

# Identification et sélection de symbiotes racinaires pour la restauration écologique d'une mine de fer à Schefferville, dans le Nord du Québec

Léonie Côté, Stéphane Boudreau, Marie-Ève Beaulieu, Annick Bertrand, Damase P. Khasa



TATA STEEL MINERALS CANADA LIMITED

Fonds de recherche  
Nature et  
technologies

Québec



Viridis Terra  
INTERNATIONAL



Environnement



UNIVERSITÉ  
LAVAL

Faculté de foresterie et de géomatique



McGill



## Particularité des rejets miniers

- ✓ Dépourvus de matière organique
- ✓ Contamination en Fe, As et autre métaux lourds en plus faible quantité
- ✓ La régénération naturelle se fait difficilement
- ✓ Les sites non restaurés retrouvent rarement leur état d'origine



<http://monde.ccdmd.gc.ca/ressource/?id=25239>

Léonie Côté



# Pratiques de restauration

- ✓ Labour mécanique du sol
- ✓ Ensemencement hydraulique de plantes herbacées
- ✓ Fertilisation chaque année
- ✓ Plantation d'arbres après de nombreuses années
- ✓ INTRANTS COUTEUX

Utilisation d'engrais  
verts?

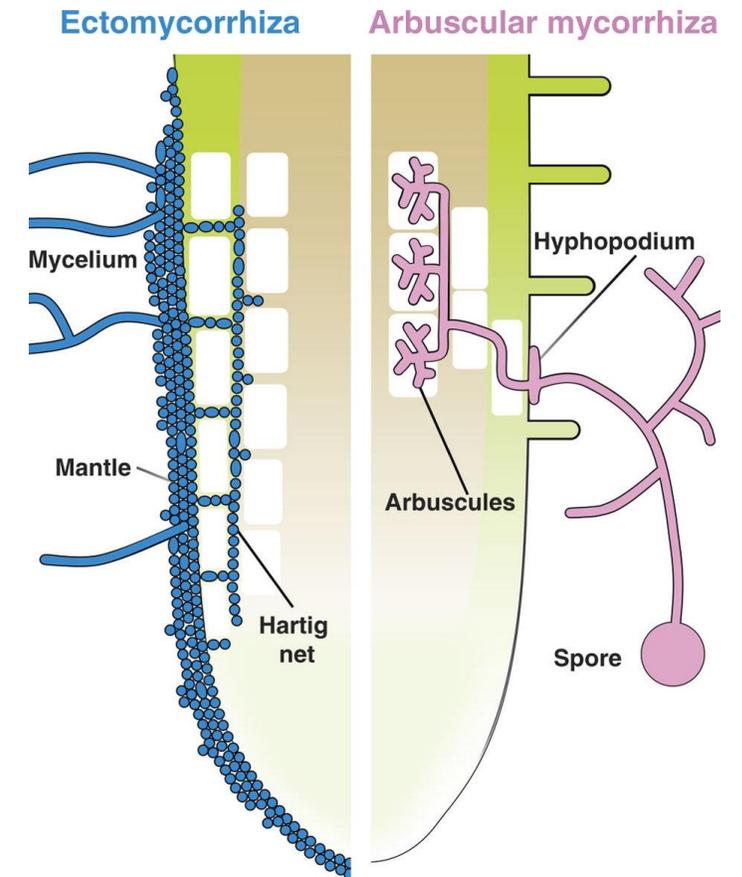


Besoin de développer une approche qui limite les intrants et qui améliore l'établissement et la croissance d'espèces ligneuses indigènes.

# Symbioses racinaires

## Champignons mycorrhiziens

-  Aident les plantes à avoir accès aux nutriments
-  Améliorent l'accès à l'eau
-  Présentent une meilleure résistance aux contaminants que les plantes
-  Protègent les plantes des pathogènes et des éléments toxiques de l'environnement



Bonfante, P., & Genre, A. (2010). Mechanisms underlying beneficial plant - Fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature Communications*, 1(4), 1–11.

# Identification des symbiotes

## Hypothèse

- ✓ Il existe une grande diversité dans les symbiotes racinaires associés aux racines des plantes en milieu nordique.

## Objectifs

- ✓ Isoler et identifier les champignons mycorhiziens associés aux racines d'espèces clés de la toundra subarctique.
- ✓ Décrire la composition spatiale et la variation des isolats fongiques ectomycorhiziens et endophytes des habitats naturels et perturbés du site de Schefferville.

## Méthode utilisée

- ✓ Mise en culture de bouts de racines sur milieux de culture.
- ✓ Extraction de l'ADN et amplification de l'ADN ribosomique (ITS1) avec l'amorce ITS-1F.
- ✓ Séquençage par la méthode de Sanger



✓ 4 sites

✓ 6 espèces végétales

✓ 456 isolements au total

✓ 376 identifications (OTUs)

Taïga naturelle

Taïga perturbée (vieilles haldes)

Toundra naturelle

Toundra perturbée (vieilles haldes)

*Picea mariana*

*Betula glandulosa*

*Salix palnifolia*

*Alnus crispa*

*Rhododendron groenlandicum*

*Vaccinium uliginosum*

106 contigs

24 familles

4 phylum

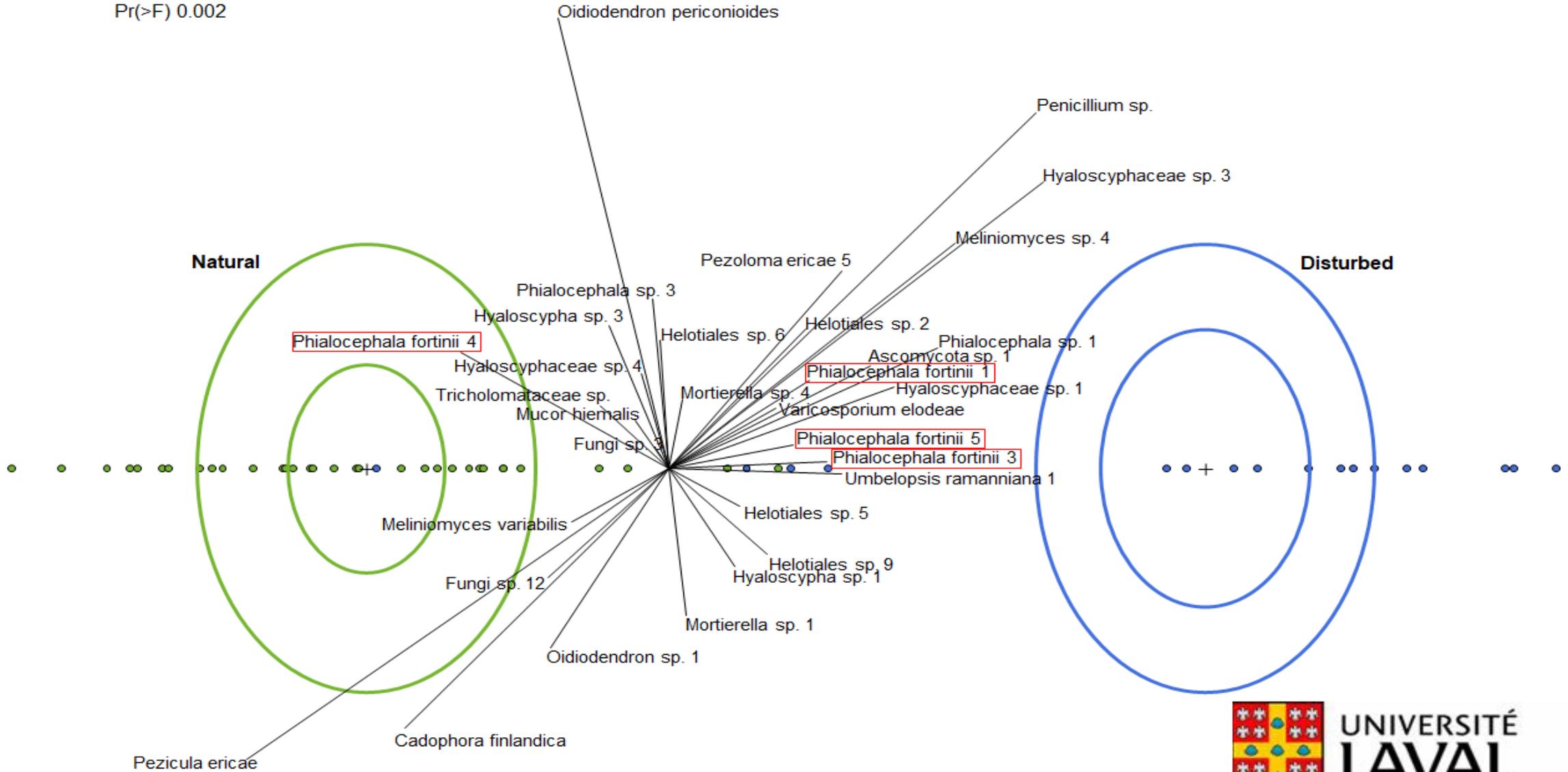


# Résultats : composition de la communauté selon le site

Pr(>F) 0.002

Natural

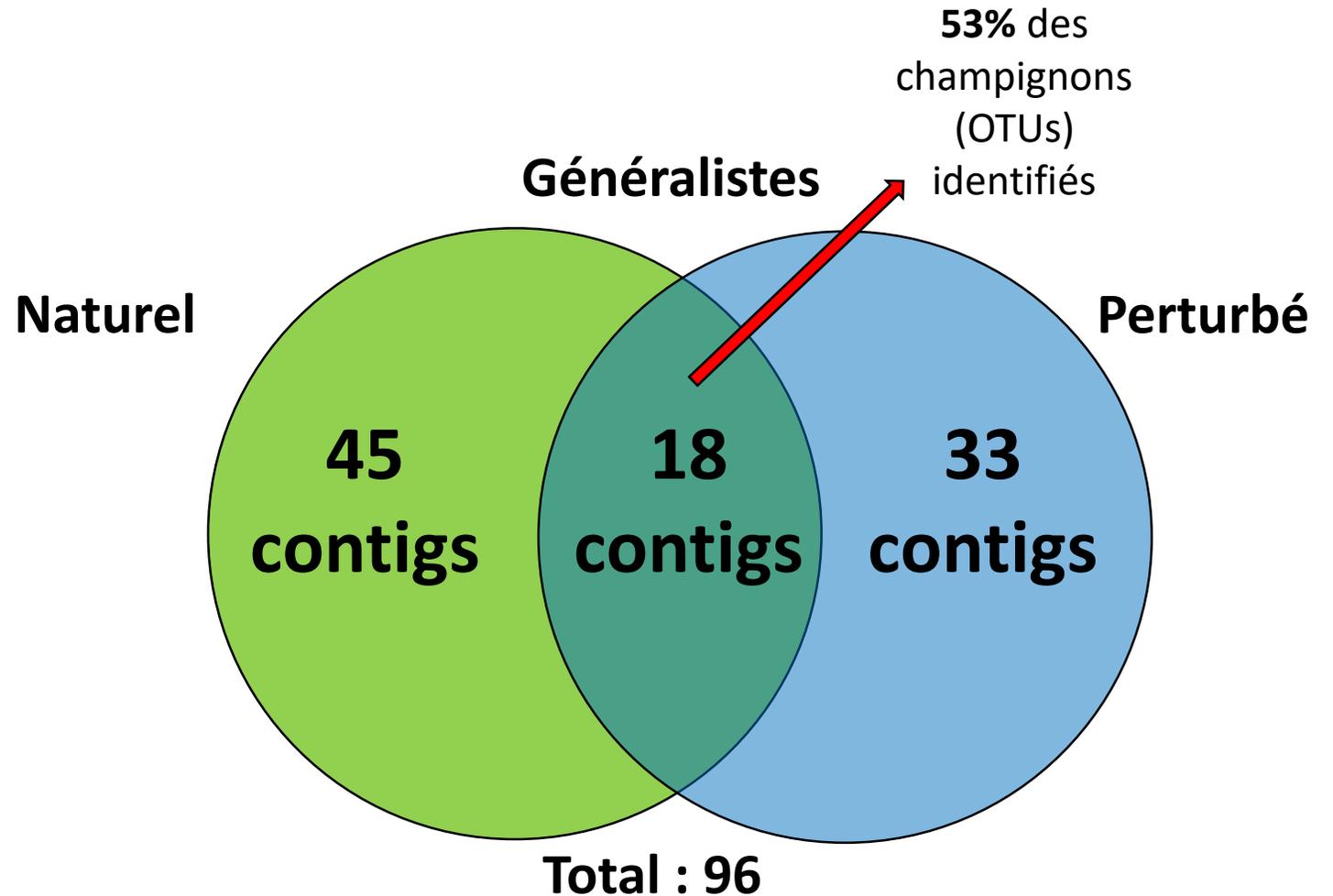
Disturbed



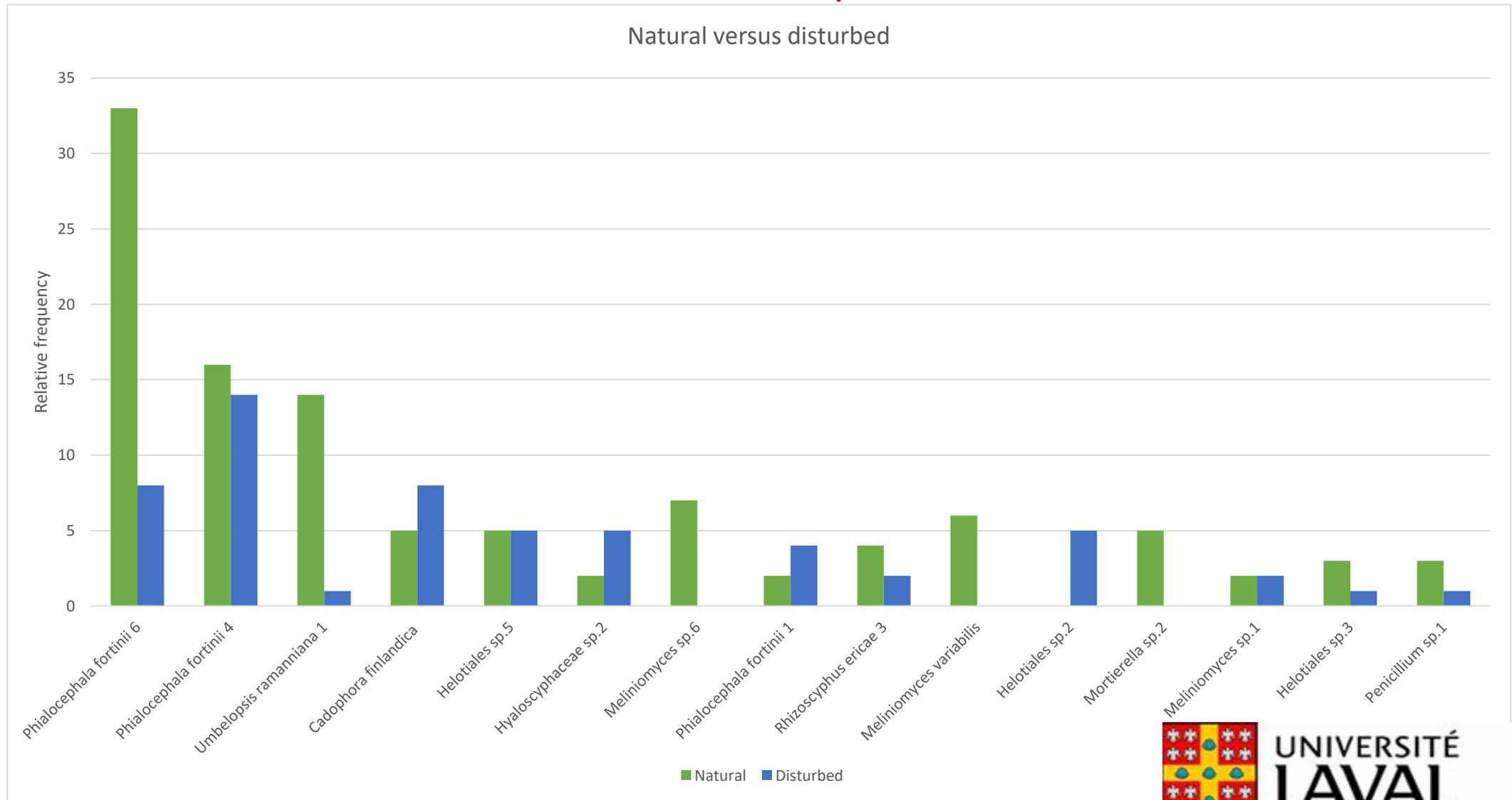
# Répartition selon le type de site

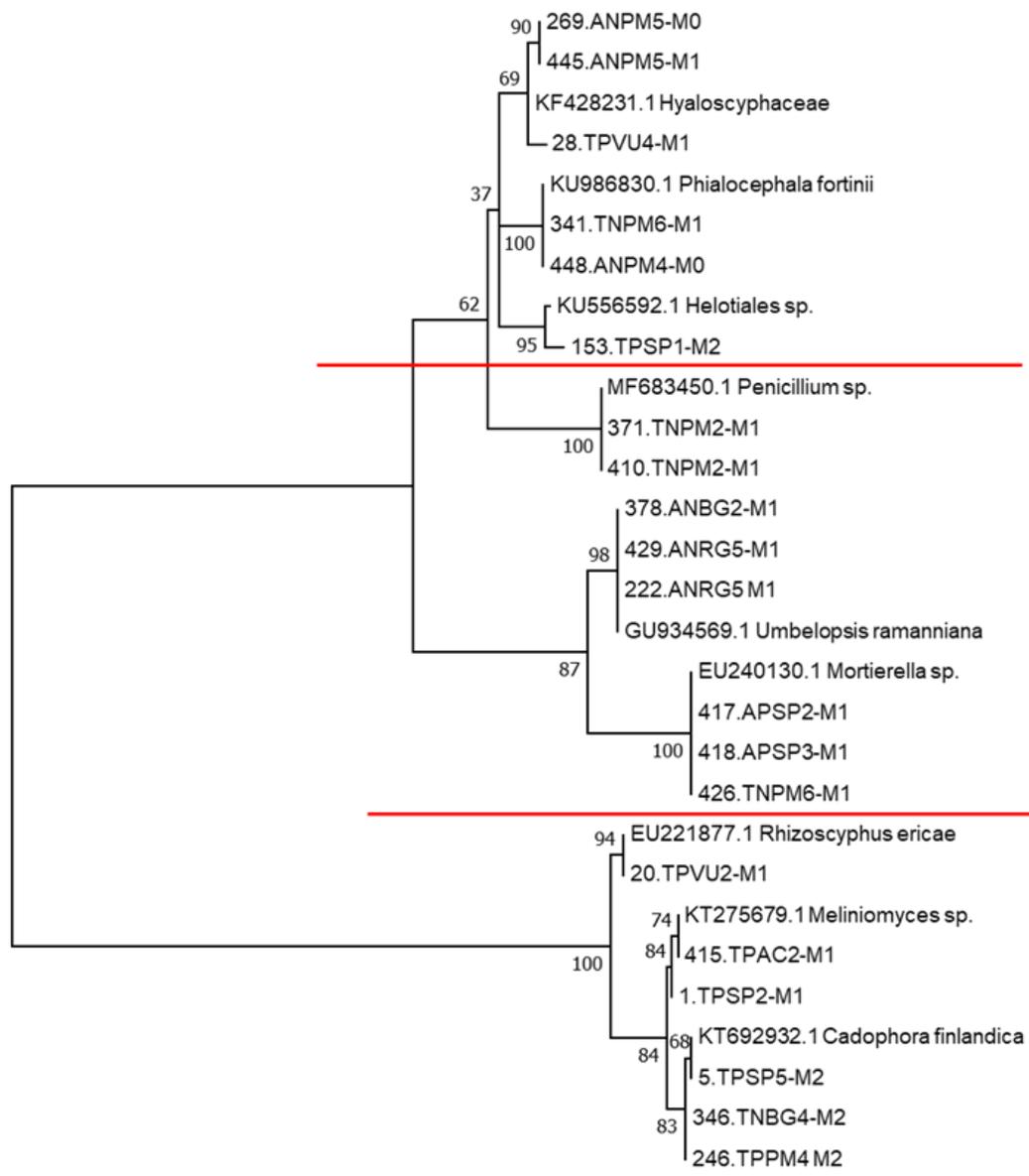
Trois groupes de champignons

1. Ceux qui n'ont été retrouvés qu'en milieu naturel
2. Ceux qui n'ont été retrouvés qu'en milieu perturbé
3. Ceux qui ont été retrouvés sur les deux type de milieu



# Résultats : les 15 champignons les plus fréquemment isolés





Dark septate endophytes (DSE)

- Pas de consensus sur le statut mycorhizien des DSE.
- Leur effet varie selon les études le long d'un continuum, allant du parasitisme au mutualisme.
- Endophytes

*Umbelopsis / Mortierella*

- Groupe très près génétiquement et souvent confondu.
- Il s'agit d'un groupe de champignon du sol considéré comme abondant, mais son rôle écologique n'est pas encore connu.
- Endophytes retrouvés sur des arbres sains et mourants.

*Rhizocyphus ericae* aggregate (REA)

- *Rhizocyphus ericae*, *Meliniomyces* sp. et *Cadophora finlandica*, en plus de nombreux endophytes.
- Forment des ecto- ou ectendomycorhizes.
- Présents autant sur des racines d'éricacées que d'ecto.

0,10



UNIVERSITÉ  
LAVAL

Faculté de foresterie et de géomatique

## Hypothèse

- ✓ Les champignons réagissent différemment en présence de contaminants.

## Objectifs

- ✓ Mesurer les différences de réactions de différents champignons mycorrhiziens.
- ✓ Sélectionner les champignons à tester *in vivo*.

## Méthode utilisée

- ✓ Mesure de la **production d'ergostérol** et de la **sécrétion d'acides organiques** par les champignons sélectionnés.
- ✓ Test réalisé en milieu liquide.



## Dispositif expérimental

	OTU	Tree	Site
A	Phialocephala fortinii	Betula glandulosa	Disturbed
B	Phialocephala fortinii	Picea mariana	Natural
C	Rhizoscyphus ericae	Vaccinium uliginosum	Disturbed
D	Varicosporium elodeae	Alnus crispa	Disturbed
E	Cadophora finlandica	Betula glandulosa	Natural
F	Cadophora finlandica	Picea mariana	Disturbed
G	Meliniomyces bicolor	Betula glandulosa	Disturbed
H	Meliniomyces bicolor	Salix sp.	Disturbed
I	Umbelopsis angularis	Betula glandulosa	Natural

**Contraintes pour le choix des espèces à tester**

1. Représentation des espèces végétales clés
2. Représentation des deux types de site
3. Limitation dans le matériel et l'espace
4. Choix d'espèces fréquemment isolées

Traitement	En g de matériel	% de Fe disponible	En g de Fe
<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
<b>M</b>	2,5	15,15	<b>0,37</b>
<b>S</b>	2,5	38,95	<b>0,97</b>
<b>Fe</b>	1,5	69,94	<b>1,05</b>

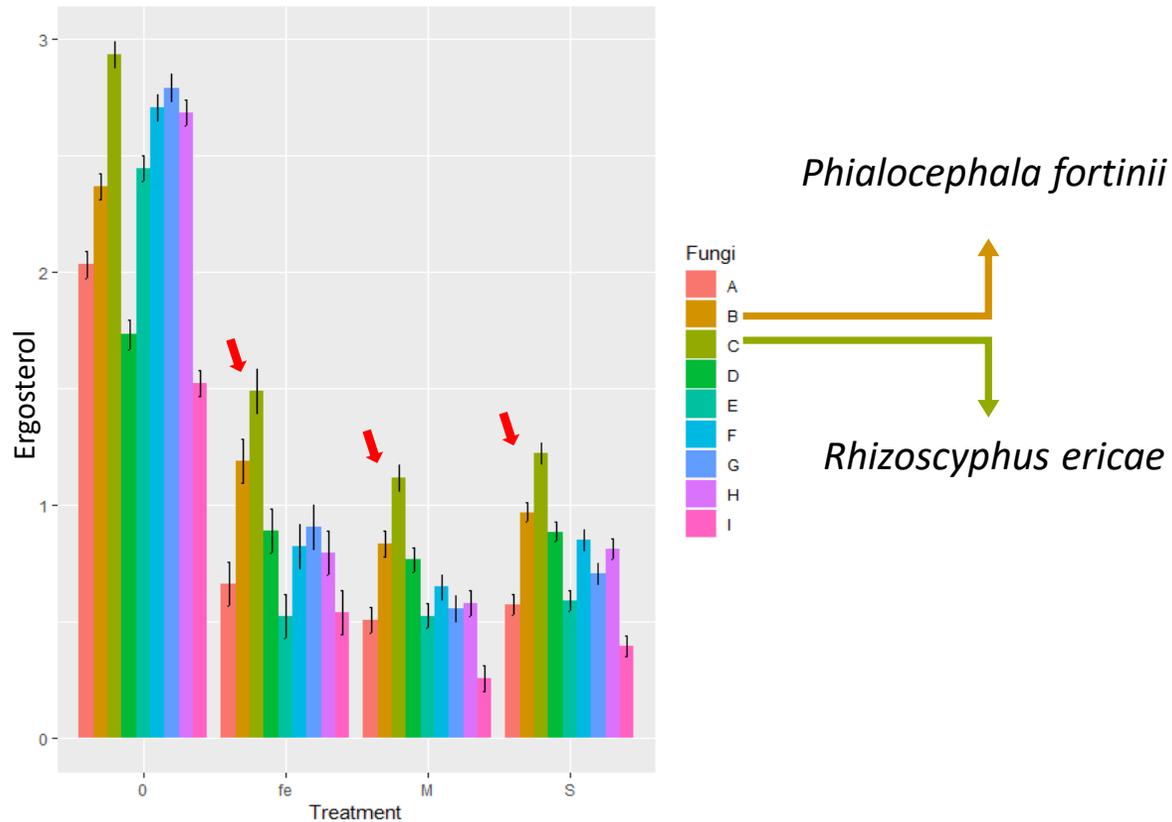


UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

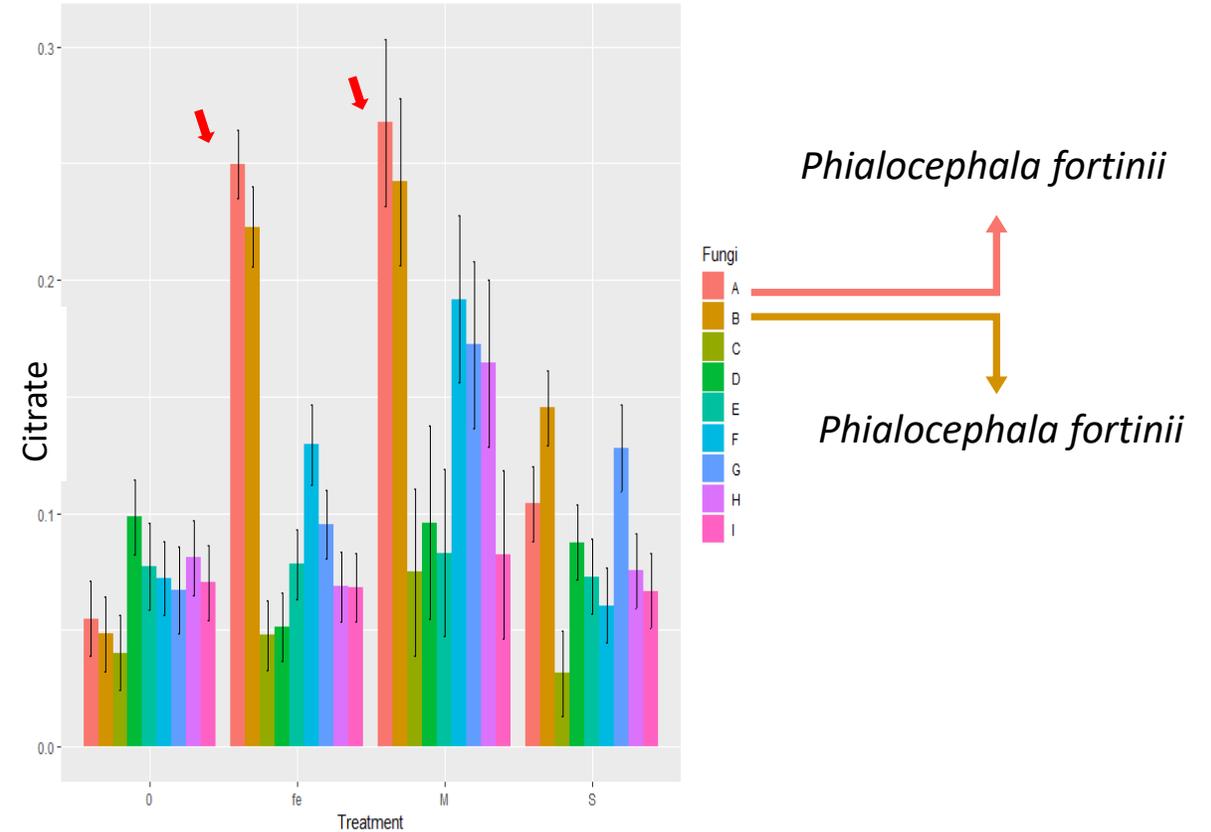
Faculté de foresterie et de géomatique

# Synthèse des résultats

Production d'ergostérol:  
indication de la croissance en  
présence de contaminant

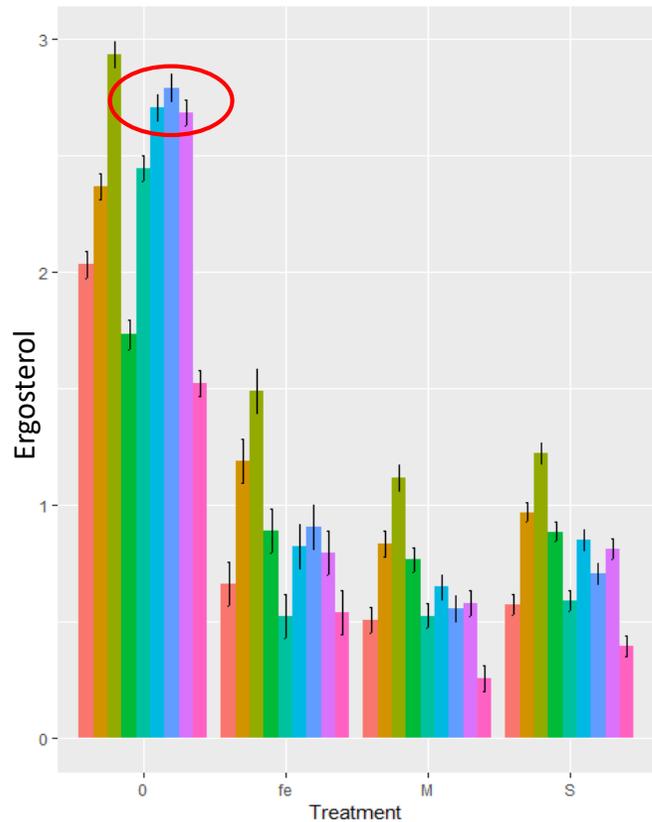


Acide organique d'intérêt :  
le CITRATE



# Synthèse des résultats

Production d'ergostérol:  
indication de la croissance en  
présence de contaminant



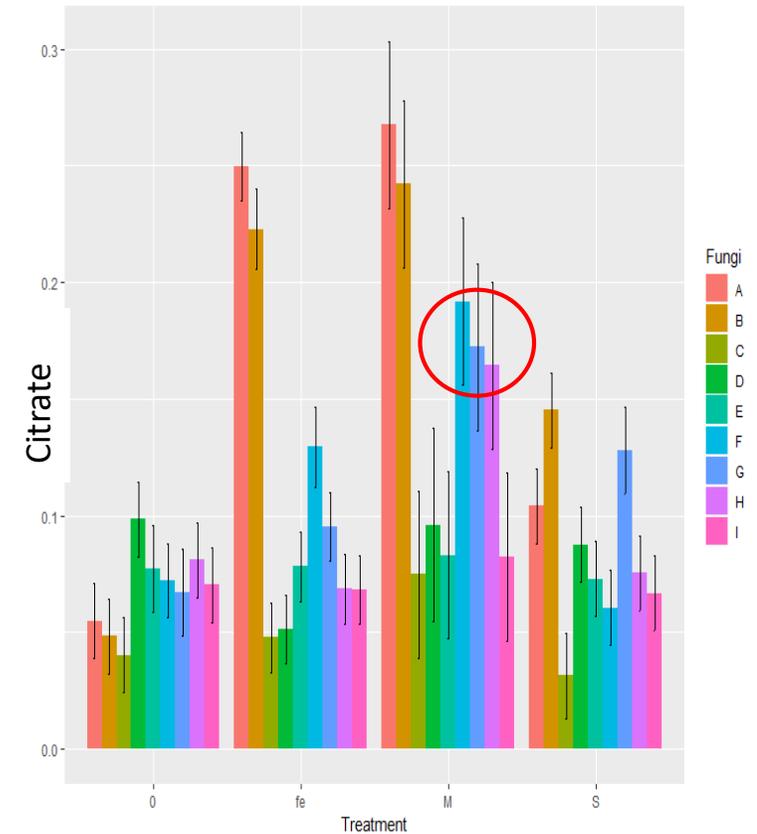
Fungi  
A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I

*Cadophora finlandica*

*Meliniomyces bicolor*

*Meliniomyces bicolor*

Acide organique d'intérêt :  
le CITRATE



## Hypothèse

- ✓ Les champignons induisent des réponses de croissance, de survie et de santé différentes selon l'espèce ou le groupe d'espèces inoculée(s).

## Objectifs

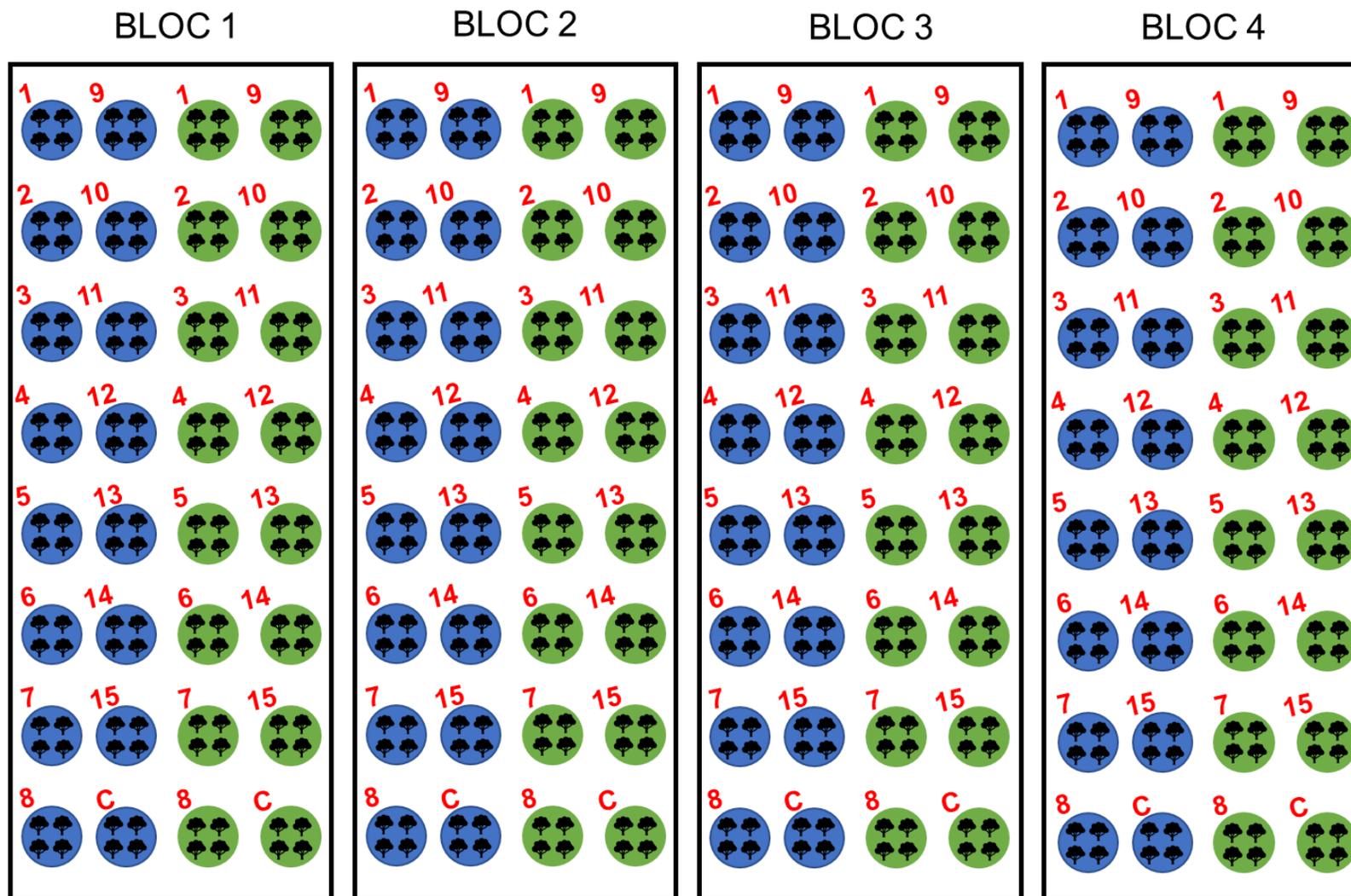
- ✓ Déterminer l'effet de l'inoculation d'un mélange d'isolats fongiques sur la survie et la croissance de semis d'arbres rustiques sur les rejets miniers **en serre**.

## Méthode utilisée

- ✓ Inoculation de semis de bouleau et d'aulne en serre.
- ✓ Mesure de hauteur, de biomasse sèche et analyses foliaires pour la translocation des éléments.



## Troisième volet : test *in vivo*



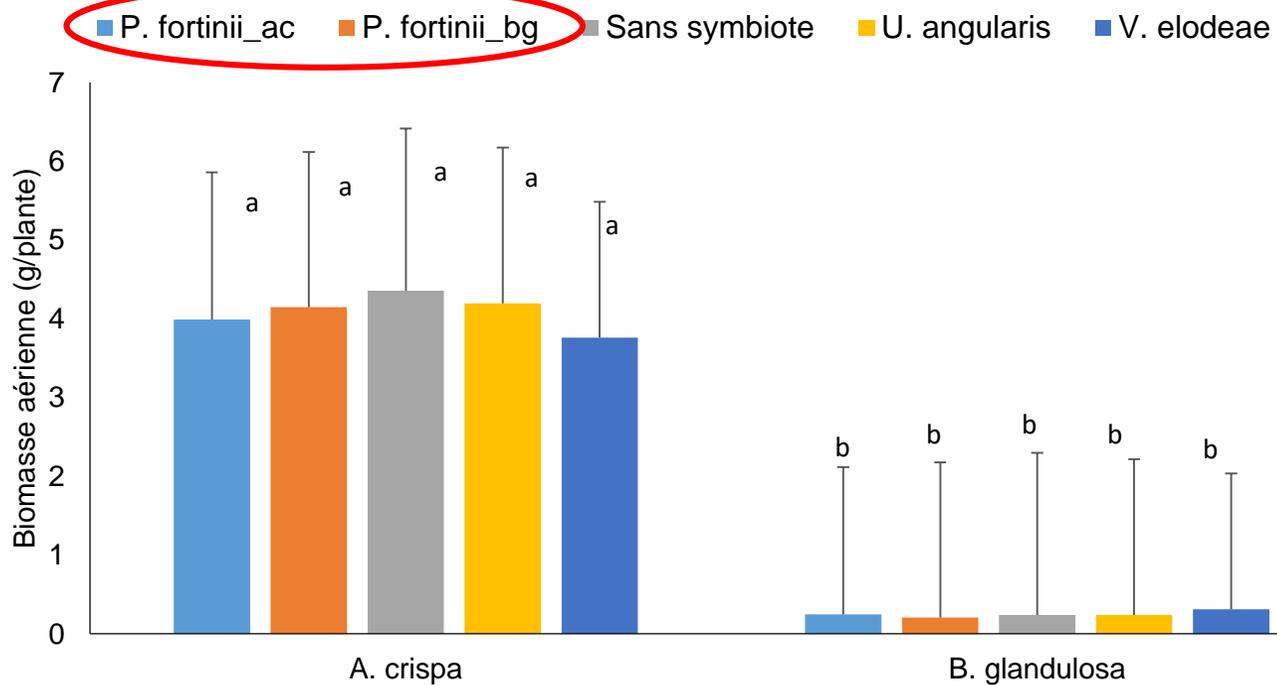
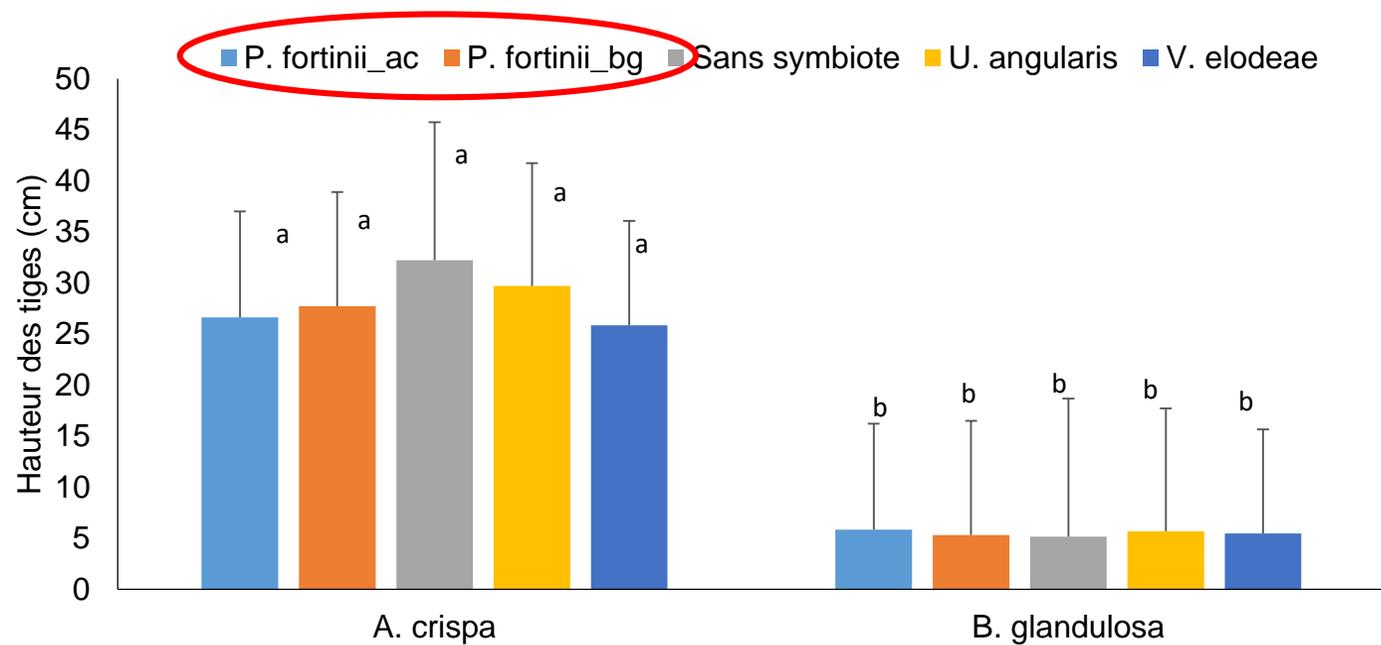
## LÉGENDE



### 15 traitements + 1 contrôle

1. *Cadophora finlandica* (CF)
2. *Meliniomyces bicolor* (MB)
3. *Umbelopsis angularis* (UA)
4. *Laccaria bicolor* (LB)
5. CF + MB
6. CF + UA
7. CF + LB
8. MB + UA
9. MB + LB
10. UA + LB
11. CF + MB + UA
12. CF + MB + LB
13. CF + UA + LB
14. MB + UA + LB
15. CF + MB + UA + LB
16. Contrôle

### Troisième volet : test *in vivo*

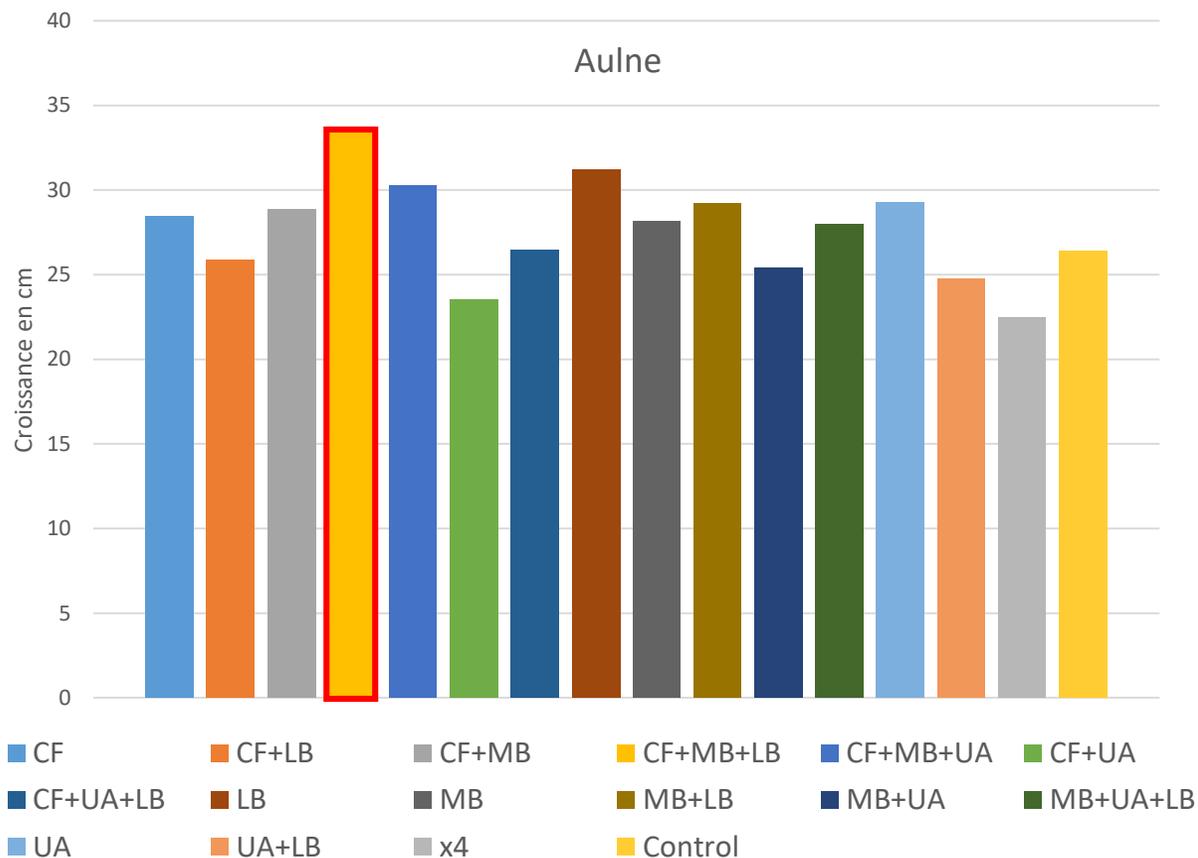


UNIVERSITÉ  
LAVAL

Faculté de foresterie et de géomatique

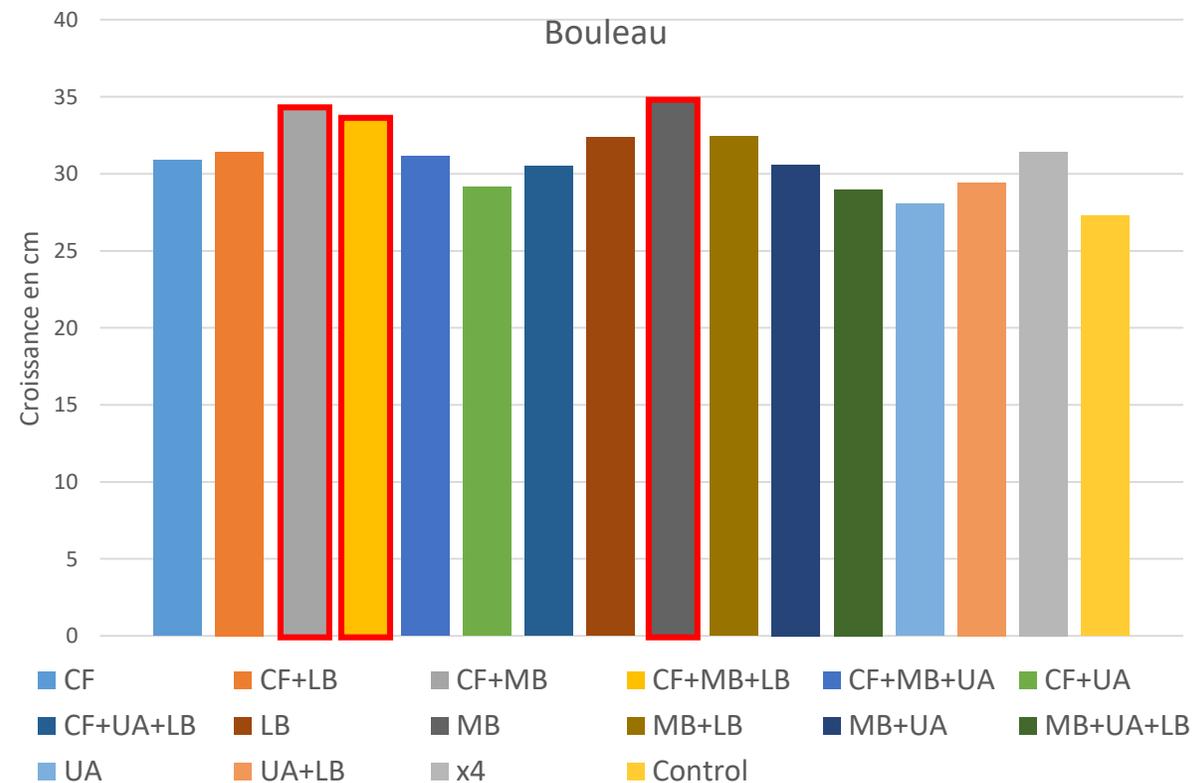


# Troisième volet : test *in vivo*



Traitement	Coefficient	P value
CF+MB	7.84	0.015
CF+MB+LB	6.50	0.039
MB	7.93	0.012

Traitement	Coefficient	P value
CF+MB+LB	7.17	0.036



## Champignons potentiels?

En croisant les résultats in vivo avec les résultats in vitro, on remarque que *Meliniomyces bicolor* se démarque.

- ✓ Bonne croissance en présence des contaminants
  - ✓ Bonne sécrétion d'acide organique
- ✓ Offre un apport significatif par rapport au témoin lors de la croissance en serre
- ✓ Il s'agit d'une souche qui a été fréquemment isolée sur les site à restaurer

La combinaison de *Cadophora finlandica* et de *Meliniomyces bicolor* se montre prometteuse également. Ces deux champignons sont souvent retrouvés ensemble, ils pourraient donc avoir un rôle combiné dans l'écosystème.



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

Faculté de foresterie et de géomatique