

La calcite : source de CO₂ et du calcium pour stimuler la colonisation ectomycorhizienne des plants d'épinette blanche (2+0) en pépinière forestière au Québec

Mohammed S. Lamhamedi
J. André Fortin

mohammed.lamhamedi@mffp.gouv.qc.ca

© Gouvernement du Québec, 2019

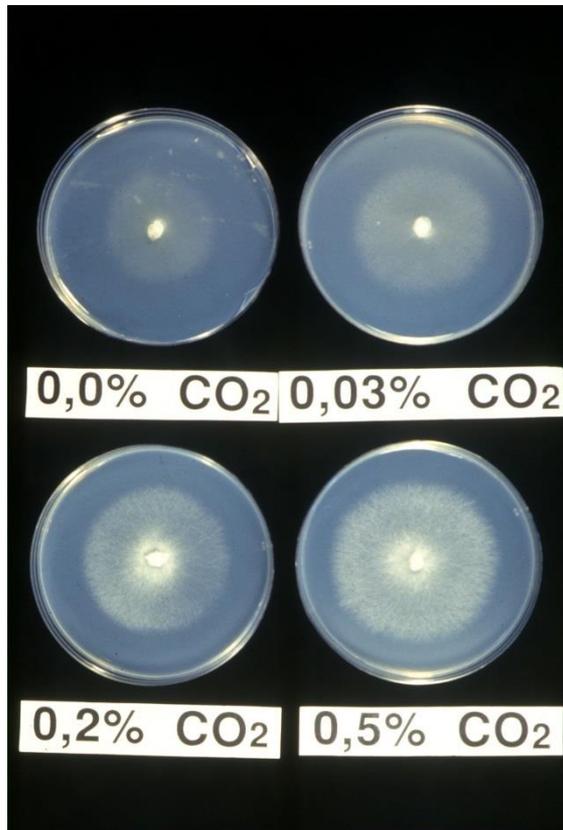


Mycorhizes 2019
30 octobre 2019, Québec

OBJECTIS

- *i)* Effets du CO₂ sur la croissance et le développement du mycélium végétatif du shii-také (*Lentinus edodes*) en conditions contrôlées et du basidiome de *L. bicolor* (*Pinus strobus* – *L. bicolor*);
- *ii)* Évaluer la croissance des hyphes du champignon endomycorhzien *Gigaspora margarita* en présence et en absence du CO₂ en conditions contrôlées;
- *iii)* Déterminer les effets de l'ajout du CO₂ de façon économique grâce à l'utilisation de la calcite granulaire (CaCO₃), comme matériel de recouvrement, sur la colonisation précoce, le développement de la phase extramatricielle du champignon ectomycorhzien (*L. bicolor*) et la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) en pépinière forestière.

Croissance mycélienne de *Lentinus edodes* en réponse à différentes concentrations du CO₂

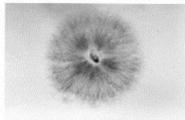


Dumas et Fortin 1988

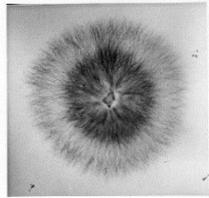
- Après 8 jours, la croissance mycélienne de *L. edodes* est significativement supérieure en présence des concentrations élevées du CO₂ (0,2% et 0,5%) par comparaison à celle observée chez le témoin (0%) et 0,03%;
- La morphologie et l'ultrastructure des hyphes varient selon les concentrations du CO₂. Les concentrations faibles (0 et 0,03%) induisent des ramifications secondaires des hyphes plus rapprochées.

Silvie Dumas (J. A. Fortin, directeur), 1988. Effet et mode d'action du CO₂ sur la phase végétative de *lentinus edodes*. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 62 p.

Autoradiographie de la croissance mycélienne de *Lentinus edodes* en réponse au marquage du CO₂



Colonie âgée de cinq jours après 24h de marquage au ¹⁴CO₂



Colonie âgée de 8 jours après 24 h de marquage au ¹⁴CO₂

Le CO₂ stimule la croissance mycélienne et il est essentiel pour la croissance et le métabolisme de *L. edodes*.

Le CO₂ est utilisée dans la synthèse des parois cellulaires.

Dumas et Fortin 1988

Silvie Dumas (J. A. Fortin, directeur), 1988. Effet et mode d'action du CO₂ sur la phase végétative de *lentinus edodes*. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 62 p.

Croissance des hyphes de *Glomus margarita* en présence et en absence du CO₂

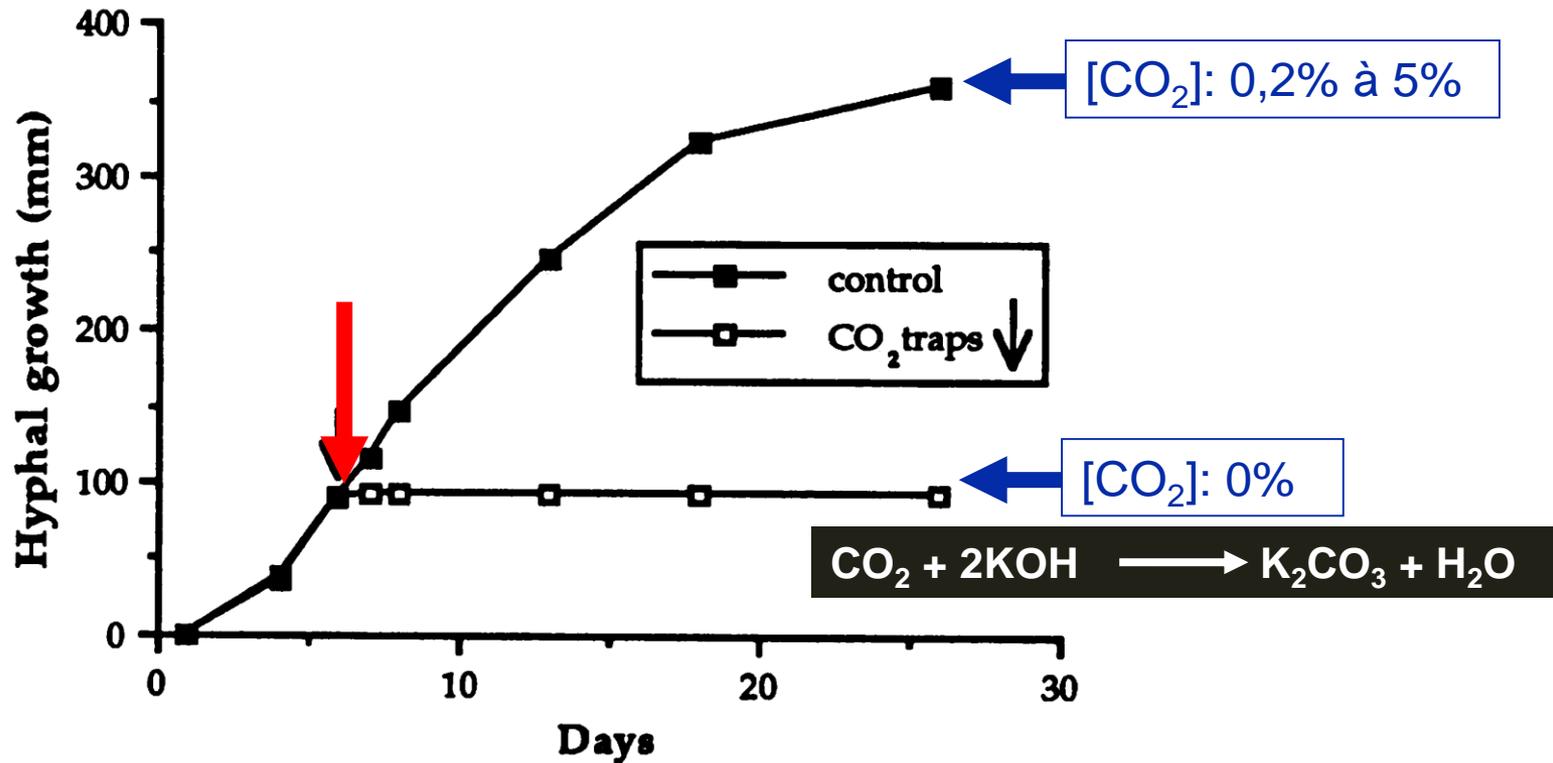
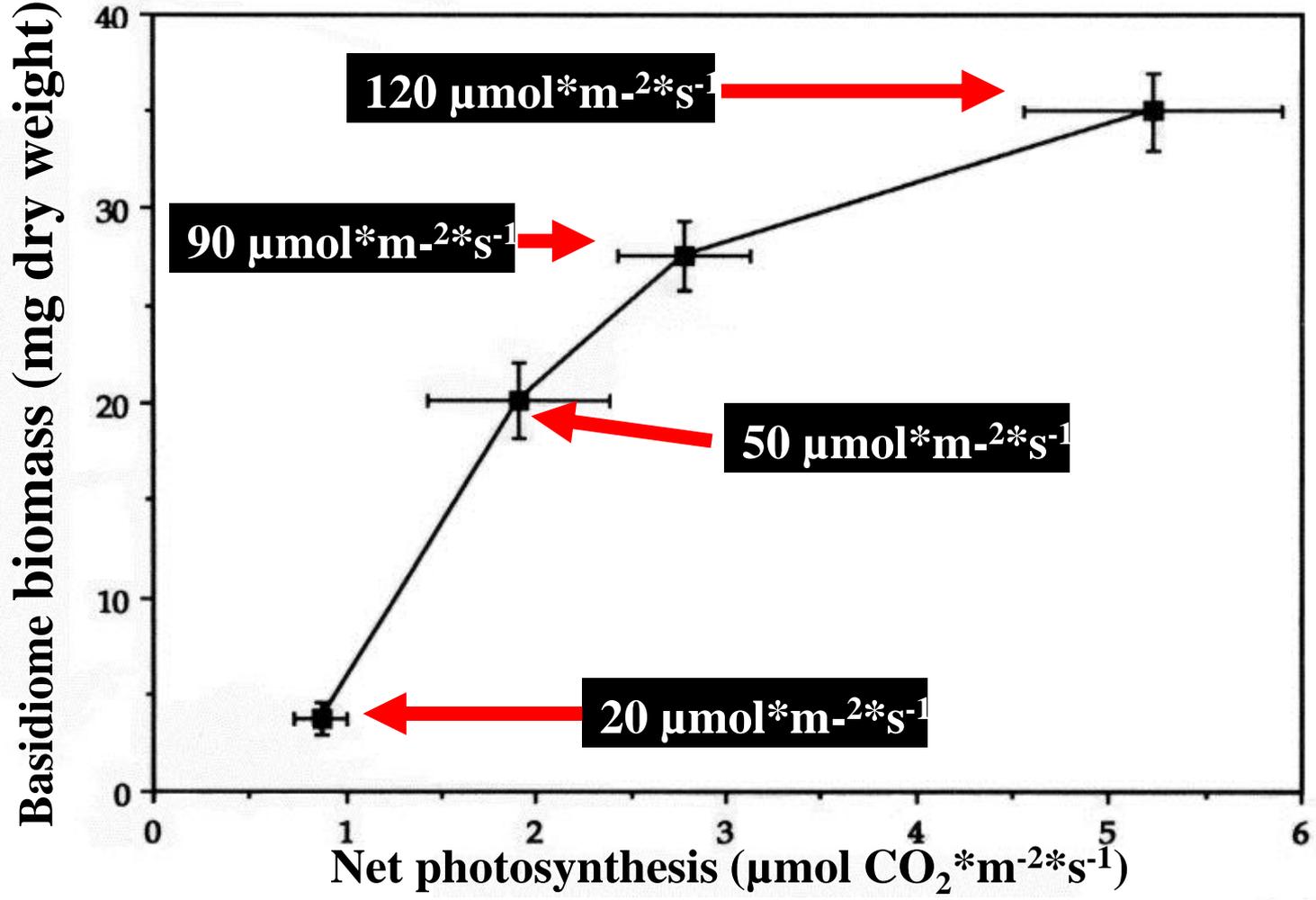


FIG. 5. Hyphal growth from germinating spores of *G. margarita* in the presence of root exudates and volatiles (MEV medium) stops when KOH traps are added (↓).

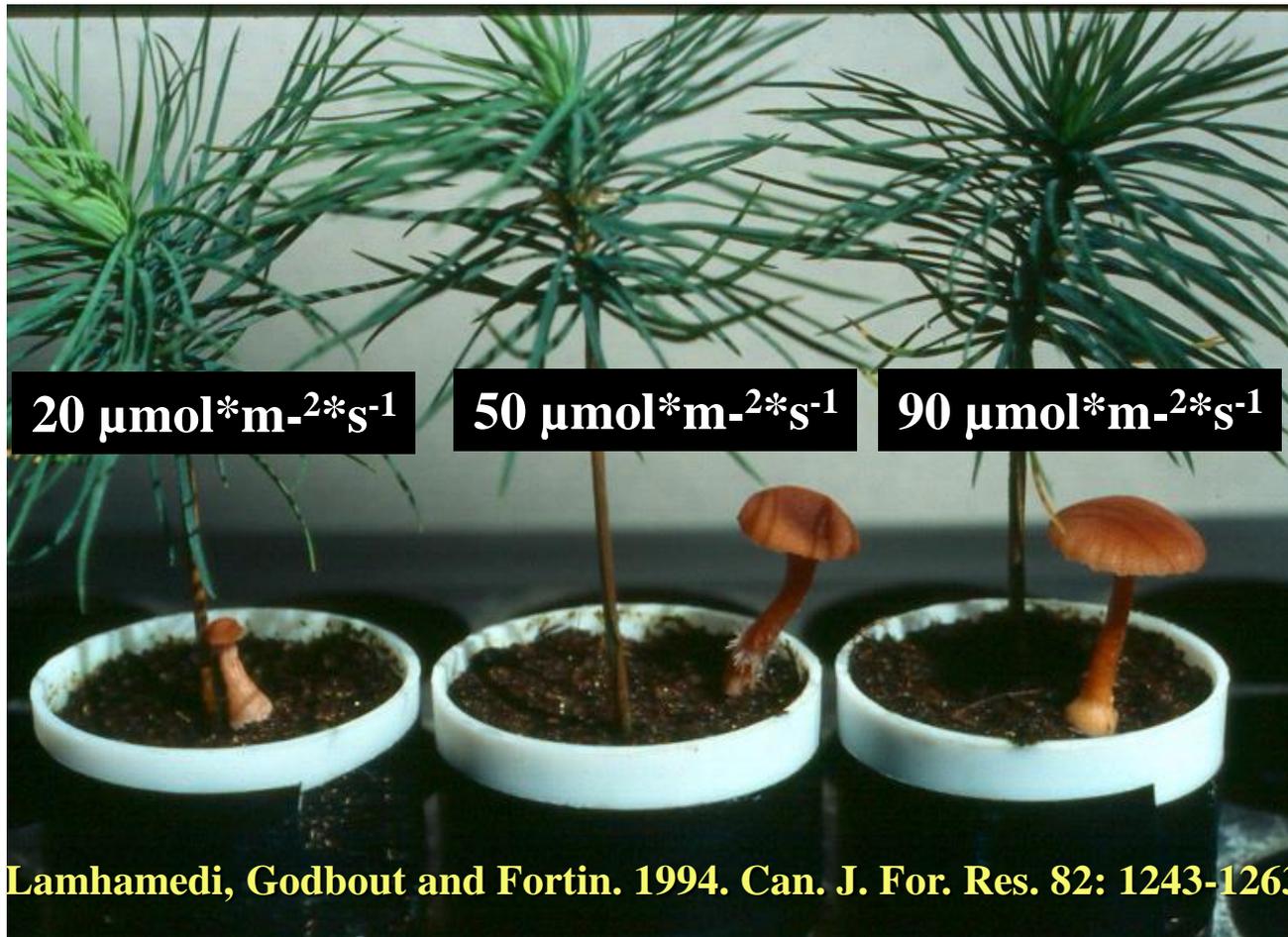
Bécard, G. et Y. Piché, 1989. *Fungal growth stimulation by CO₂ and root exudates in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis*. Appl. Environ. Microbiol. 55: 2320-2325.

Effets du taux de photosynthèse sur la biomasse des carpophores de *L. bicolor* selon les variations de l'intensité de lumière



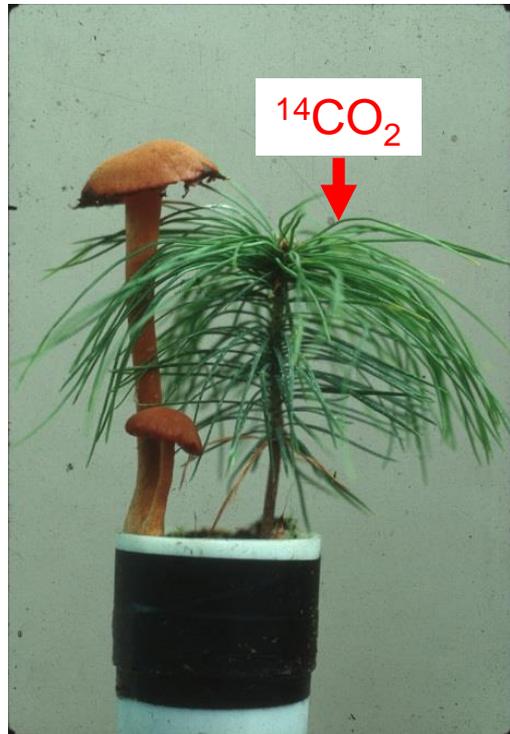
Lambhamedi, Godbout and Fortin. 1994. Can. J. For. Res. 82: 1243-1263

Effets de différentes intensités de lumière sur la dimension et le développement des carpophores de *L. bicolor*

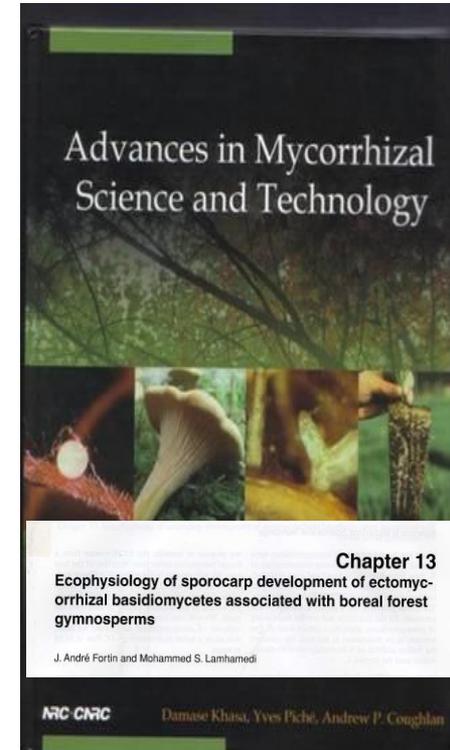


Lamhamedi, Godbout and Fortin. 1994. *Can. J. For. Res.* 82: 1243-1263

Dépendance de la croissance et du développement des carpophores des produits de la photosynthèse courante

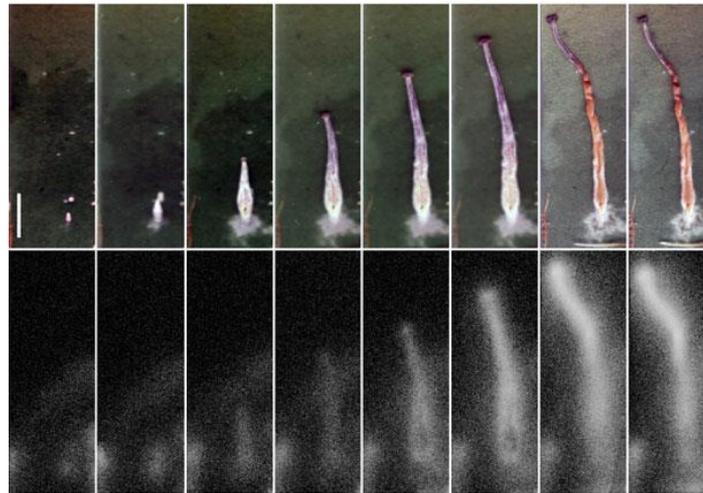
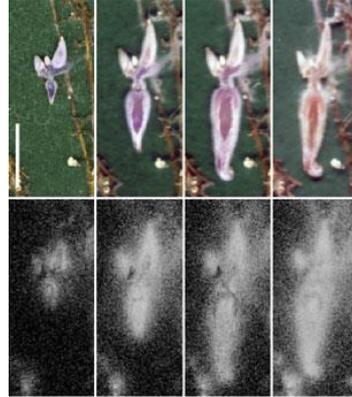


- La présence du ^{14}C a été détectée dans les carpophores de *L. bicolor* quelques heures après le traitement de la plante hôte (*Pinus strobus*) par $^{14}\text{CO}_2$ (Godbout. Thèse de doctorat).
- Les fructifications des champignons ectomycorhiziens sont de puissants « puits » de carbone issu de la photosynthèse courante des arbres hôtes « source »

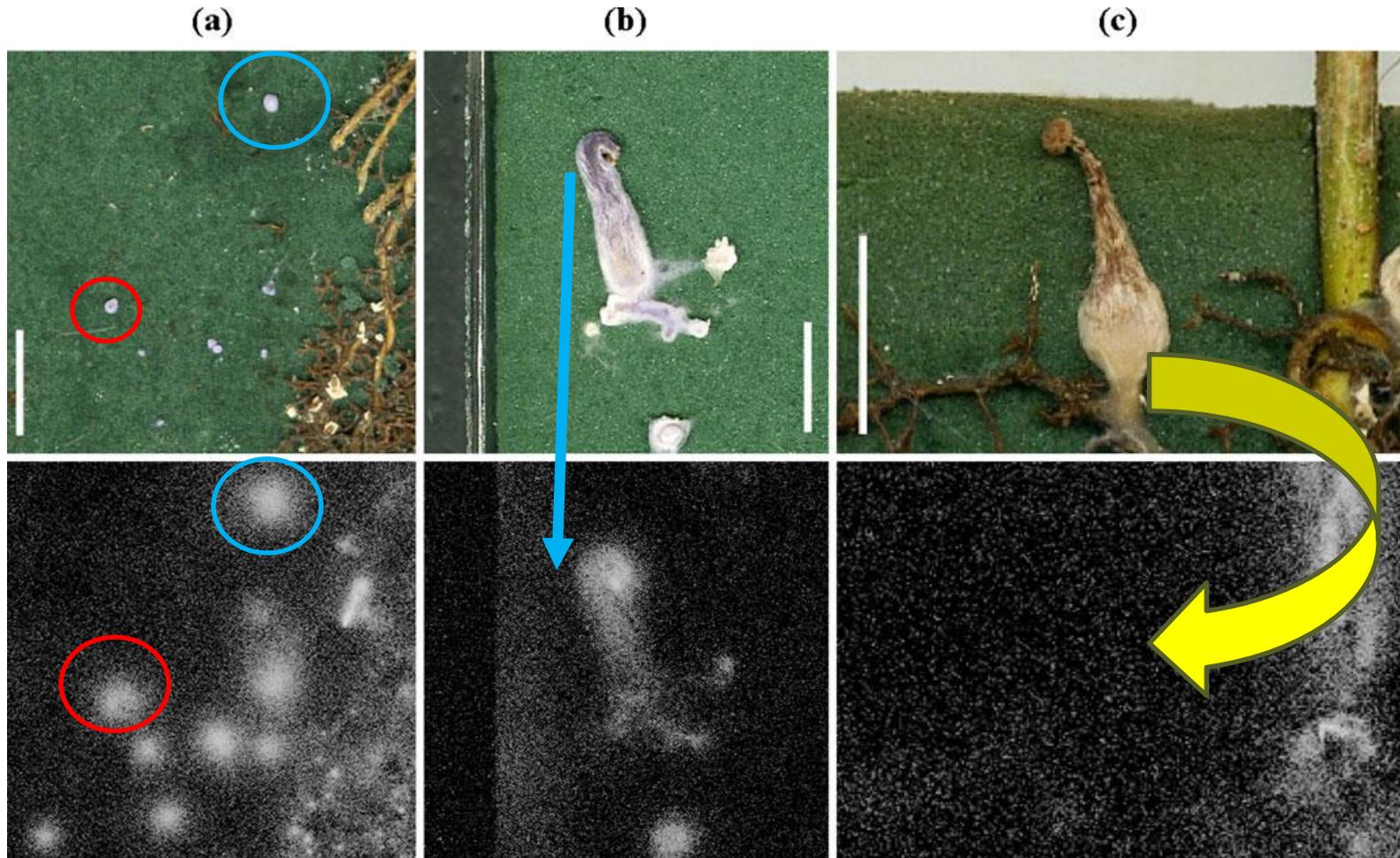


Fortin, J. A., Lamhamed, M. S. 2009. Ecophysiology of sporocarp development of ectomycorrhizal basidiomycetes associated with boreal forest gymnosperms. In: Advances in mycorrhizal science and technology. Khasa, D., Y. Piché et A.P. Coughlan (Eds.). NRC Research Press, Canada. p: 161-173.

Transfert du ^{14}C -photosynthétique (*Pinus densiflora*) vers le carpophore d'un champignon ectomycorhizien *Laccaria amethystina*



Transfert du ^{14}C -photosynthétique (*Pinus densiflora*) vers le carpophore (*Laccaria amethystina*) varie selon le stade de croissance de la fructification

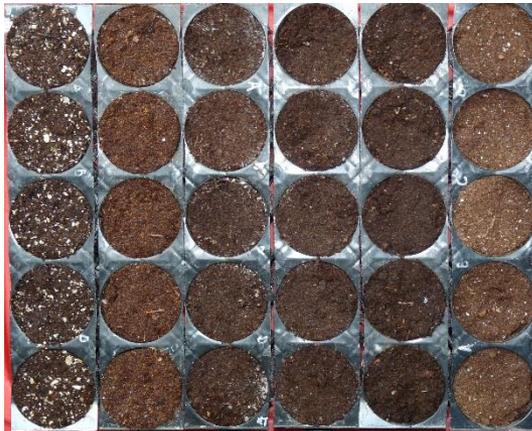


Teramoto, M., Wu, B., Hogetsu, T. 2012. Transfer of ^{14}C -photosynthate to the sporocarp of an ectomycorrhizal fungus *Laccaria amethystina*. *Mycorrhiza* 22:219–225

Ce qu'il faut retenir

- Le **CO₂** représente un besoin universel pour la croissance mycélienne des champignons (germination des spores, croissance végétative, développement des carpophores, etc.);
 - Le **CO₂** a un rôle nutritionnel de premier plan (acides aminés, pyrimidines et purines) via la voie anaplérotique. Il est catalyseur de certaines réactions enzymatiques.
-
- Tabak, H.H. et W.B. Cooke, 1968. *The effects of gaseous environments on the growth and metabolism of fungi*. Bot. Rev. 34: 126-252.
 - Silvie Dumas (J. A. Fortin, directeur), 1988. Effet et mode d'action du CO₂ sur la phase végétative de *lentinus edodes*, Mémoire de maîtrise. Université Laval. 62 p.
 - Fortin, J. A., Lamhamedi, M. S. 2009. Ecophysiology of sporocarp development of ectomycorrhizal basidiomycetes associated with boreal forest gymnosperms. In: *Advances in mycorrhizal science and technology*. Khasa, D., Y. Piché et A.P. Coughlan (Eds.). NRC Research Press, Canada. p: 161-173.

Utilisation de la calcite granulaire (CaCO_3), comme matériel de recouvrement et source génératrice indirecte du CO_2 de façon économique, pour stimuler la colonisation précoce, le développement rapide de la phase extramatricielle du champignon ectomycorhizien (*L. bicolor*) et la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) en pépinière forestière



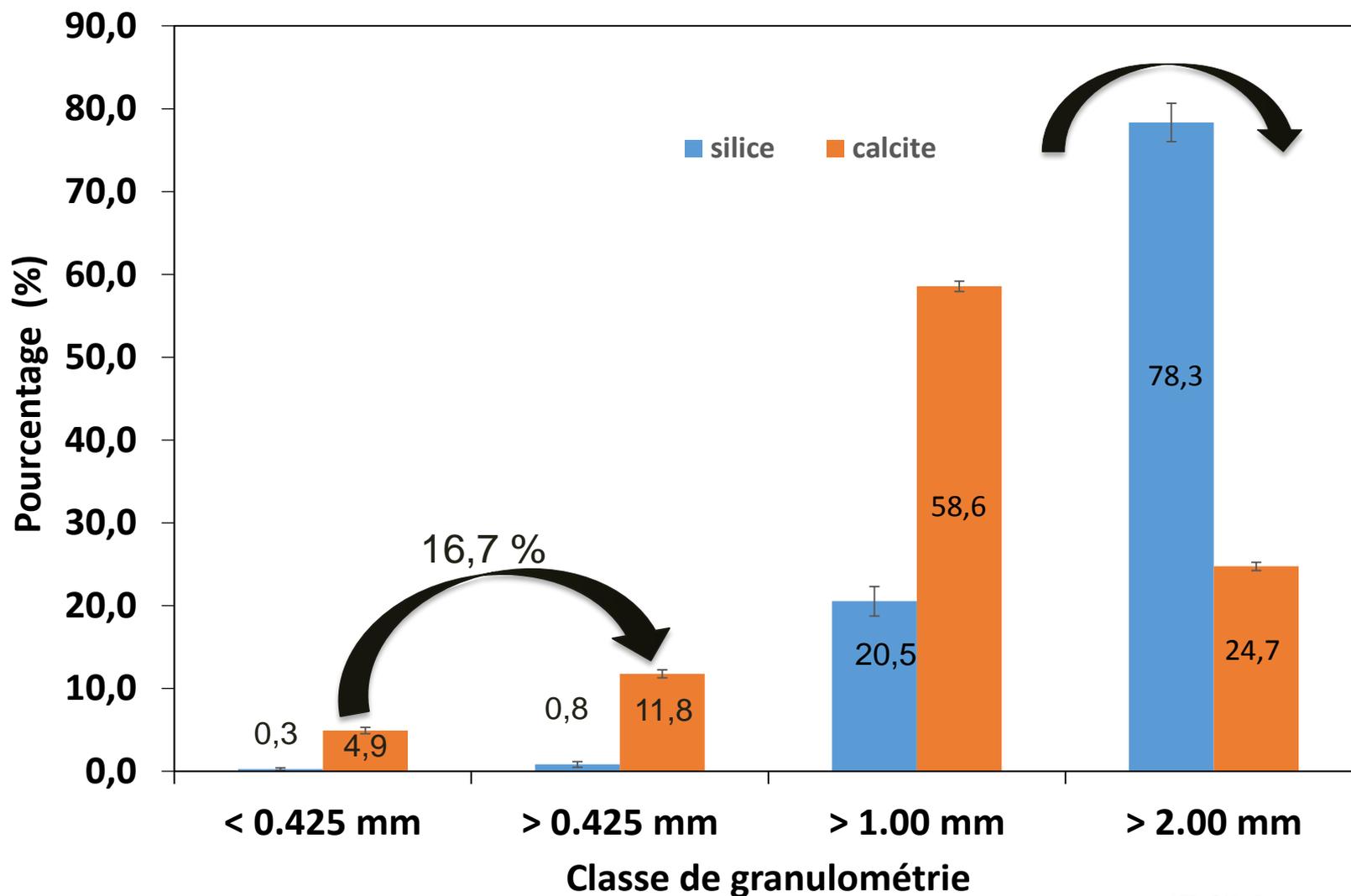
Dispositif expérimental (Epb; 25-310): Calcite et silice (Grandes-Piles)

- Essence forestière: **Épinette blanche**
- Substrat: **Tourbe (80%) + vermiculite (20%)**
- Récipient: **25-310** (25 cavités, 310 cm³/cavité)
- Production des plants sous tunnel (1+0) et à l'extérieur (2+0)
- 3 traitements:
 - ✓ Silice (**29 g/cav.**), calcite (**24 g/cav.**) calcite+(**31 g/cav.**)
- 5 BAC (27 Récipients/ Traitement/ Bloc), soit 135 Réc./traitement (total dispositif: 10 125 plants)
- Échantillonnage d'un récepteur/traitement/ bloc de façon **systématique** à chaque deux semaines: croissance, nutrition minérale et fertilité du substrat (2+0);
- Pour chaque date d'échantillonnage et pour chaque traitement, on a utilisé 75 plants/traitement à raison de 15 plants/traitement/bloc.
- Mycorhization des plants 2+0 (%colonisation externe des carottes par le mycélium extraracinaire): 20 plants/récipient/traitement/bloc (**28 sept. 2015**).

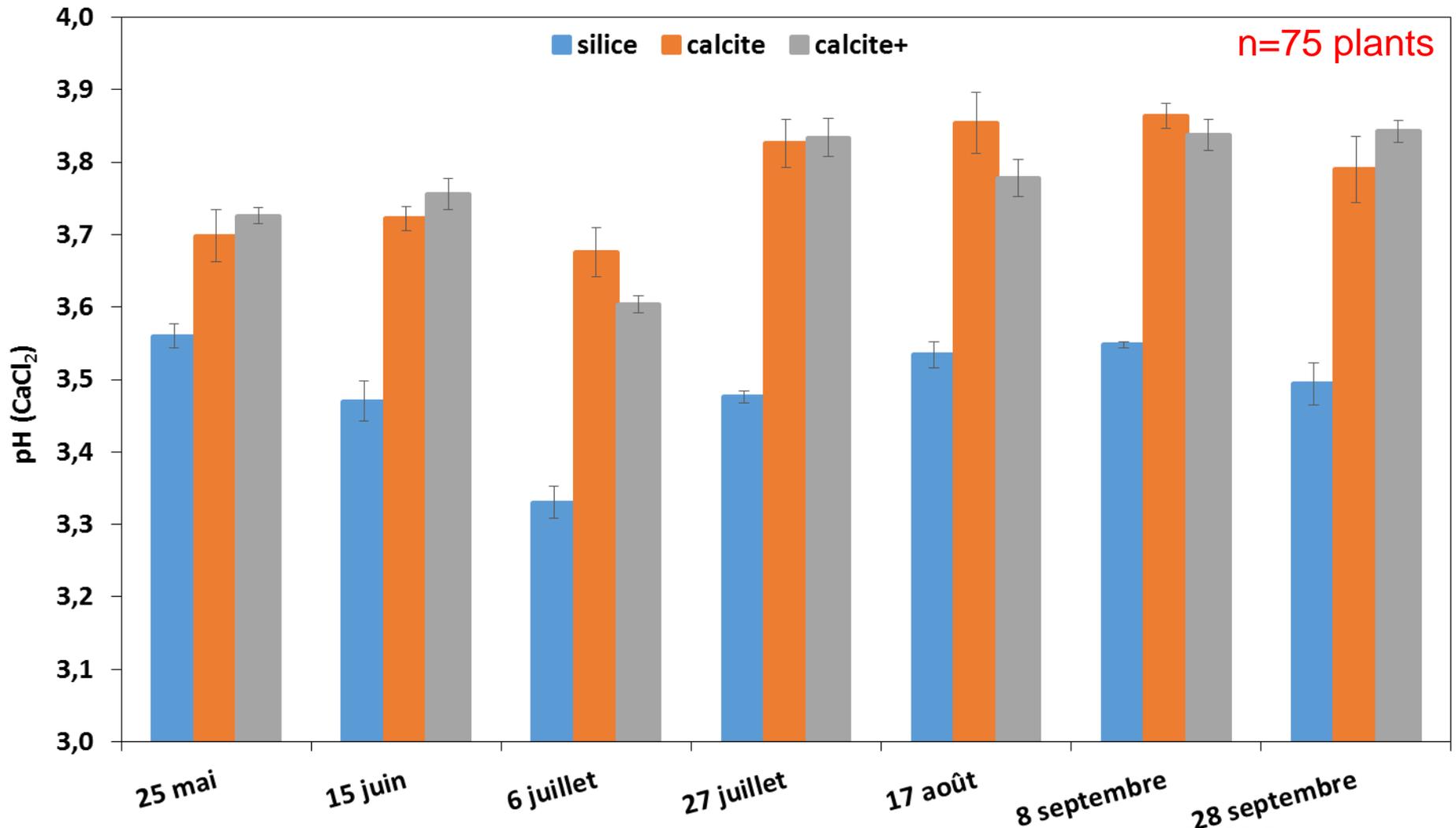
Dispositif expérimental (Epb; 25-310): Calcite et silice; Grandes-Piles



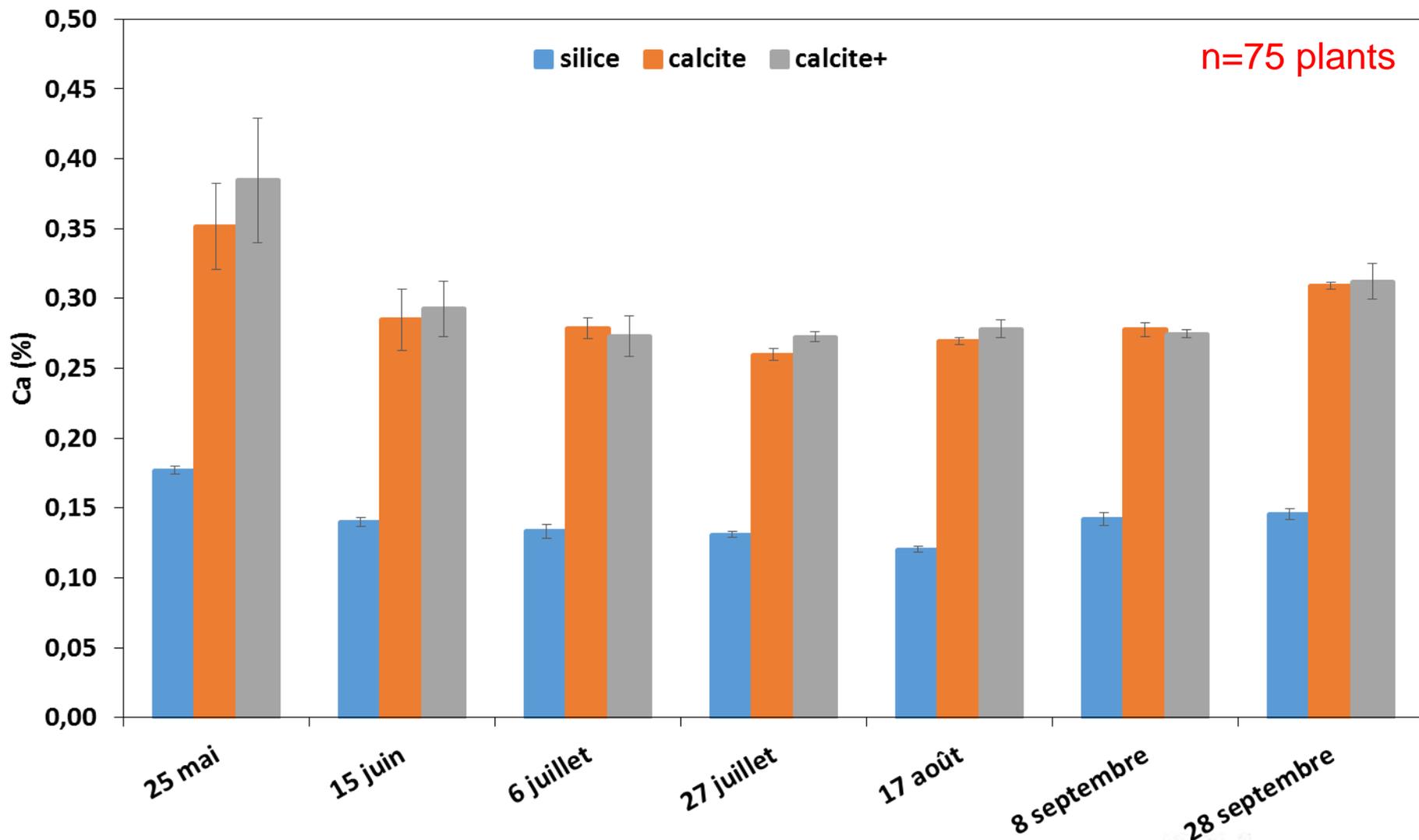
Analyse granulométrique: Silice et calcite granulaire



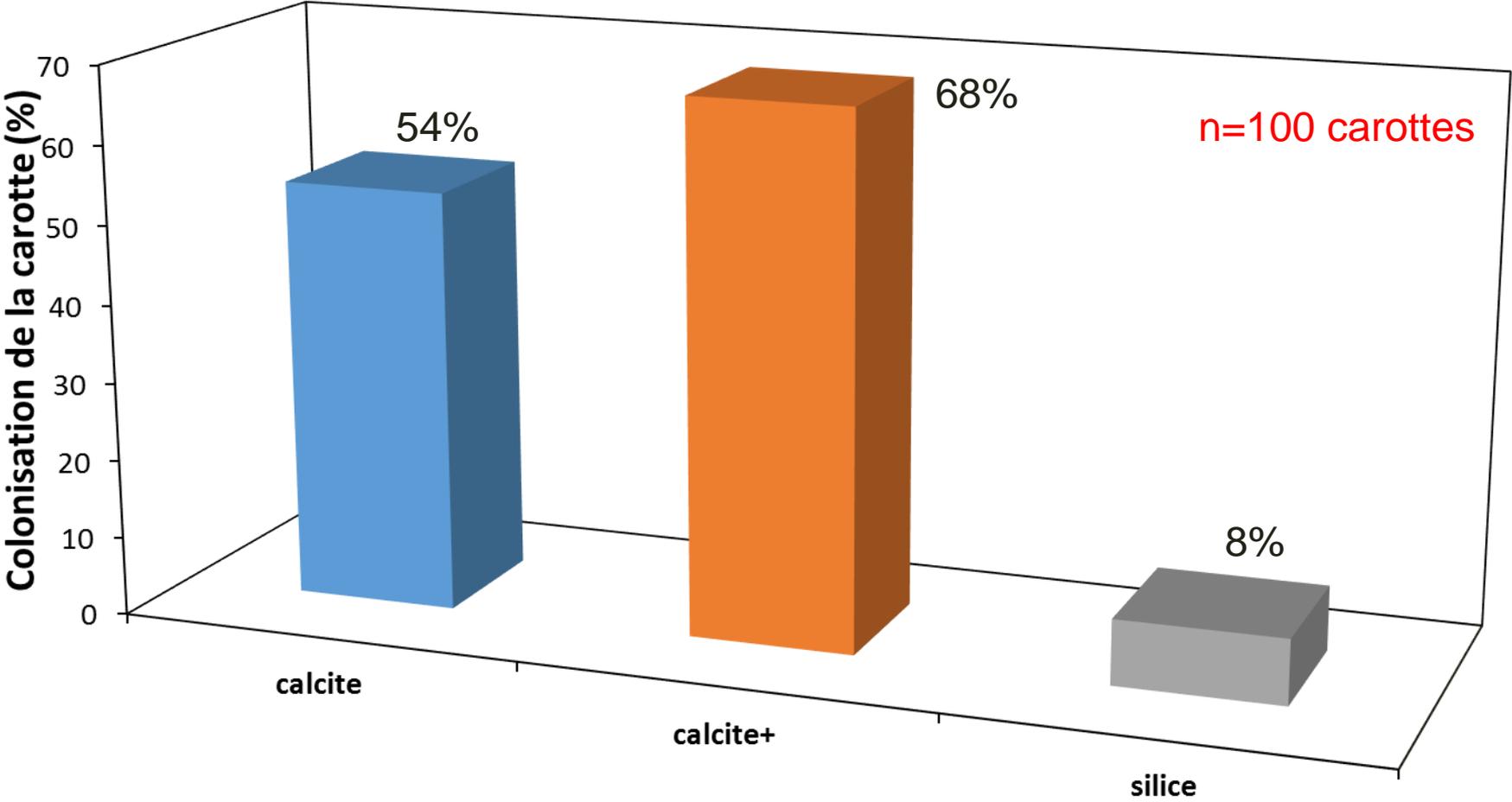
Évolution du pH (CaCl_2) dans le substrat: Épinette blanche 2+0 (Grandes-Piles 2015)



Concentration en calcium dans les parties aériennes des plants d'épinette blanche 2+0 (Grandes-Piles 2015)



Effets de la silice et de la calcite sur le degré de **colonisation externe** des carottes des plants d'épinette blanche **2+0** (25-310) en pépinière forestière Grandes-Piles 2015; **28 septembre 2015**



Effets de la silice et de la calcite sur le degré de colonisation **externe** des carottes des plants d'épinette blanche **2+0 (25-310)** en pépinière forestière



Silice
29 g/cavité

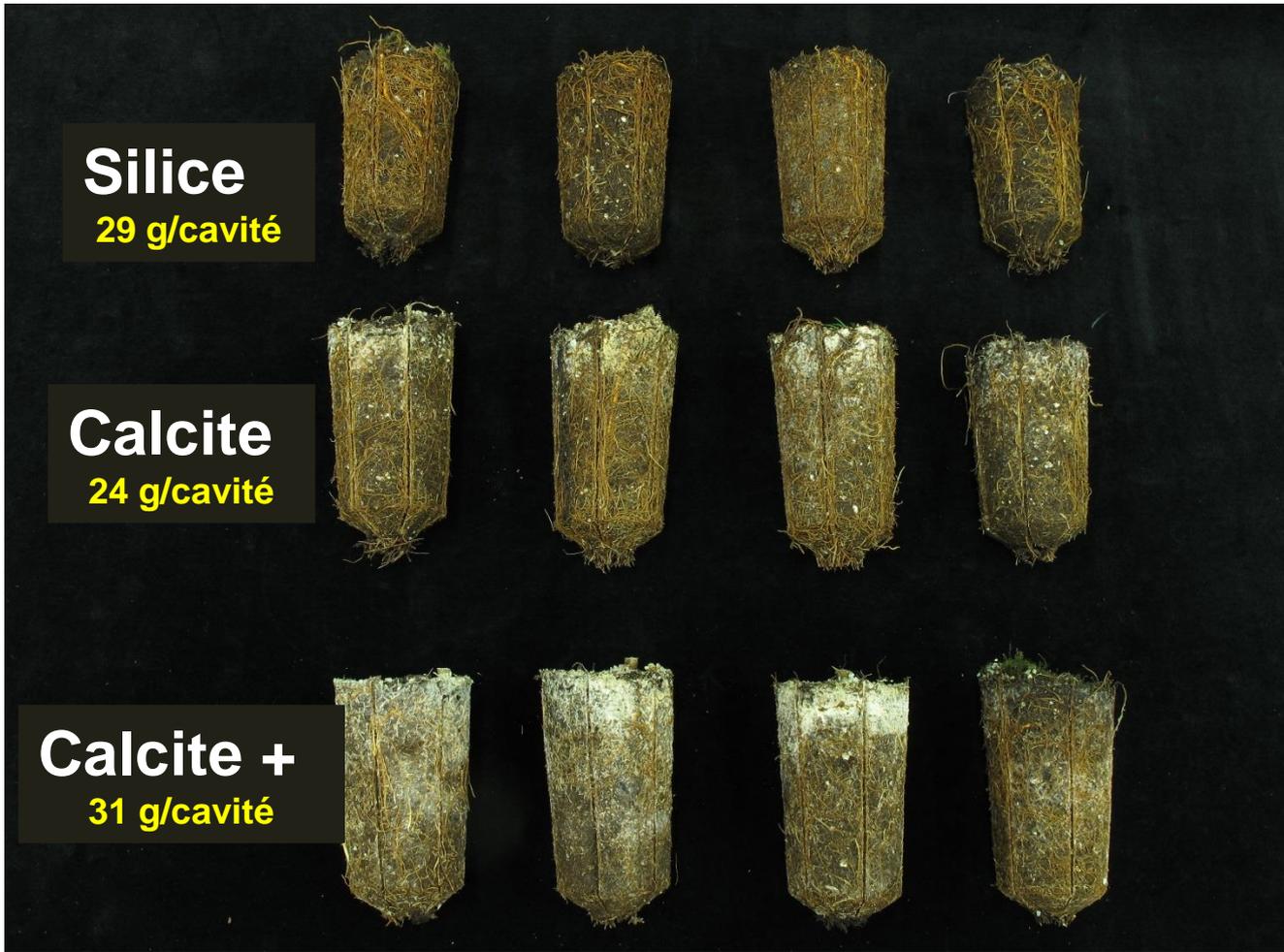


Calcite
24 g/cavité



Calcite +
31 g/cavité

Effets de la silice et de la calcite sur le degré de colonisation **externe** des carottes des plants d'épinette blanche 2+0 (25-310) en pépinière forestière
Grandes-Piles 2015; 28 septembre 2015



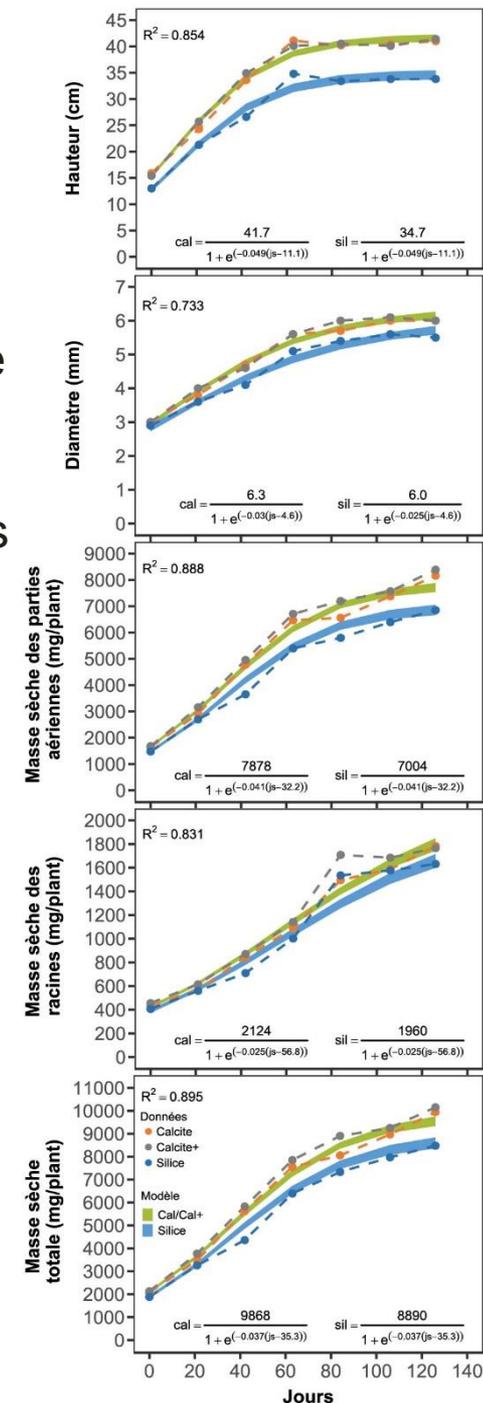
Modèles logistiques

À cause de l'absence de différences significatives entre les paramètres des modèles des deux traitements (calcite et calcite+), un seul modèle logistique a été généré en combinant les données des deux traitements de calcite (calcite et calcite+).

Calcite/Calcite+: 1050 plants mycorhizés

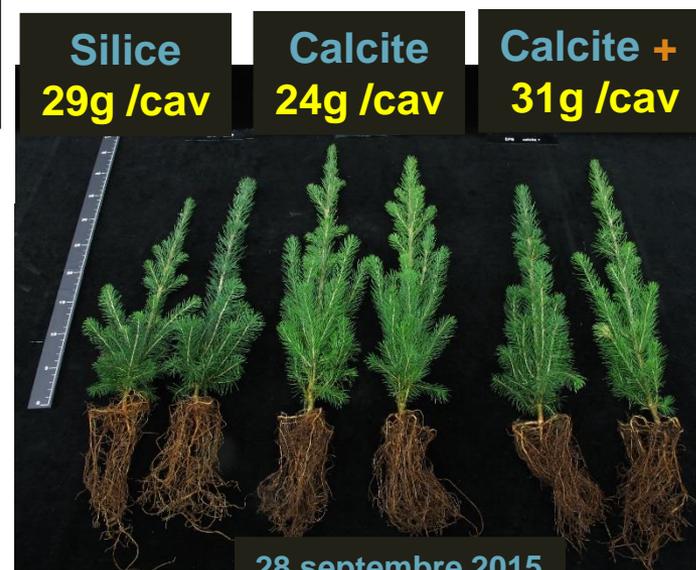
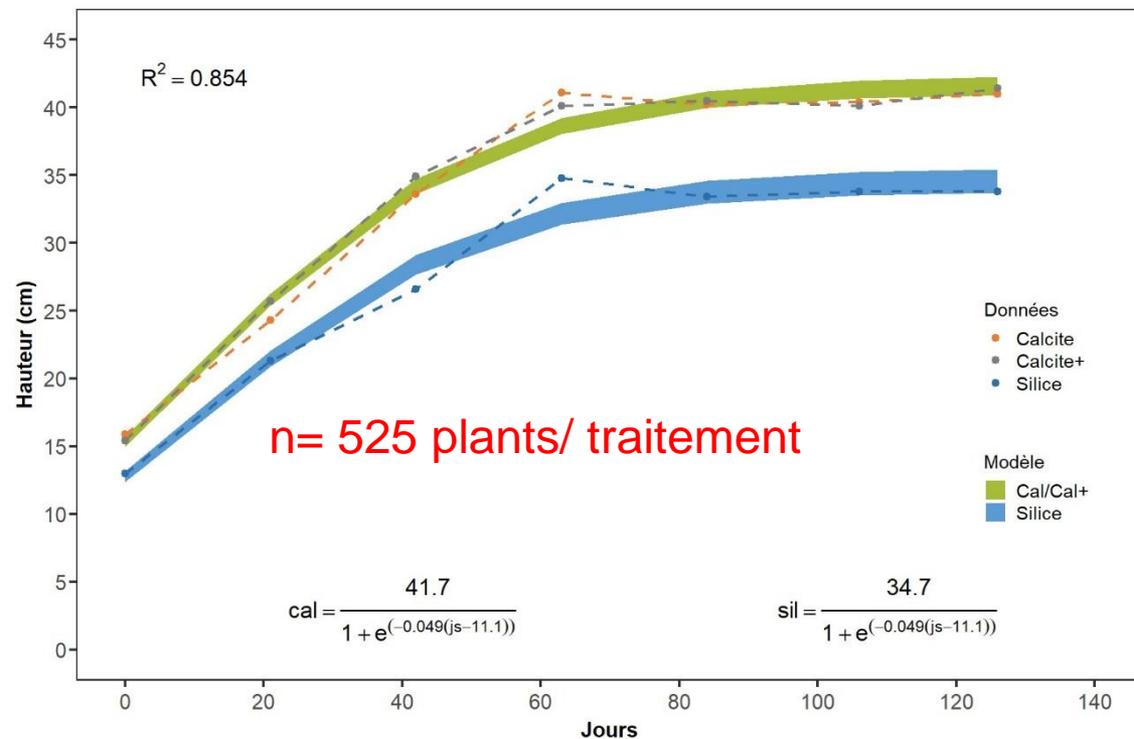
Silice: 525 plants

La largeur de la bande correspond à l'intervalle de confiance à 95 %.

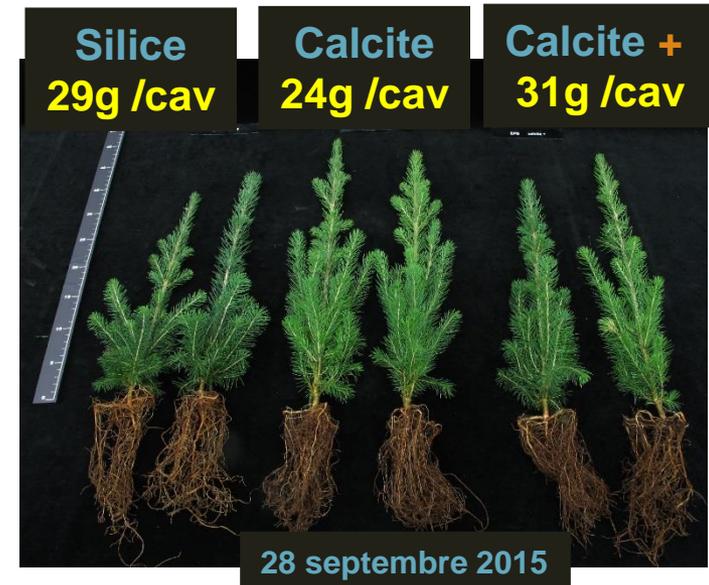
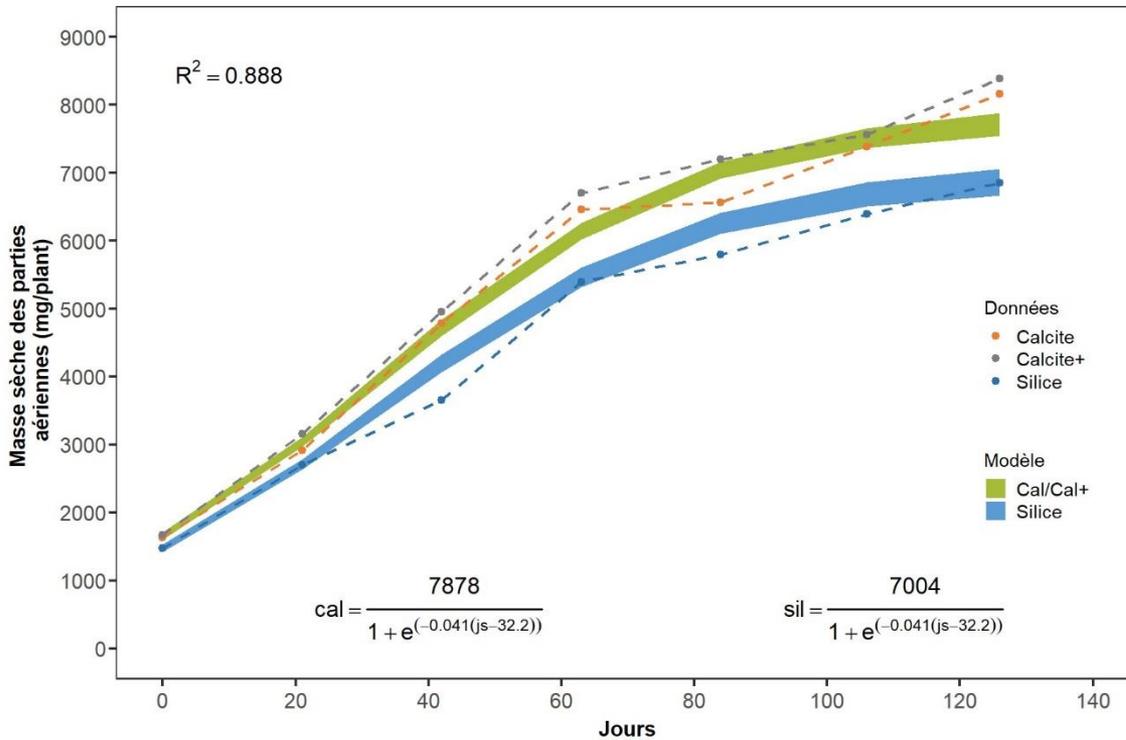


Lamhamedi, M. S., M. Renaud, I. Auger. 2019. Stimulation par la calcite granulaire de la colonisation ectomycorhizienne des racines et de la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) dans les substrats tourbeux en pépinière forestière (sous presse)

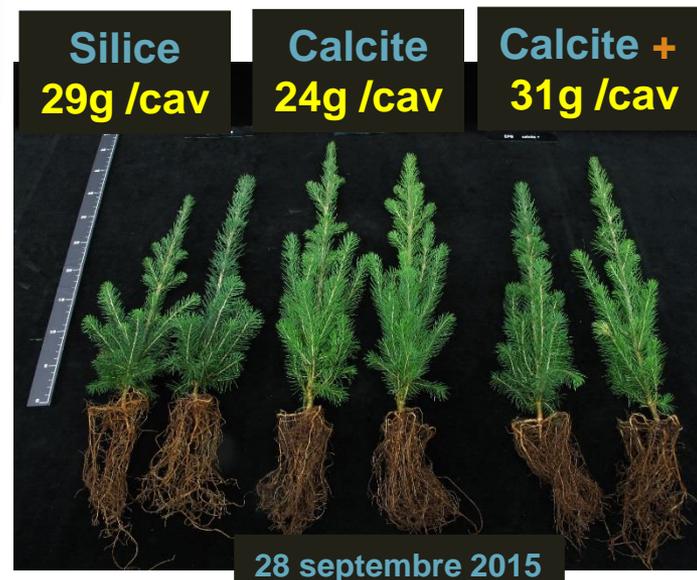
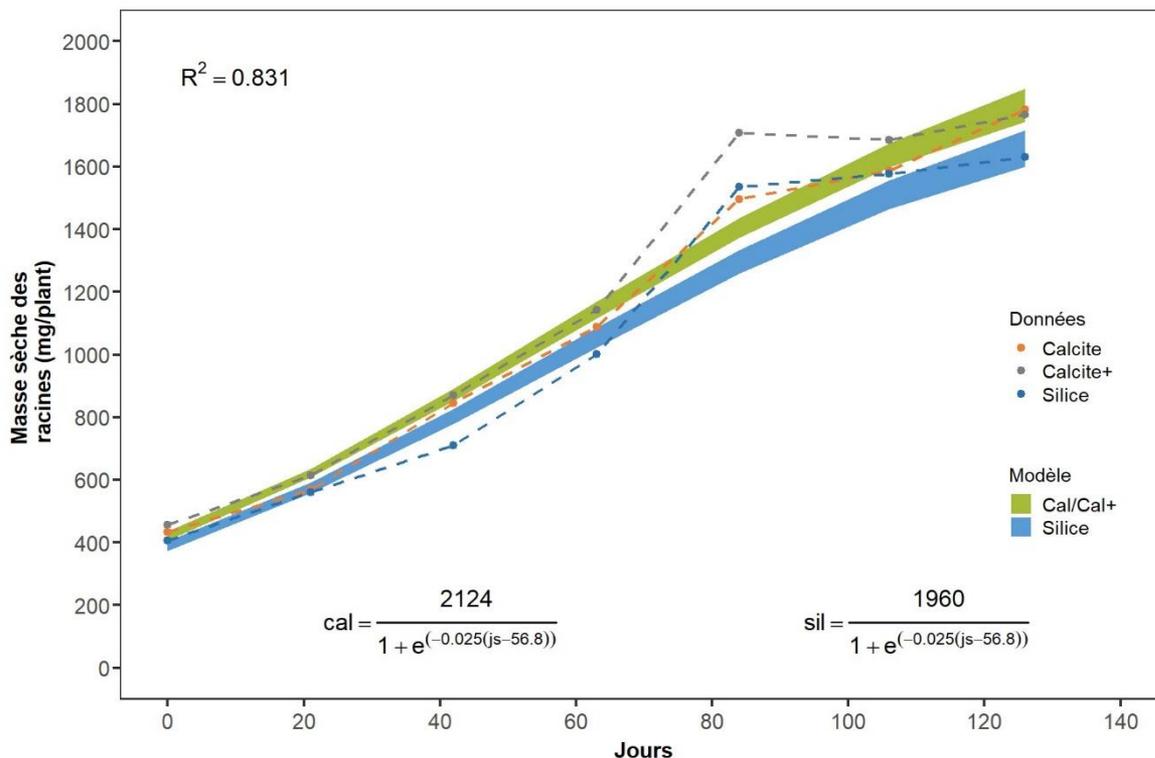
Modèles logistiques: Hauteur



Modèles logistiques: Parties aériennes

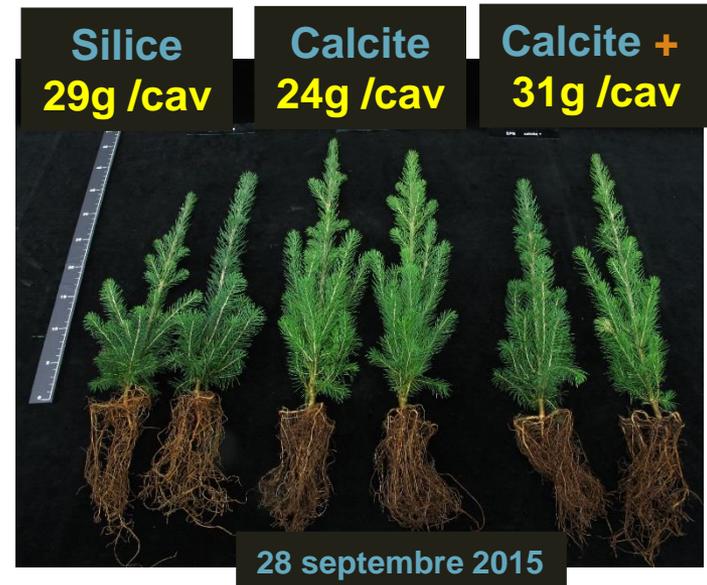
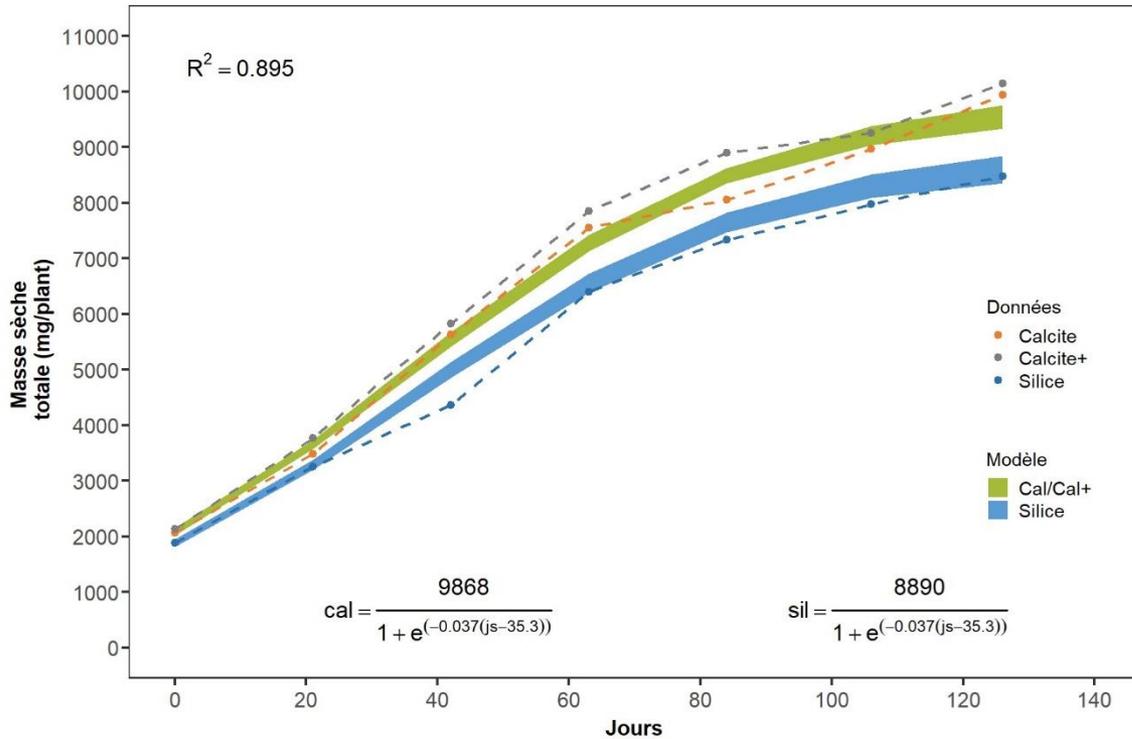


Modèles logistiques: Racines



Lamhamedi, M. S., M. Renaud, I. Auger. 2019. Stimulation par la calcite granulaire de la colonisation ectomycorhizienne des racines et de la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) dans les substrats tourbeux en pépinière forestière (sous presse)

Modèles logistiques: Masse totale



Principaux mécanismes par lesquels la calcite et les ectomycorhizes améliorent la physico-chimie du substrat, la croissance et la physiologie des plants

Calcite (matériel de recouvrement)

- Libération du calcium
- Libération du CO₂
- Libération des ions OH⁻



Physiologie de la partie aérienne

- Photosynthèse
- Nutrition minérale
- Conductance des stomates
- Transpiration
- Croissance
- Modifications hormonales
- Tolérance aux stress environnementaux

Substrat / Génotype du champignon ectomycorhizien

- Germination des spores en présence des racines
- Extension des hyphes et de la phase extramatricielle
- Production de phytohormones (auxine, ABA, etc.)
- Amélioration du pH du substrat

Physiologie des racines ectomycorhizées

- Surface d'absorption (eau et minéraux)
- Conductivité hydraulique des racines
- Perméabilité racinaire
- Croissance racinaire
- Contact substrat-racines
- Cohésion de la carotte (racines)
- Tolérance aux stress environnementaux

© Lamhamedi et al. 2019

Conclusion et recommandations opérationnelles

- La calcite (CO_2 , Ca et OH^-) a stimulé de façon significative la colonisation précoce des racines par *L. bicolor*, ainsi que la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) en pépinière forestière;
- La présence des champignons ectomycorhziens, stimulée par le CO_2 et le Ca libérés par la calcite, améliore la croissance et la cohésion des carottes des racines. Ceci diminuera le rejet de plants à cause de l'insuffisance racinaire (taux d'insuffisance racinaire 2007-2016: 4,3 à 10,3%);
- La mycorhization et la calcite contribueront à conférer aux plants une tolérance accrue au gel des plants en pépinière;
- L'utilisation des plants mycorhiziés contribuera à améliorer la survie, la croissance et la tolérance aux stress environnementaux en site de reboisement dans un contexte de changements climatiques;
- Lors du développement des modèles de séquestration du carbone; il serait souhaitable de tenir compte de la quantité du carbone séquestrée par les associations mycorhiziennes (mycélium, fructification, etc.).



Remerciements

- Mario Renaud (DRF, MFFP)
- Isabelle Auger (DRF, MFFP)
- Personnel du laboratoire de chimie organique et inorganique (DRF)
- Personnel de la pépinière de Grandes-Piles (Québec)