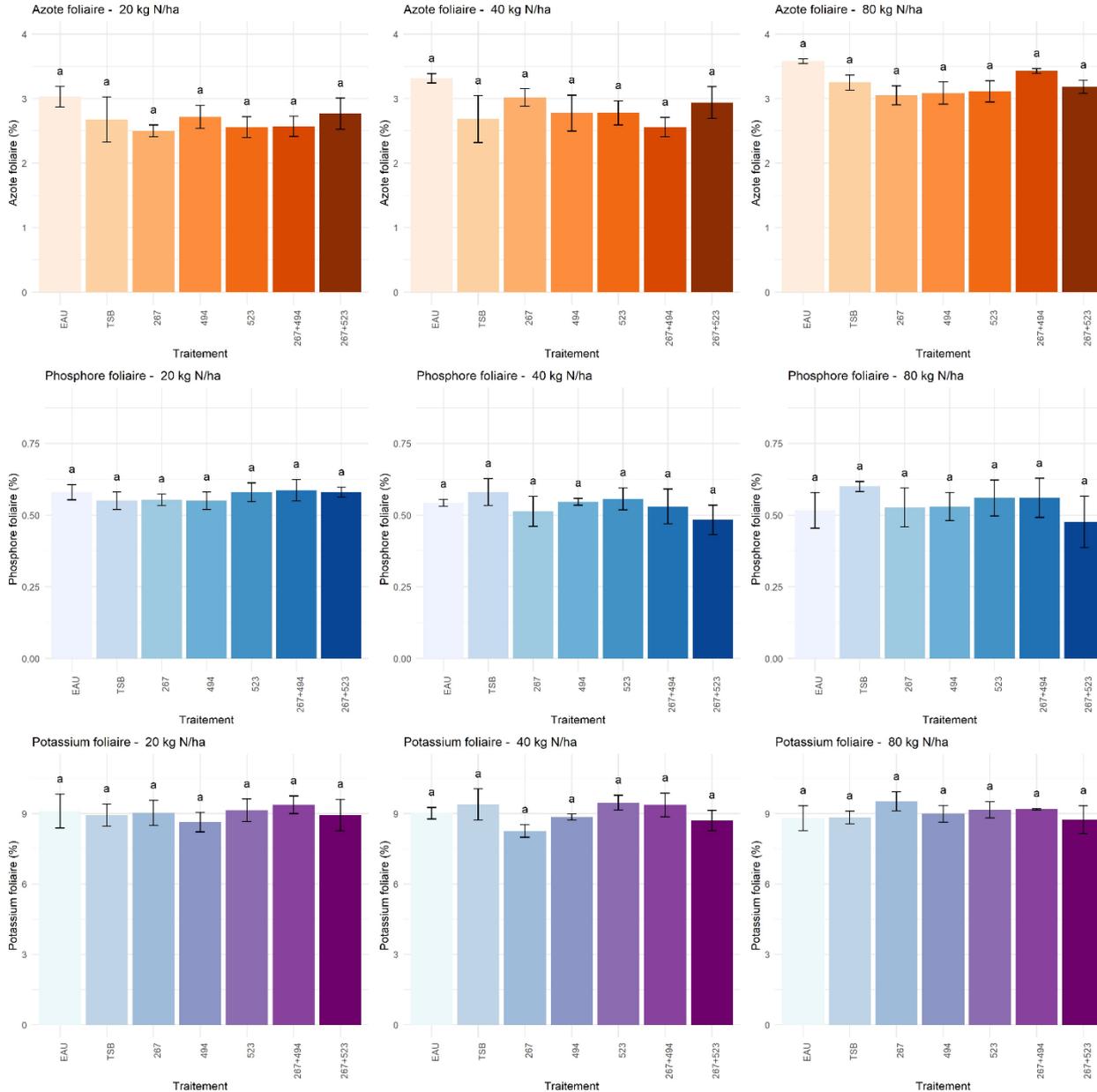
# Poids frais et poids secs à la récolte des meilleurs traitements bactériens vs. contrôles par niveau d'azote



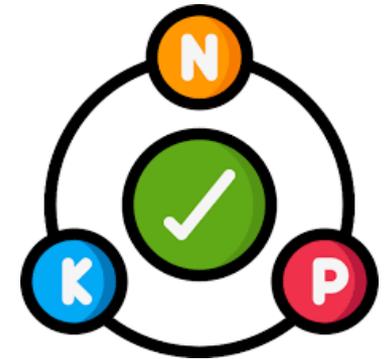
↑  
Effet non-significativement amélioré par ajout d'azote

↑  
Effet significativement amélioré par ajout d'azote

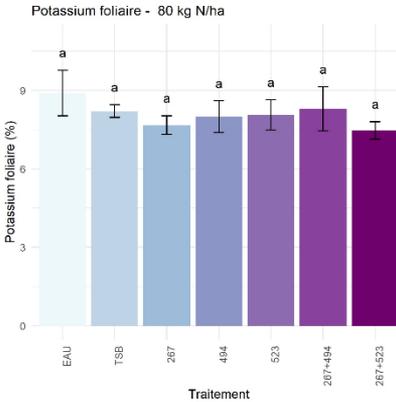
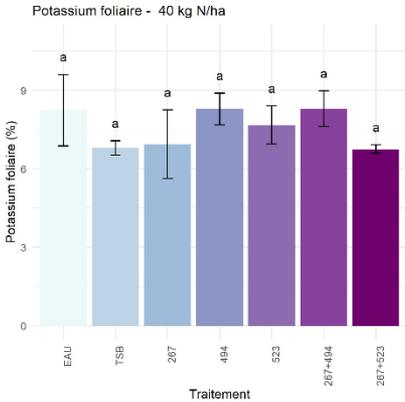
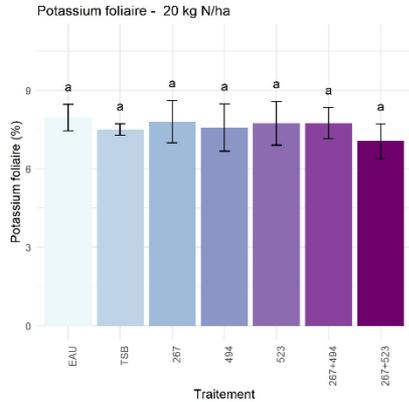
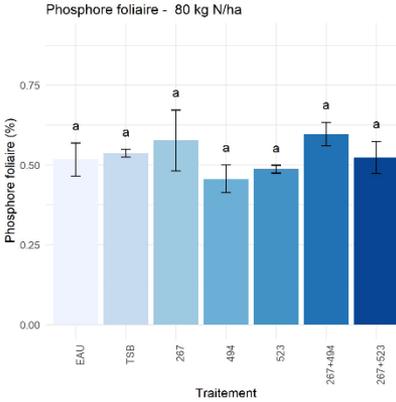
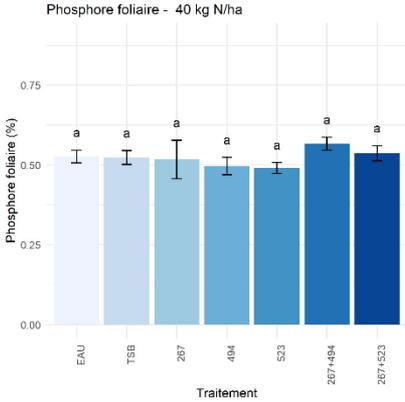
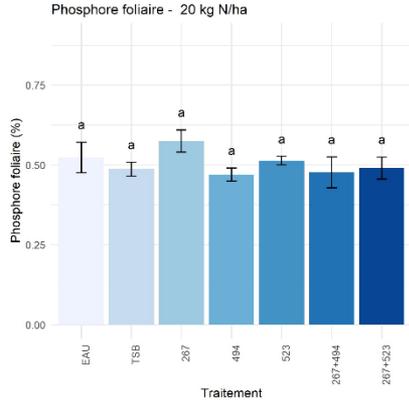
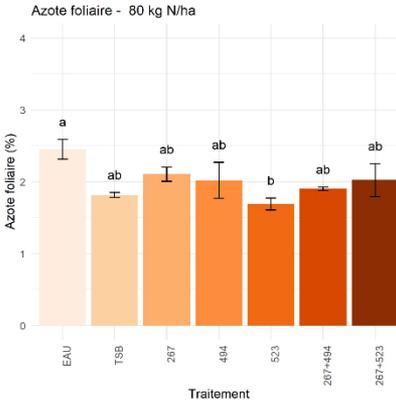
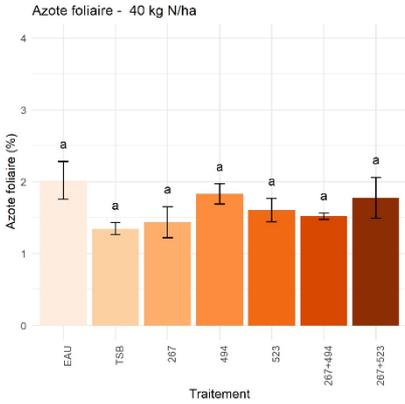
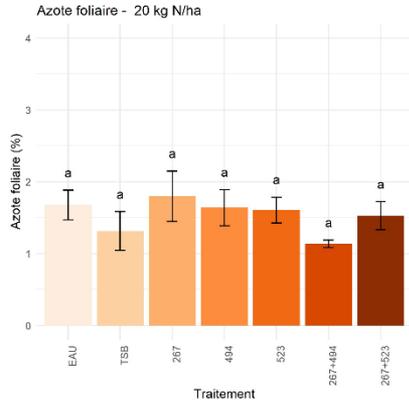
# Analyses foliaires (N-P-K) mi-saison



Effet traitement azoté  $P < 0.001$



# Analyses foliaires (N-P-K) à la récolte finale

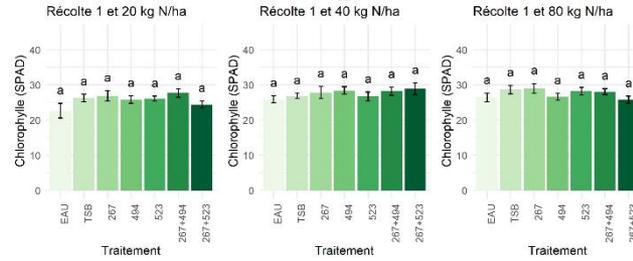


Effet traitement azoté P<0.001

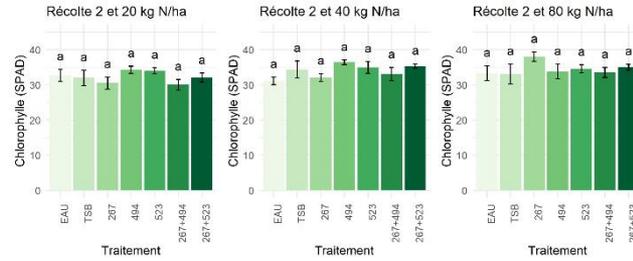


# Photosynthèse

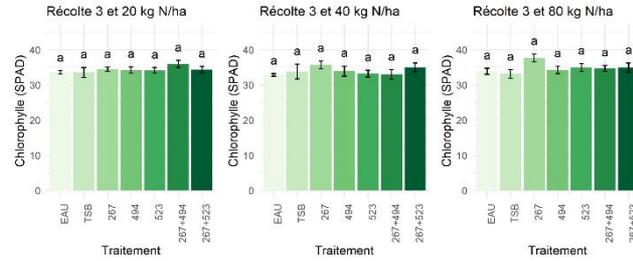
1 semaine  
au champ



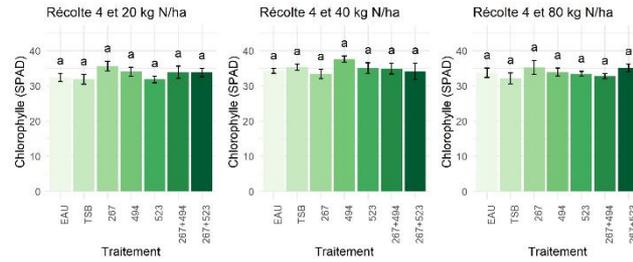
2 semaines  
au champ



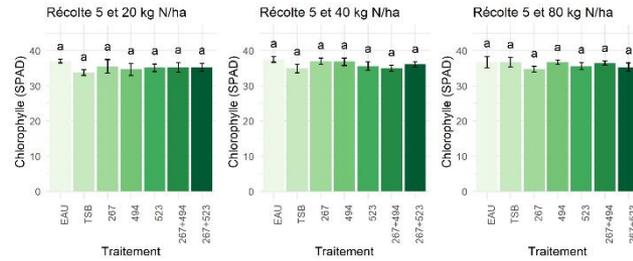
3 semaines  
au champ



4 semaines  
au champ

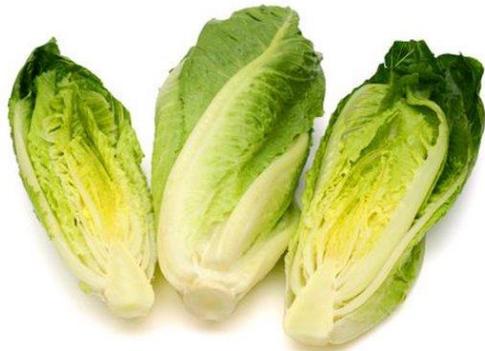
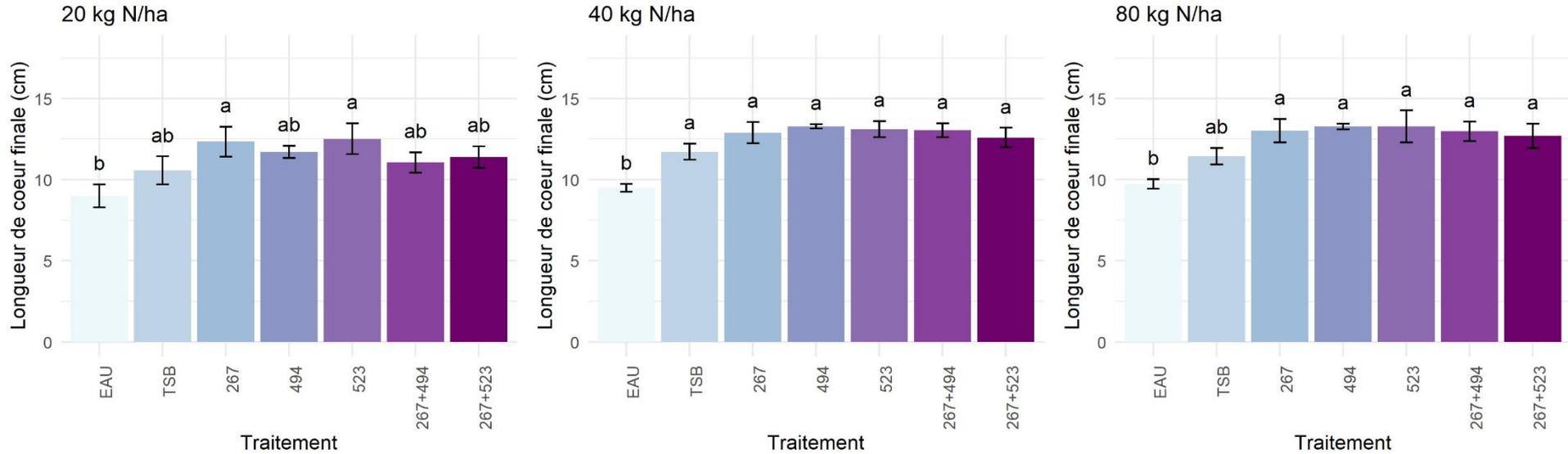


5 semaines  
au champ



Aucun effet  
significatif

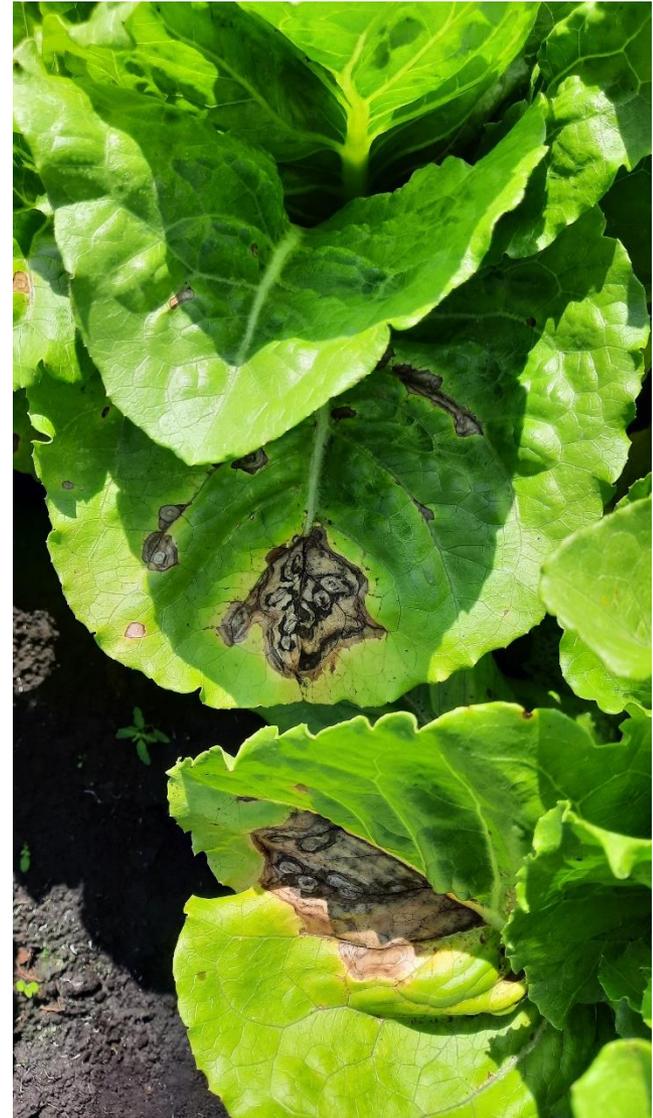
# Longueur du coeur



Effet traitement  
azoté  $P < 0.01$

# Maladies

- Tache cercosporéenne causée par *Cercospora longissima*
- Principale maladie observée en 2023
- Aucun effet de traitement
- Forte pression due aux niveaux records de précipitation



# Conclusion

- ***Pseudomonas 267* et *Bacillus 494* augmentent significativement le poids frais, le poids sec et la superficie foliaire au champ en terre noire**
- **Ces bactéries sont non-pathogènes et sécuritaires tant pour l'environnement que l'humain**
- **Ces inoculations microbiennes ciblées permettent de réduire la fertilisation azotée requise (et/ou permettent un effet additif)**
- **Cette technologie microbienne est simple à utiliser dans le contexte de transplants de laitues**



# Ce qu'il reste à faire...



- Compléter le développement de marqueurs moléculaires pour nos 3 souches bactériennes et quantifier leur présence par qPCR.



- Déterminer si des ré-inoculations au champ sont requises pour améliorer l'efficacité (dosage, etc).



- Revalider la technologie au champ en 2024 (différentes doses/ différents cultivars, etc.).

# Remerciements

 PARTENARIAT  
CANADIEN pour  
l'AGRICULTURE



Agriculture and  
Agri-Food Canada

Agriculture et  
Agroalimentaire Canada



2006

Fondation Laitue  
Lettuce Foundation



Mélanie Cadieux

Marie Ciotola

Antoine Zboralski

Adrien Biessy

Philippe Vigneault

Joël Lafond-Lapalme

Arianne Deshaies

Samuel De La Sablonnière

Michel Brouillard

Kosal Khun

Équipe de la ferme de Ste-Clotilde

Équipe des serres du CRD de Saint-Jean-sur-Richelieu



FRUIT & VEGETABLE  
**GROWERS  
OF CANADA**

PRODUCTEURS  
DE FRUITS ET LÉGUMES  
**DU CANADA**



Agriculture and  
Agri-Food Canada

Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

# Increasing field vegetable yield and resilience to abiotic and biotic stresses through soil microbial engineering

Projet de \$1.5 million sur 5 ans (2023-2028)

Martin Filion (AAC), Hervé Van Der Heyden (AAC), Étienne Yergeau (INRS), Guillaume Bilodeau (ACIA), Rhiannon Wallace (AAC), Luke Bainard (AAC). Philippe Vigneault (AAC)



LALLEMAND PLANT CARE



**Sollio & Uniag**  
Agriculture coopérative



**NORSECO**



Association des  
producteurs maraîchers  
du Québec



2006

Fondation Laitue  
Lettuce Foundation



FRESH VEGETABLE  
GROWERS  
OF ONTARIO



PHYTODATA Inc.