

Effet de la symbiose mycorhizienne arbusculaire sur la composition minérale du poireau cultivé en présence de carbonate de calcium

1. Introduction

La symbiose mycorhizienne joue un rôle significatif en agriculture, notamment en facilitant la nutrition et l'amélioration de la résistance des plantes envers les stress biotiques et abiotiques



Agro-environnement d'Haïti
Source: Projet AKOSAA, 2014

2. Revue de littérature

Expériences en lien avec Haïti

- ✓ Essais avec de souches de champignons importés (Myke Pro Ps3 et MycoSym) en 2014
- ✓ Essai sur l'isolement de spores de CMA indigène à Haïti en 2016
- ✓ Essai sur l'effet du *Piriformospora indica* sur le poireau en présence de CaCO_3 en 2017



Plant d'arachide avec carence en fer

Source: AKOSAA, 2015

3. Hypothèses et objectifs

Objectif général

Évaluer cinq souches de champignons mycorhiziens arbusculaires pour l'expression d'une efficacité symbiotique en présence de différentes concentrations de carbonate de calcium

Objectifs spécifiques

- ✓ Comparer le niveau de colonisation racinaire et la biomasse sèche des plantes associées à chacune de ces cinq souches et au témoin non mycorhizé
- ✓ Examiner l'effet du carbonate de calcium sur la teneur en certains éléments minéraux (fer, zinc, potassium, phosphore, magnésium et calcium) chez les plants de poireau mycorhizés et non mycorhizés

3. Hypothèses et objectifs

Hypothèse principale

Le carbonate de calcium exerce une influence sur l'efficacité symbiotique des champignons mycorhiziens arbusculaires

Hypothèse secondaire

Au moins une des cinq souches utilisées pour cette recherche aura un comportement significativement différent des autres selon les niveaux de carbonate de calcium

4. Méthodologie

- ✓ **Lieu de réalisation de l'expérience:** serres du pavillon Abitibi-Price de l'Université Laval, 25 degrés Celsius et 70% d'humidité
- ✓ **Substrat:** tourbe et de vermiculite mélangées en proportions égales. Ajout de 4 g de chaux/ litre de tourbe puis du CaCO_3 (0% (p/p), 1% (p/p); 5% (p/p) et 10% (p/p))
- ✓ **Plante hôte:** poireau
- ✓ **Semis:** 3 plants par pot de 1,78 litres

4. Méthodologie

- ✓ **Inoculum:** 5 souches de champignons mycorhiziens arbusculaires de l'espèce *Rhizophagus irregularis*
 - Souche 1: Cuba 8
 - Souche 2 : DAOM 234181
 - Souche 3 : DAOM 241558
 - Souche 4 : DAOM 197198 (AAC)
 - Souche 5 : DAOM 197198 (PT)

- ✓ **Multiplication des souches et isolement des spores**
 - 3 pots par souche sur le poireau pendant 4 mois
 - Isolement des spores par la méthode de centrifugation établie par Brundrett et al. (1996)

4. Méthodologie

✓ Inoculation, fertilisation et arrosage

- Après deux semaines de semis, 3 ml d'inoculum par plant
- 7 ml de solution de Hoagland pauvre en phosphore par plante une fois par semaine
- Deux arrosages par semaine

✓ Variables indépendantes

- 6 niveaux d'inoculation: 5 souches et 1 témoin non inoculé
- 4 niveaux de carbonate de calcium: 0% (p/p), 1% (p/p); 5% (p/p) et 10% (p/p)
- 2 niveaux de récolte: 10 et 13 semaines

✓ Dispositif expérimental

- Expérience factorielle 6*4*2
- Plan en split plot: inoculation en PP et CaCO_3 et récolte en SP
- 3 blocs et 3 répétitions
- 48 traitements et 144 unités expérimentales

4. Méthodologie

✓ Variables mesurées et collecte des données

- Biomasse sèche pesée à l'aide d'une balance
- Composition minérale déterminée par ICP au laboratoire
- Coloration racinaire par la méthode de Phillips & Hayman
- Taux de colonisation au moyen d'une boîte de Pétri quadrillée en 50 divisions et observation à l'aide d'un binoculaire

✓ Analyses statistiques

- Faites à l'aide du logiciel SAS v.9.32 (SAS Institute Inc.) : décomposition factorielle de l'ANOVA
- $P < 0.05$ a été utilisé pour déterminer si les effets étaient significatifs (Tukey's HSD)

5. Résultats et discussion

Taux de colonisation

Tableau 1- Analyse de variance (ANOVA) présentant les effets fixes des trois facteurs et leur interaction sur le taux de colonisation mycorhizienne

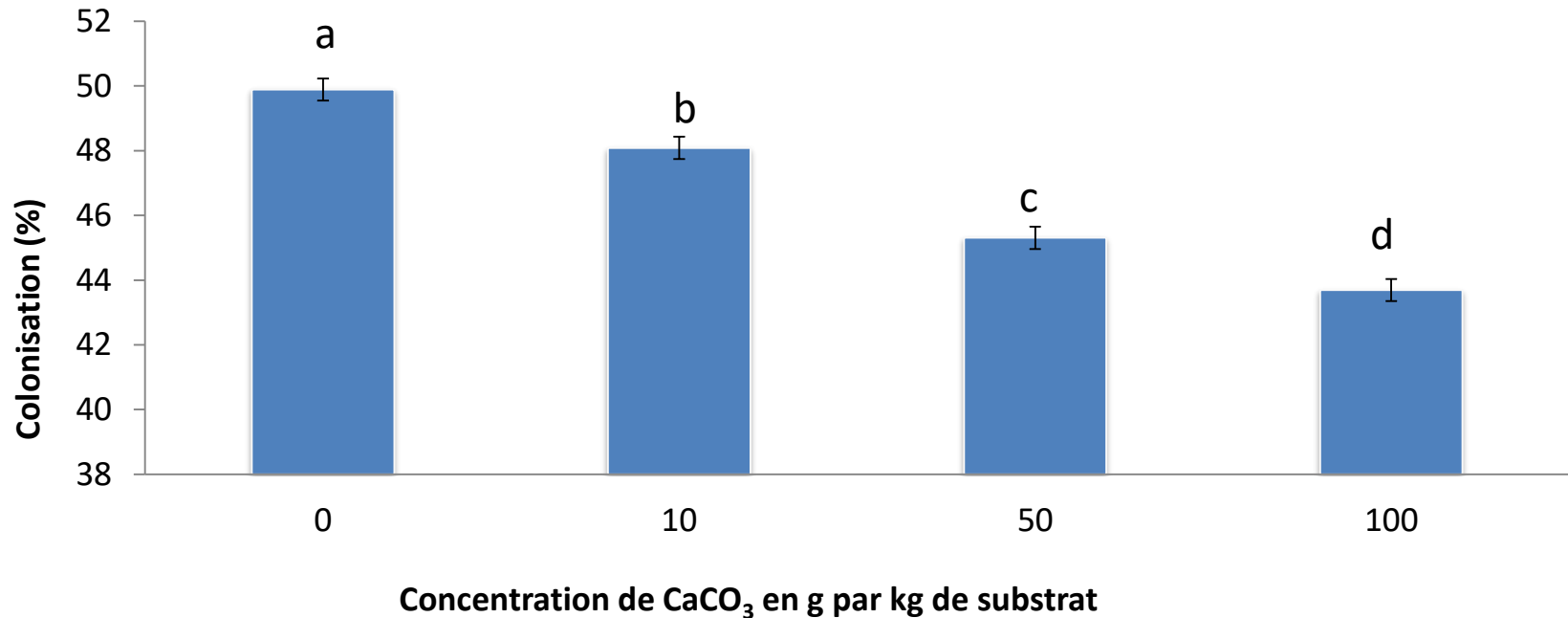
Effet	DDL Num.	DLL den.	Valeur F	Pr > F
Inoculation	5	10	2694.72 **	<.0001
CaCO ₃	3	84	68.94**	<.0001
Inoculation* CaCO ₃	15	84	6.69**	<.0001

- Aucune colonisation des racines non mycorhizées
- Influencé fortement par l'inoculation ($P < 0.001$), par la concentration de carbonate de calcium ($P < 0.001$) et par leur interaction ($P < 0.001$)

5. Résultats et discussion

Taux de colonisation

Figure 1: Taux de colonisation racinaire en fonction de la concentration de carbonate de calcium

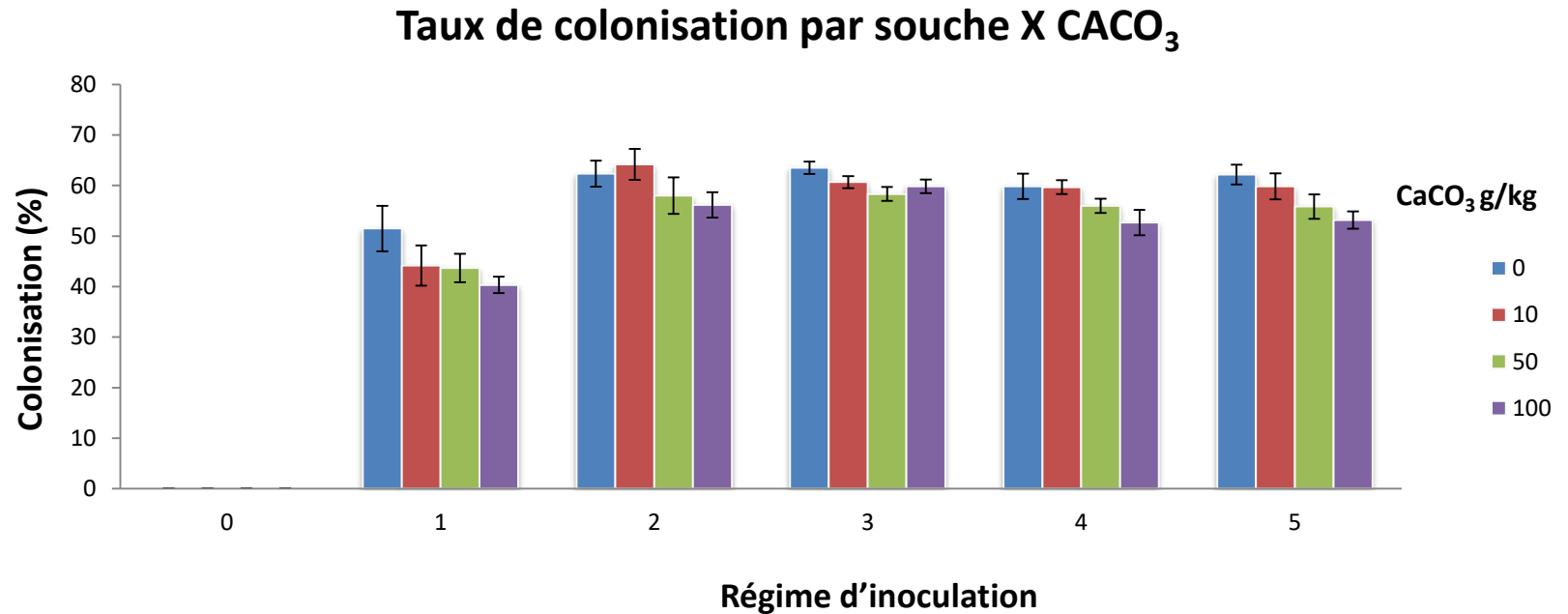


- Varie de 45% à 61% selon les souches de champignon
 - Diminue avec l'augmentation de CaCO₃ dans le substrat
- Kumar et al. (2010)

5. Résultats et discussion

Taux de colonisation

Figure 1: Taux de colonisation racinaire en fonction de la concentration de carbonate de calcium

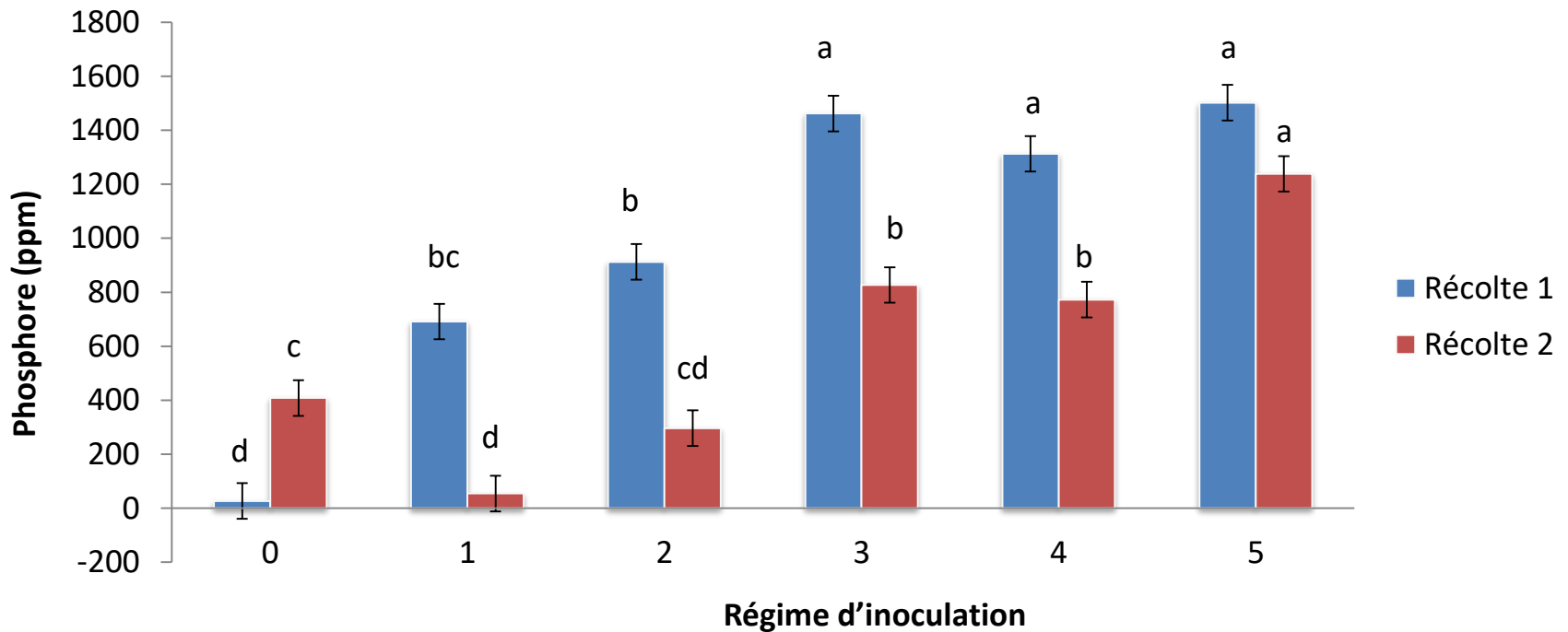


- Varie de 45% à 61% selon les souches de champignon
 - Diminue avec l'augmentation de CaCO_3 dans le substrat
- Kumar et al. (2010)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Phosphore

Figure 2- Teneur des plantes en phosphore en fonction de l'interaction de l'inoculation et du temps de récolte

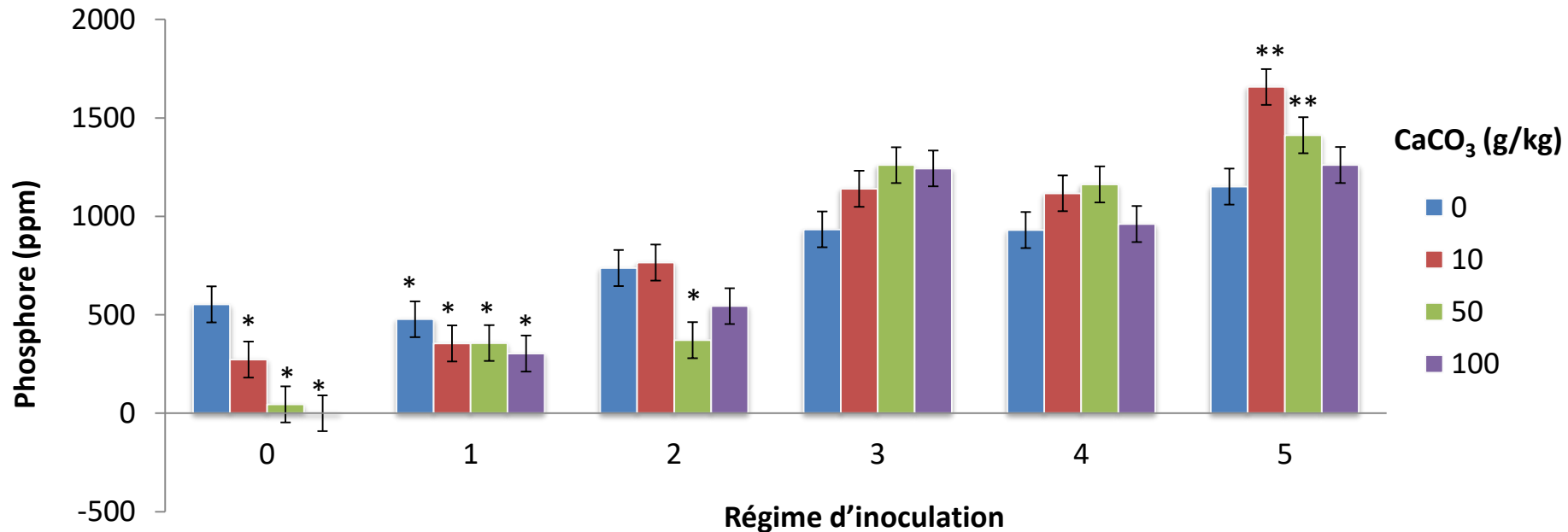


- Plus élevée chez plantes mycorhizées surtout avec les souches 3, 4 et 5
- Diminue avec le temps (sauf chez le témoin)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Phosphore

Figure 3- Teneur des plantes en phosphore en fonction de l'inoculation en interaction avec le niveau de carbonate de calcium



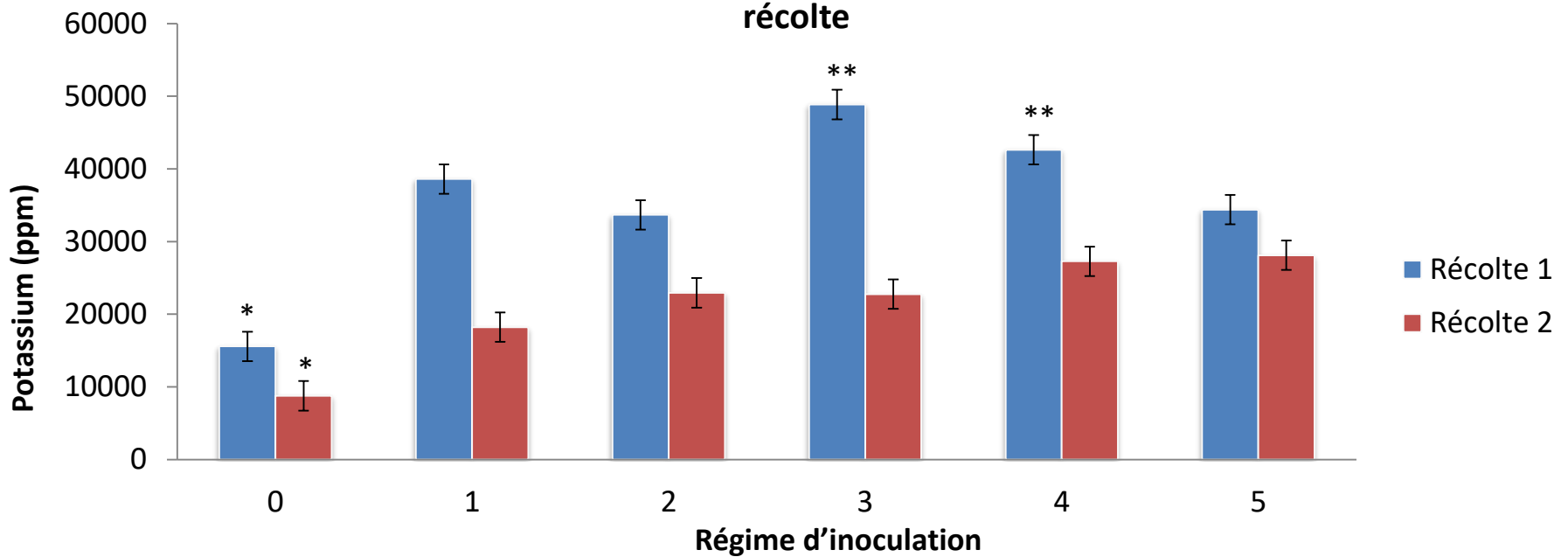
- Diminue avec l'augmentation de CaCO₃ (témoin et les souches 1 et 2)
- Ne varie pas ou augmente avec l'augmentation de CaCO₃ (souches 3, 4 et 5)

Cartmill et al. (2008); Clark & Zeto (1996)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Potassium

Figure 4- Teneur des plantes en potassium en fonction de l'inoculation en interaction avec le temps de récolte



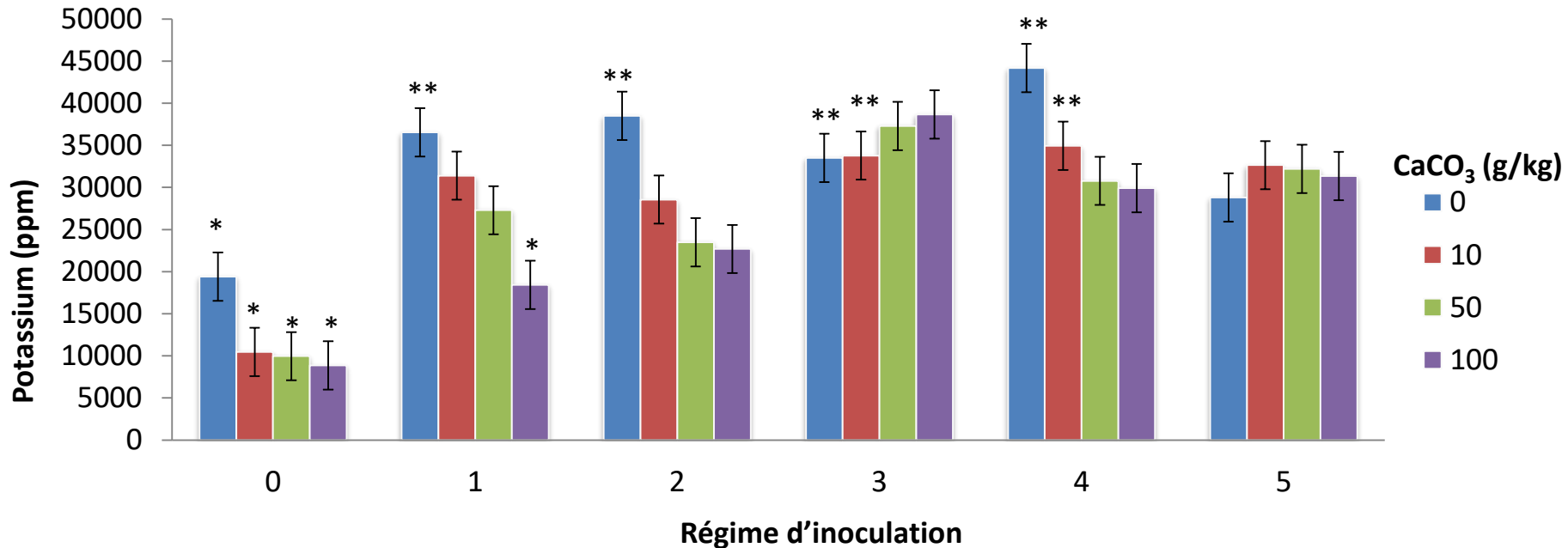
- Plus élevée chez plantes mycorhizées surtout avec les souches 3, 4 et 5
- Diminue avec le temps

Wu et al. (2005)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Potassium

Figure 5- Teneur des plantes en potassium en fonction de l'interaction de l'inoculation et de la concentration de carbonate de calcium

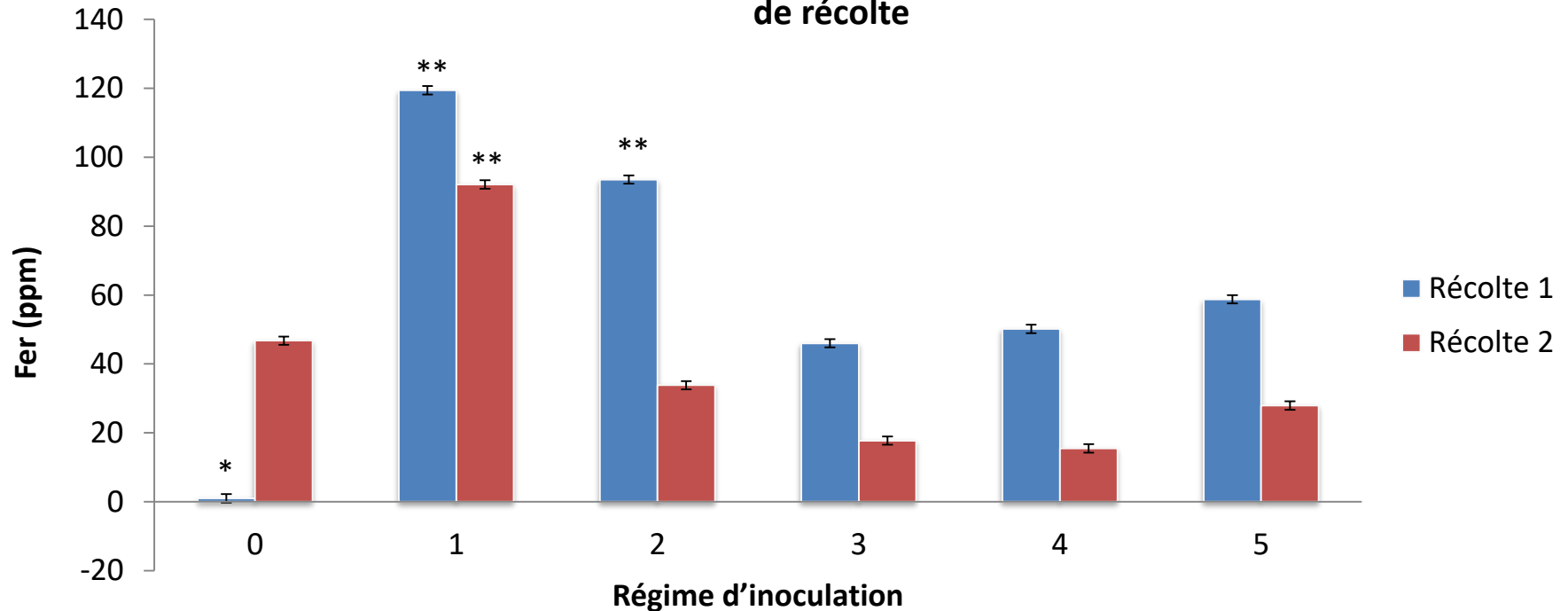


- Diminue avec l'augmentation de CaCO₃ sauf pour les souches 3 et 5
Meena et al. (2016); Azcon & Barea (1992); Bermudez & Azcon (1996)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Fer

Figure 6- Teneur des plantes en fer en fonction de l'interaction de l'inoculation et du temps de récolte



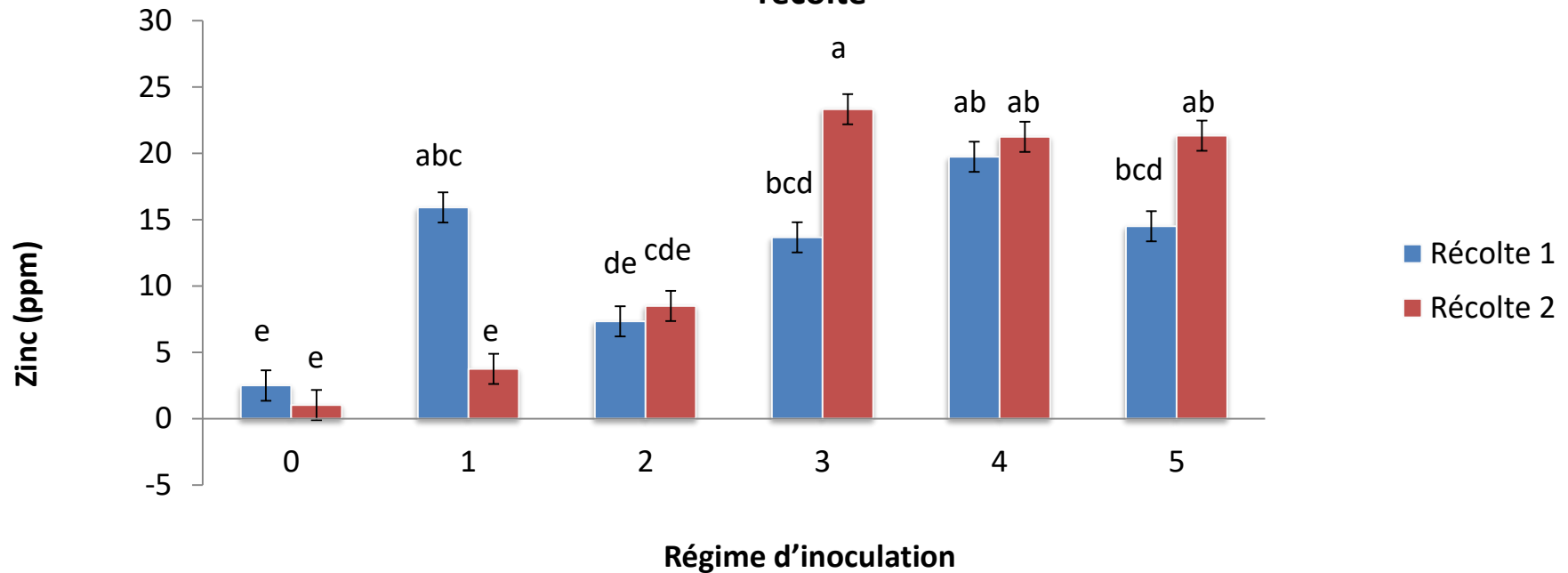
- Plus élevée chez plantes mycorhizées surtout avec les souches 1 et 2
- Diminue avec le temps (sauf chez le témoin)

Wang et al. (2007); Hernandez (2000)

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Zinc

Figure 7- Teneur des plantes en zinc en fonction de l'interaction de l'inoculation et du temps de récolte



- 42 fois plus élevée chez plantes mycorhizées surtout avec les souches 3, 4 et 5 Rivest & Saint-Pierre (2005)
- Diminue avec le temps pour la souche 1 et le témoin
- Augmente avec le temps pour les autres souches

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Calcium et magnésium

Tableau 2- Corrélacion entre le calcium et le magnésium

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 144								
	Ca	K	Fe	P	Zn	Mg	Biomasse	Colonisation
Ca	1.00000	-0.09447	0.29965	-0.21655	-0.18275	0.86429	-0.59258	-0.14347
		0.2600	0.0003	0.0091	0.0284	<.0001	<.0001	0.0862

- Similarité de variation de la teneur en Ca et en Mg
- Corrélacion entre Ca et Mg (73%)
- N'augmente pas avec l'inoculation sauf pour la souche 1
- Plus faible teneur avec les souches 3, 4 et 5

5. Résultats et discussion

Teneur en minéraux- Calcium et magnésium

Figure 8- Teneur des plantes en calcium en fonction de la concentration de CaCO_3

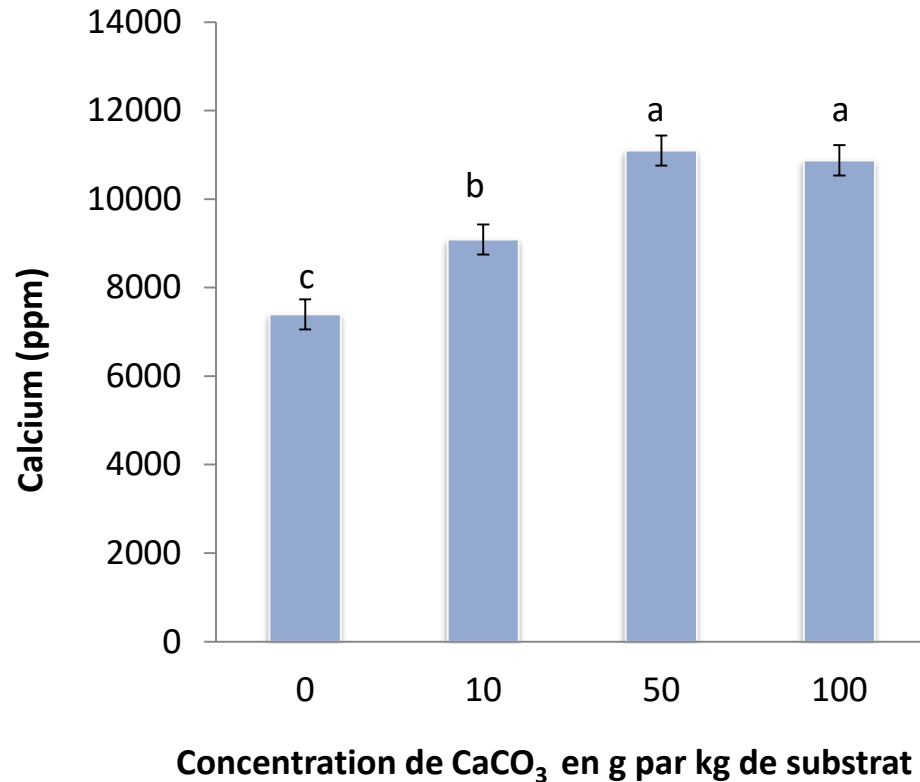
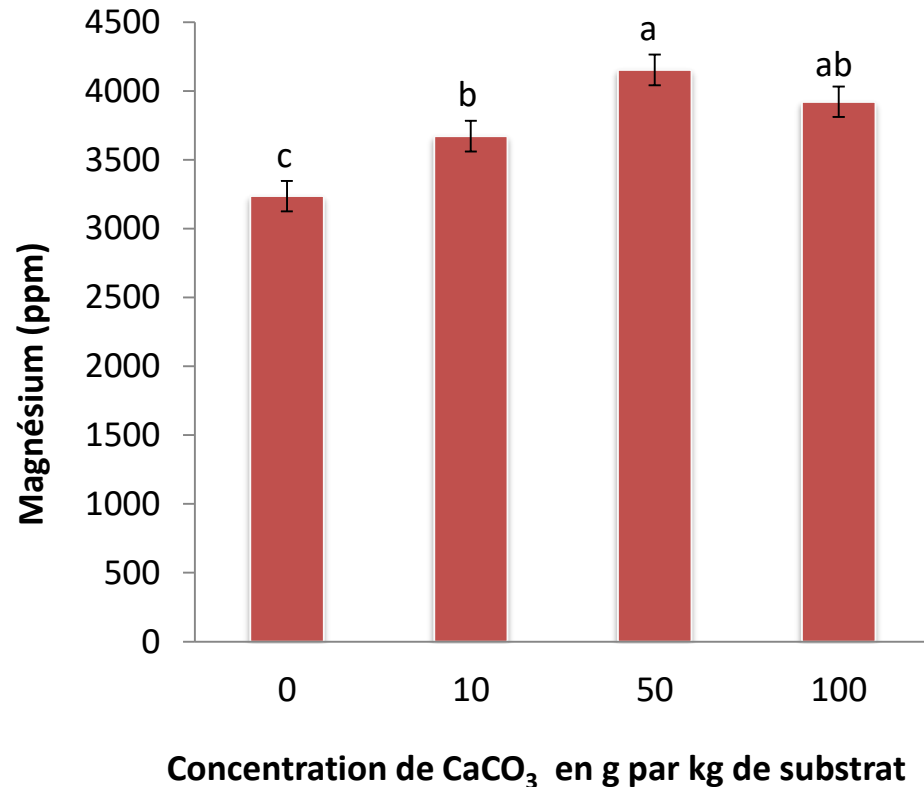


Figure 9- Teneur des plantes en magnésium en fonction de la concentration de CaCO_3



- Augmente avec l'augmentation de la concentration de CaCO_3 dans le substrat

5. Résultats et discussion

Biomasse



Figure 10- Plantules à 10 semaines non inoculées (témoin) et cultivées dans 4 niveaux de carbonate de calcium (de gauche à droite : 0% (p/p), 1% (p/p), 5% (p/p) et 10% (p/p)) de CaCO_3

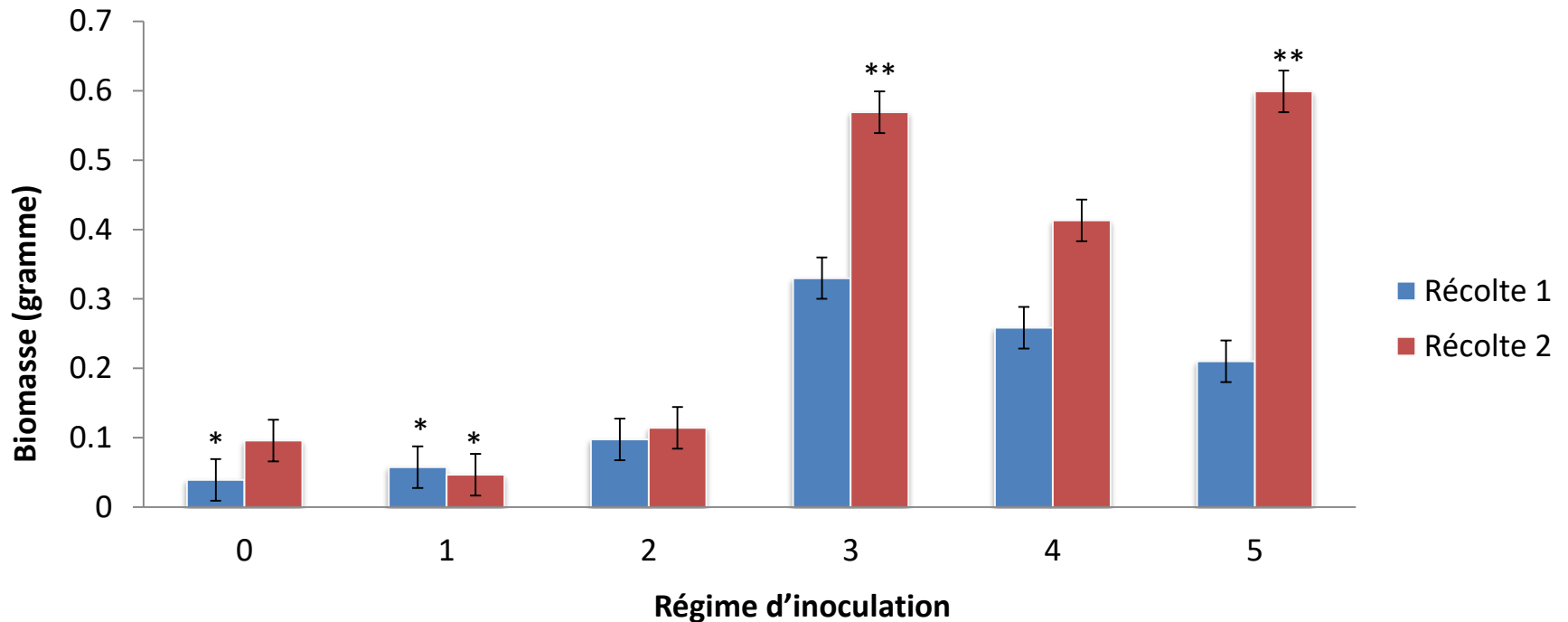


Figure 11- Plantules à 10 semaines inoculées avec la souche DAOM 197198(PT) de Pont-Rouge et cultivées dans 4 niveaux de carbonate de calcium (de gauche à droite : 0% (p/p), 1% (p/p), 5% (p/p) et 10% (p/p)) de CaCO_3

5. Résultats et discussion

Biomasse

Figure 12- Biomasse des plantes en fonction de l'inoculation en interaction avec la récolte



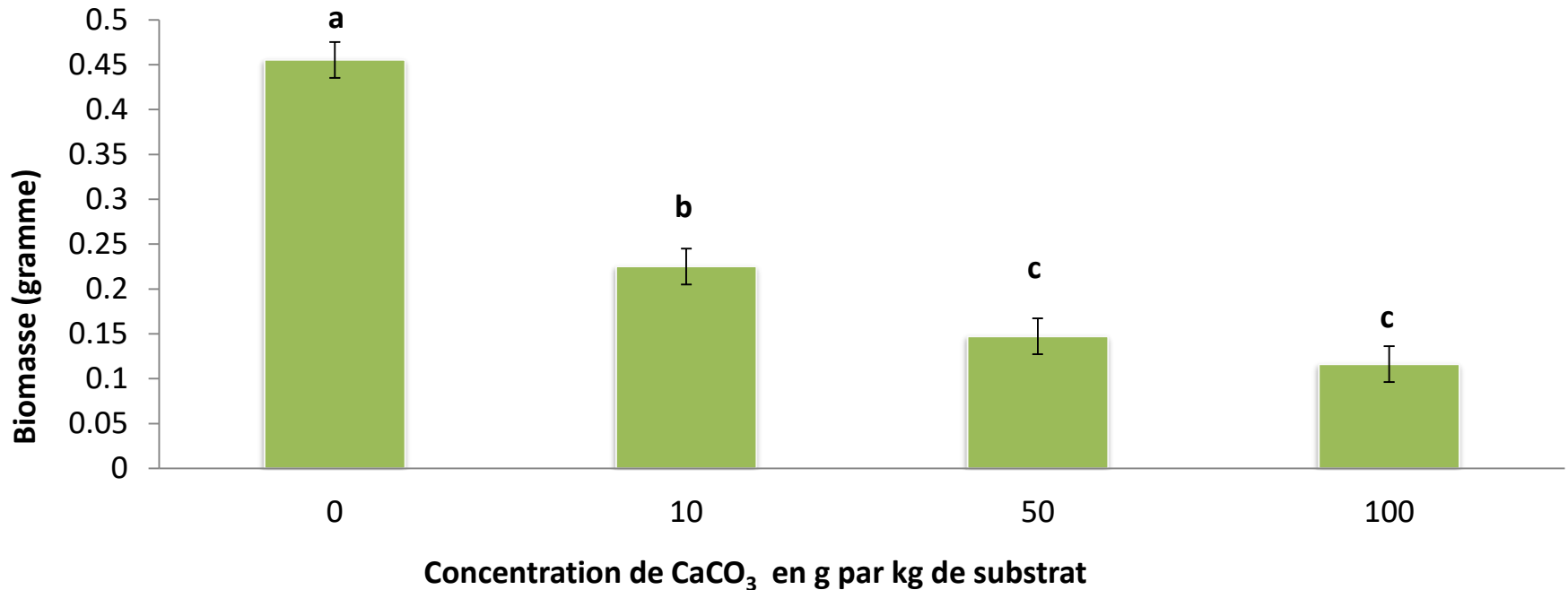
- Plus élevée avec l'inoculation notamment avec les souches 3, 4 et 5
- Augmente avec le temps (sauf chez les plantes inoculées avec la souche 1)

Wu & Xia (2006)

5. Résultats et discussion

Biomasse

Figure 13- Biomasse sèche du poireau en fonction de la concentration de carbonate de calcium



- Diminue avec l'augmentation de la concentration de CaCO_3
Valdez-Aguilar & Reed (2007)

5. Résultats et discussion

Biomasse

Tableau 3- Tableau de corrélation des variables

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 144								
	Ca	K	Fe	P	Zn	Mg	Biomasse	Colonisation
Biomasse	-0.59258 <.0001	0.14553 0.0818	-0.25013 0.0025	0.29247 0.0004	0.32756 <.0001	-0.53684 <.0001	1.00000	0.38991 <.0001

- Corrélation positive de la biomasse avec le P (8%), le Zn (10%) et le pourcentage de colonisation (14%)
- Corrélation négative de la biomasse avec le Ca (34%), le Fe (6%) et le Mg (28%)

5. Résultats et discussion

Biomasse

Tableau 4- Rapport de la biomasse des plantes inoculées par rapport au témoin non inoculé

Souche	Nom	Concentration de CaCO ₃			
		0% (p/p)	1% (p/p)	5% (p/p)	10% (p/p)
1	Cuba 8	0,75	0,61	0,80	1,2
2	DAOM 234181	1,37	1,53	1,46	3,66
3	DAOM 241558	4,81	8,15	9,61	16
4	DAOM 197198(AAC)	4,06	4,73	9,92	8
5	DAOM 197198)PT)	4,93	4,46	10,8	16,53

- Rapports sont supérieurs à 1 à l'exception de ceux des plantes inoculées avec la souche 1
- Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle le carbonate de calcium exerce une influence sur l'efficacité symbiotique des champignons mycorhiziens arbusculaires
- L'efficacité symbiotique du champignon mycorhizien arbusculaire s'est exprimée à travers son effet bénéfique sur la croissance et la biomasse

5. Résultats et discussion

Biomasse

Hypothèse secondaire

Au moins une des cinq souches utilisées pour cette recherche a eu un comportement significativement différent des autres selon les niveaux de carbonate de calcium

puisque...

- ✓ Les plantes inoculées avec les souches 3 (DAOM 241558), 4 (DAOM 197198(AAC)) et 5 (DAOM 197198(PT)) ont eu une meilleure adaptation dans les sols alcalins et ont contribué à générer une teneur élevée en potassium, en phosphore et en zinc
- ✓ En revanche, les souches 1 (Cuba 8) et 2 (DAOM 234181) ont facilité chez les plantules l'absorption de plus de calcium, de fer et de magnésium, trois éléments minéraux qui sont en corrélation négative avec la biomasse
- ✓ Différence entre les souches 4 (DAOM 197198(AAC)) et 5 (DAOM197198(PT))

6. Conclusion

Évaluer le potentiel de cinq souches du champignon mycorhizien arbusculaire de l'espèce *Rhizophagus irregularis*, pour ce qui concerne le niveau de colonisation racinaire, la stimulation de la croissance végétale et l'amélioration de la nutrition minérale en condition de stress lié à une concentration élevée de carbonate de calcium

✓ Retombées positives

- Les résultats ont permis d'identifier des souches efficaces en milieu alcalin
- Les nouvelles données permettront d'explorer le potentiel des champignons mycorhiziens arbusculaires comme agents d'accroissement de la productivité agricole
- Utilisation potentielle des deux souches adaptées au sol alcalin dans l'agriculture haïtienne

Remerciements

- Patrice Dion, professeur et directeur du Projet AKOSAA
- Yves Piché, professeur retraité et associé
- Laurent Fontaine, diplômé à la maîtrise
- Premier Tech (Hugues McNicoll, Nancy Bérubé et Régine Otis)
- Lotfi Khiari, professeur
- Jean Collin, professeur titulaire
- Gilles Ayotte, responsable de travaux pratiques et de recherche
- Pascale Aubin, consultante en analyses statistiques
- Alain Brousseau, professionnel de recherche
- François Larochelle et Marie-Andrée Paré, ressources aux serres
- André Gagné, Marie-Ève Beaulieu et Aïda Azaiez