



L'agroforesterie pour la restauration écologique: Une approche diversifiée et multifonctionnelle

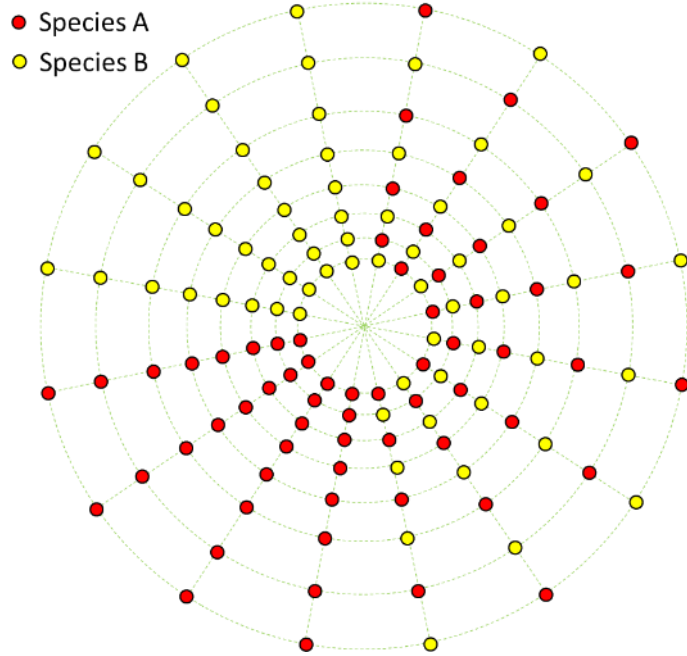
Degi Harja Asmara, Chantal Giroux, Silvio José Gumière , Suzanne
Allaire, Meine van Noordwijk, Damase Khasa

5e Colloque québécois en agroforesterie – 16 Novembre 2018

- Les pratiques durables en matière de restauration écologique devraient s'appliquer dans une vision **tournée vers l'avenir** qui se concentre sur l'amélioration des services écosystémiques et l'augmentation de la résilience.
- Les principes de l'agroforesterie peuvent accélérer la restauration écologique et être bénéfique pour la **sécurité alimentaire**.
- L'exploitation minière engendre une problématique de **contamination** et de **faible productivité du sol**, qui sont des défis majeurs pour la restauration de ces sites dégradés.

Évaluer le potentiel de restauration phytobienne des sites miniers en testant différentes combinaisons d'arbres, de plantes, d'amendements en micro organismes symbiotiques et de biochar

- La plantation a été établie en Abitibi-Témiscamingue, sur une mine d'or.
- Deux types de substrats ont été utilisés: **les résidus miniers fins** et **les stériles**
- Un mélange de 4 **espèces d'arbres** (*Alnus viridis ssp. Crispa*, *Picea glauca*, *Populus tremuloides*, *Salix arbusculoides*) et 3 **espèces de plantes** (*Avena sativa*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens*)
- Évaluer l'amendement en **biochar** et l'inoculum de **micro organismes**



- *P. tremuloides*
- *A. crispa*
- *S. arbusculoides*
- *P. glauca*



P. tremuloides
+ *A. crispa*



P. tremuloides
+ *S. arbusculoides*



P. Tremuloides
+ *P. glauca*



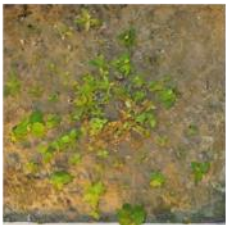
A. Crispa
+ *S. arbusculoides*



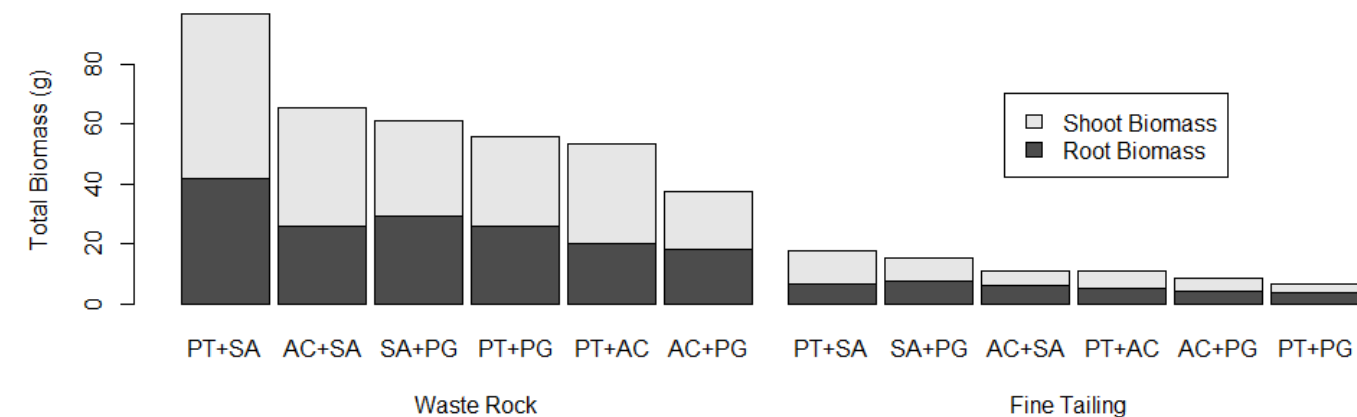
A. Crispa
+ *P. glauca*



S. Arbusculoides
+ *P. glauca*



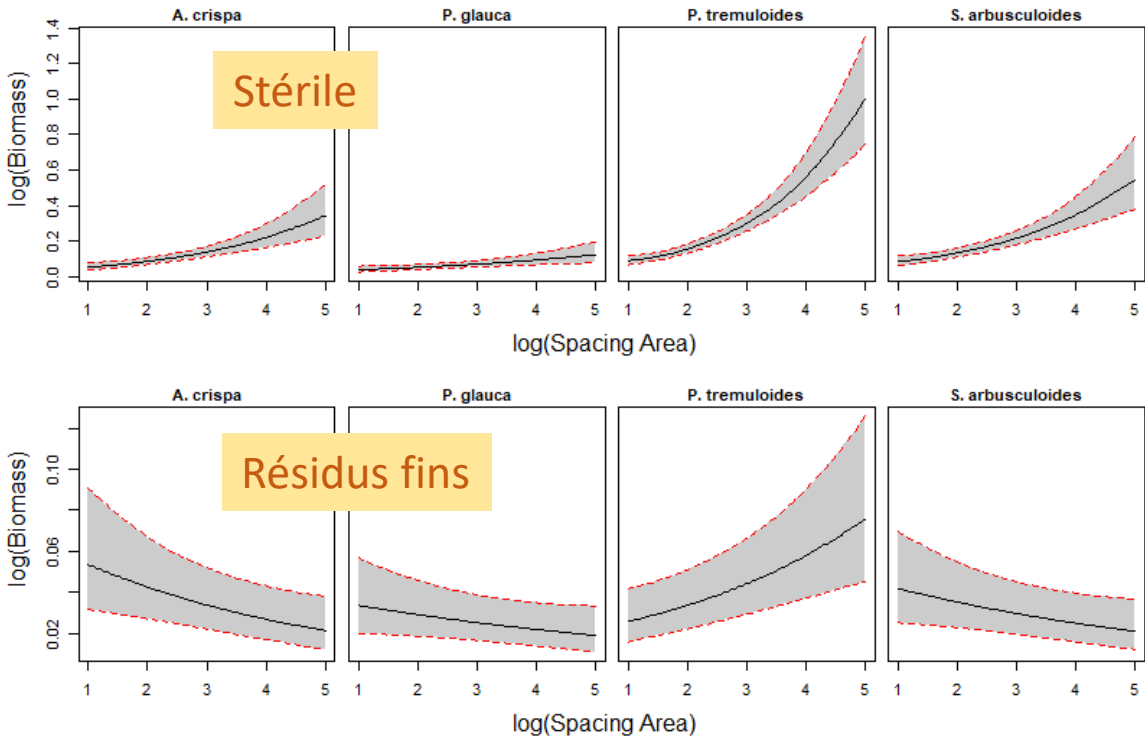
Rendement en biomasse



$$\log(\text{Biomass}) \sim \log(\text{Area}) * \text{Species} + \text{Neighbors} + (1 \mid \text{Containers/Line})$$

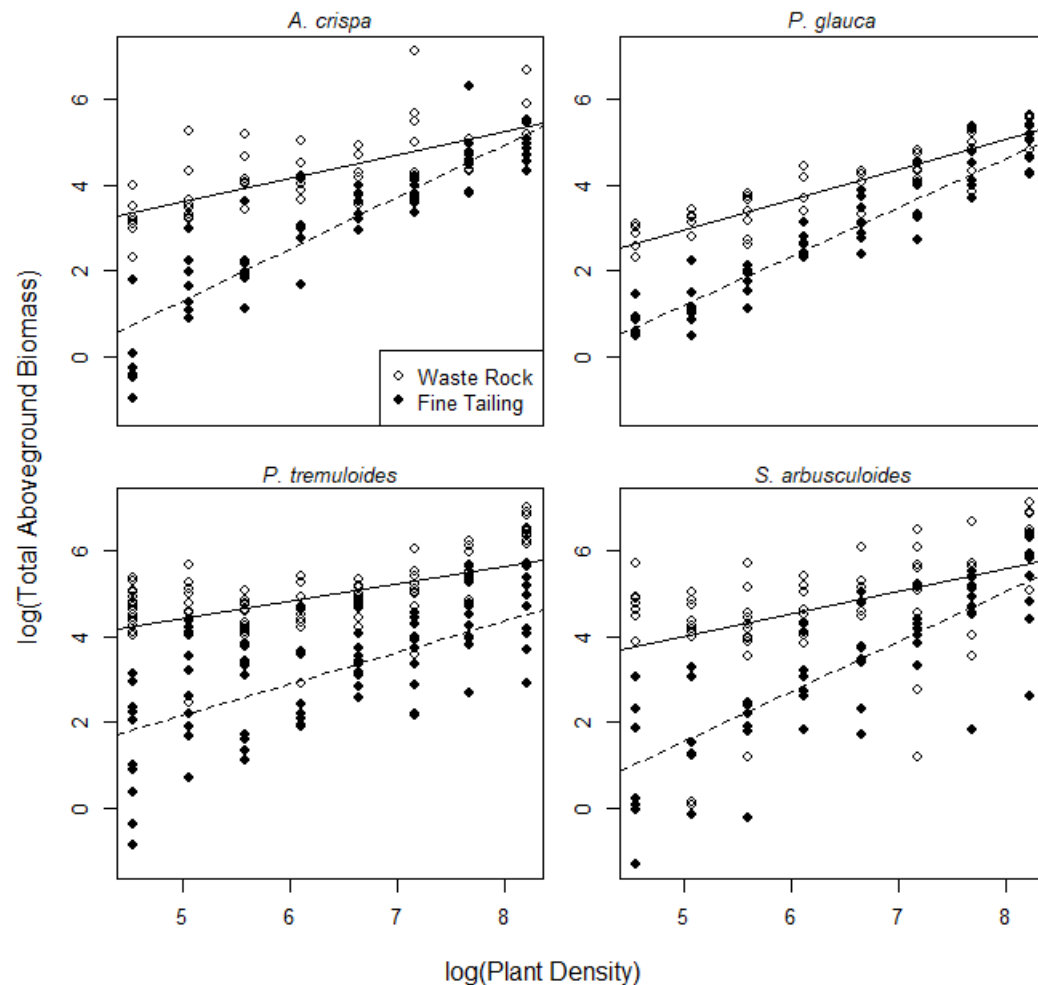
Variable	Stérile		
	Estimate	SE	P-value
(Intercept)	-3.231	0.261	0.000***
log(Area)	0.453	0.081	0.000***
Species [P. glauca]	-0.144	0.370	0.697
Species [P. tremuloides]	0.313	0.315	0.322
Species [S. arbusculoides]	0.412	0.338	0.224
Neighbors [P. glauca]	0.309	0.161	0.056.
Neighbors [P. tremuloides]	-0.306	0.137	0.027*
Neighbors [S. arbusculoides]	-0.166	0.142	0.245
log(Area) : Species [P. glauca]	-0.174	0.120	0.148
log(Area) : Species [P. tremuloides]	0.151	0.101	0.138
log(Area) : Species [S. arbusculoides]	0.010	0.109	0.927

Résidus fins		
Estimate	SE	P-value
-2.619	0.369	0.000***
-0.229	0.088	0.010**
-0.552	0.410	0.179
-1.233	0.385	0.002**
-0.302	0.402	0.454
0.021	0.218	0.923
-0.173	0.217	0.428
-0.128	0.214	0.552
0.086	0.123	0.484
0.499	0.114	0.000***
0.057	0.122	0.643



- La modification du microclimat a pu améliorer la croissance des plantes dans les résidus fins avec une haute densité de plantation.
- Les bénéfices liés au microclimat semblent surpasser l’effet de la compétition dans les résidus fins.

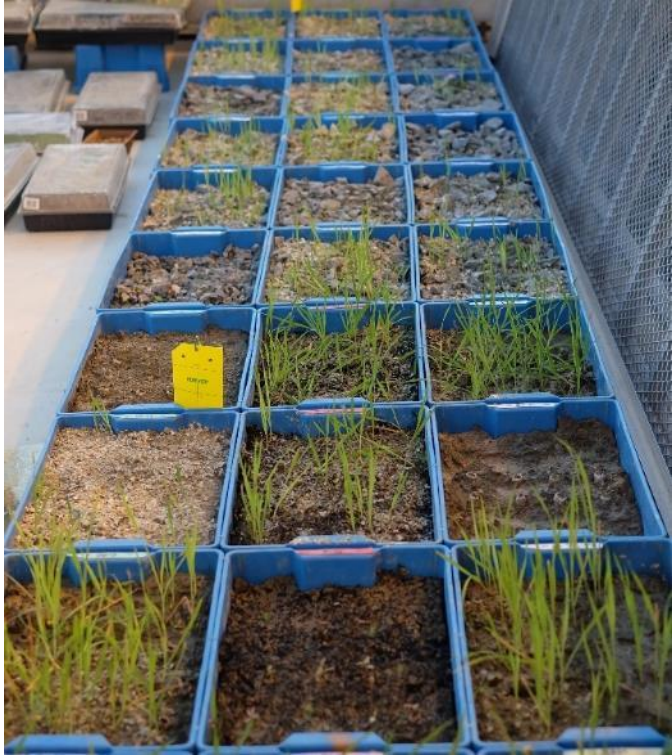
Densité de plantation – Biomasse aérienne



- La biomasse aérienne augmentait proportionnellement à la densité.
- L'effet était plus grand dans les résidus fins.
- Il y a un compromis à faire entre la densité de plantation idéale et les coûts d'opération.

Design expérimental

		Control			Micro-symbiont		
		Crop Only	Tree + Crop	Tree Only	Crop Only	Tree + Crop	Tree Only
Waste Rock	Control	AA11	AA12	AA13	AA21	AA22	AA23
	Biochar	AB11	AB12	AB13	AB21	AB22	AB23
	Hydrogel	AC11	AC12	AC13	AC21	AC22	AC23
Fine Tilling	Control	BA11	BA12	BA13	BA21	BA22	BA23
	Biochar	BB11	BB12	BB13	BB21	BB22	BB23
	Hydrogel	BC11	BC12	BC13	BC21	BC22	BC23



Block I

AA21	AC23	AB11
AA23	AC22	AB12
AA22	AC21	AB13
AA12	AC11	AB22
AA11	AC13	AB23
AA13	AC12	AB21
BC12	BB23	BA23
BC13	BB22	BA22
BC11	BB21	BA21
BC21	BB11	BA12
BC23	BB12	BA11
BC22	BB13	BA13

Block II

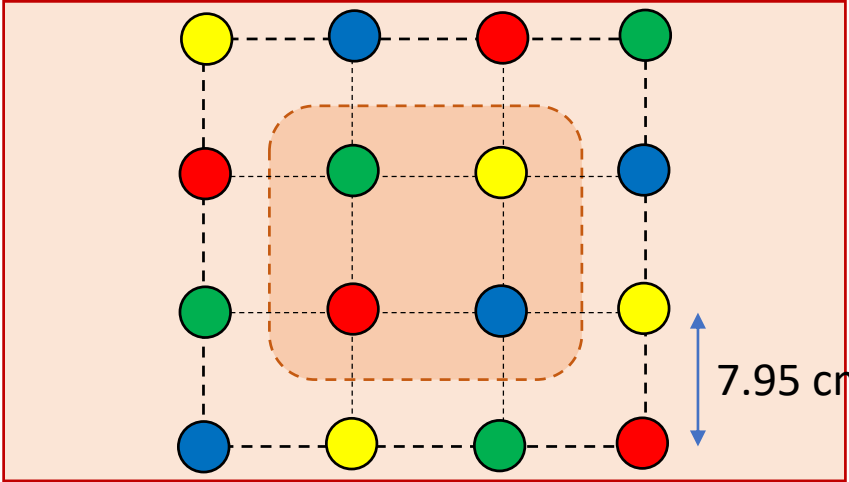
BB22	BC12	BA21
BB21	BC13	BA23
BB23	BC11	BA22
BB11	BC23	BA11
BB12	BC22	BA12
BB13	BC21	BA13
AB12	AA11	AC23
AB11	AA13	AC21
AB13	AA12	AC22
AB22	AA23	AC13
AB23	AA22	AC11
AB21	AA21	AC12

Block III

AA22	AC11	AB22
AA21	AC13	AB23
AA23	AC12	AB21
AA11	AC22	AB13
AA12	AC23	AB11
AA13	AC21	AB12
BC13	BB22	BA12
BC11	BB21	BA13
BC12	BB23	BA11
BC21	BB11	BA22
BC22	BB12	BA21
BC23	BB13	BA23

- P. tremuloides
- A. crispa
- S. arbusculoides
- P. glauca

Container Size:
34 x 54 cm

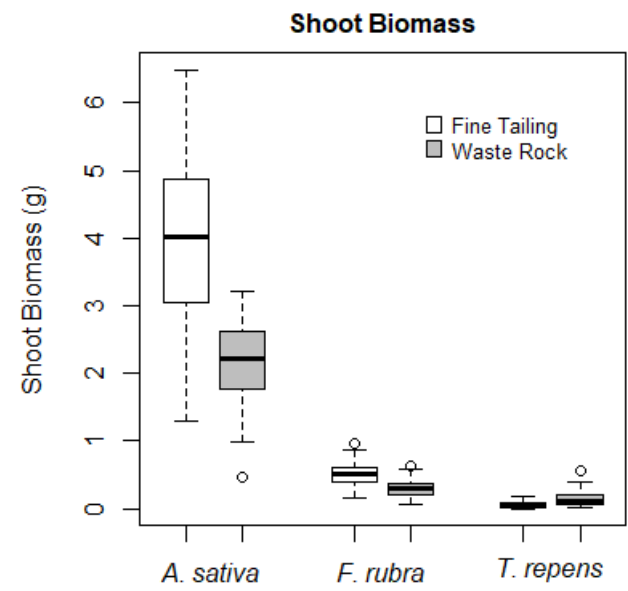
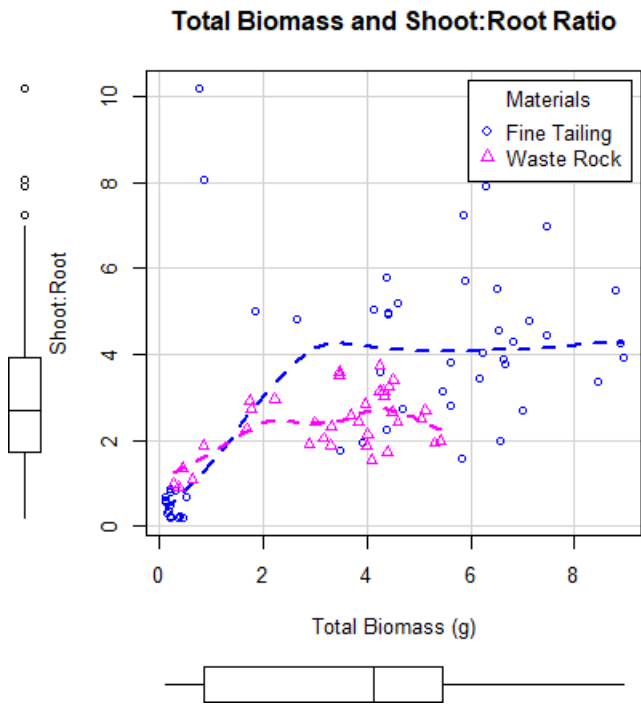


Inoculation des plants

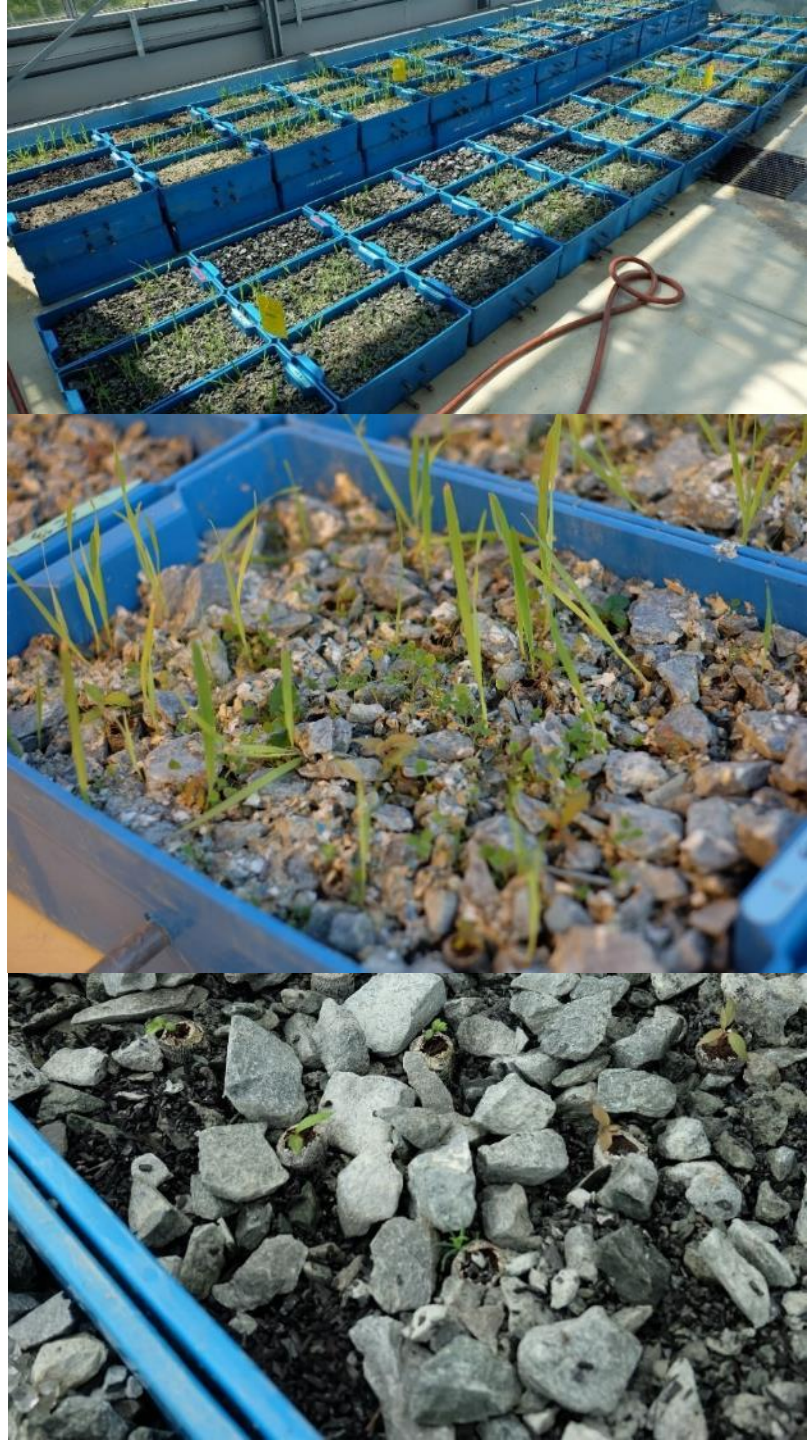
	<i>P. glauca</i>	<i>S. arbusculoides</i>	<i>A. viridis</i>	<i>P. tremuloides</i>
<i>Cadophora finlandia</i>	x	x	x	
<i>Tricholoma scalptiratum</i>	x	x		x
<i>Azobacter chroococcum</i>	x	x		x
<i>Pseudomonas putida</i>	x	x	x	x
<i>Frankia alni</i>			x	
<i>Arbuscular mycorrhiza</i>			x	x



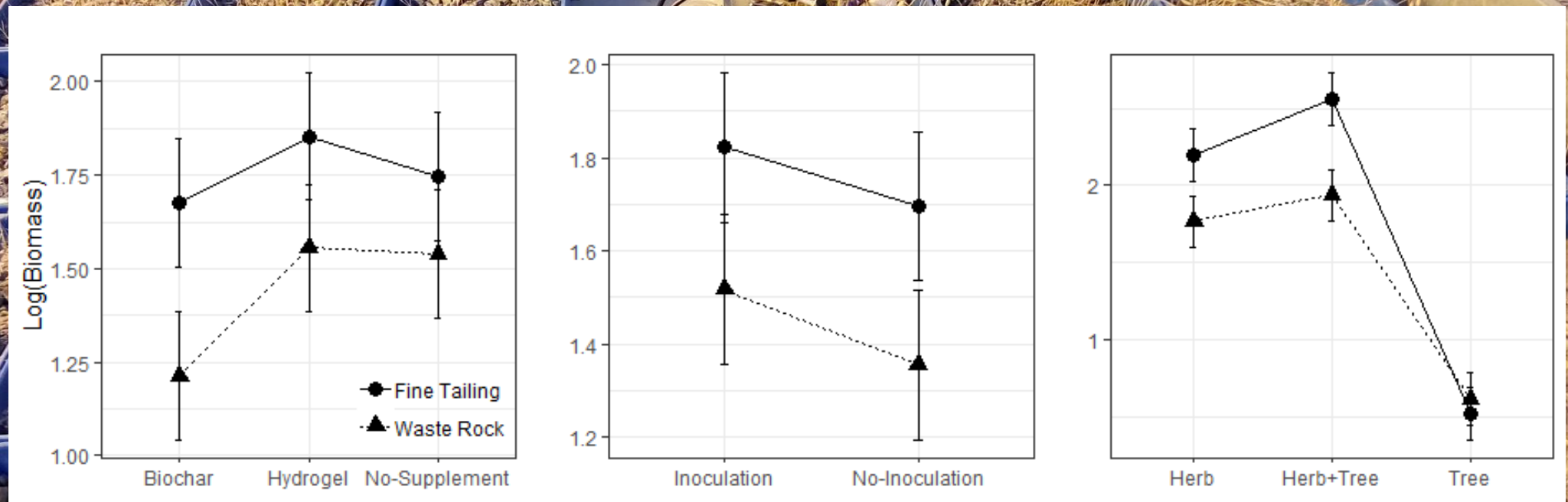
Résultats



- Sans l'ajout de fertilisants, la biomasse des plantes herbacées était plus grande dans les résidus fins que dans les stériles.
- *A. Sativa* avait le plus grand rendement en biomasse.
- Dans les résidus fins, les plantes produisent plus de biomasse racinaire qu'aérienne.



Résultats

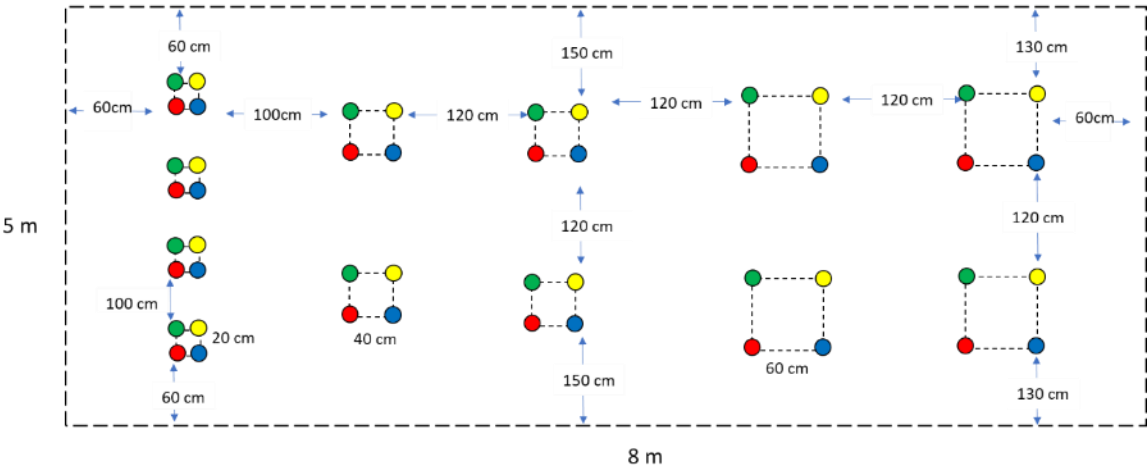


- Le rendement en biomasse est négativement affecté par l'ajout de biochar.
- L'inoculation a un effet positif sur le rendement en biomasse.
- Il n'y a pas d'interaction entre l'inoculation et l'ajout de biochar et d'hydrogel.

Design expérimental



	Témoin			Micro organismes		
	Graminés	Arbre + graminés	Arbre	Graminés	Arbre + graminés	Arbre
Témoin	A11	A12	A13	A21	A22	A23
Biochar	B11	B12	B13	B21	B22	B23



- P. tremuloides
- A. crispa
- S. arbusculoides
- P. glauca

- Sites:
- Résidus fins (2 sites)
 - Stérile (2 Sites)



Bloc 1

B23	B21	B21	A22	A23	A21
B12	B13	B11	A11	A13	A12

Bloc 2

A12	A13	A11	B23	B21	B22
A21	A22	A23	B12	B11	B13

Bloc 3

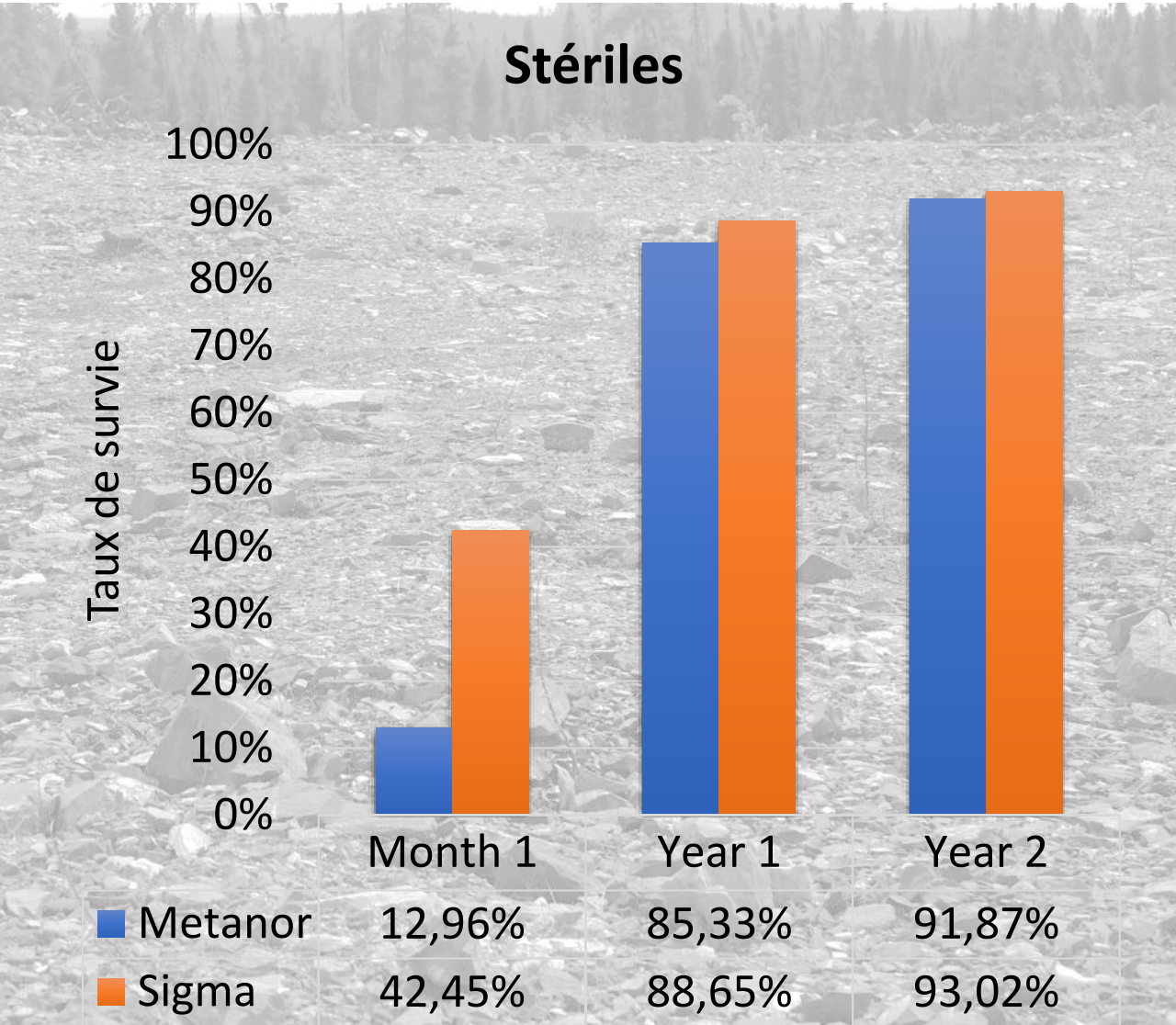
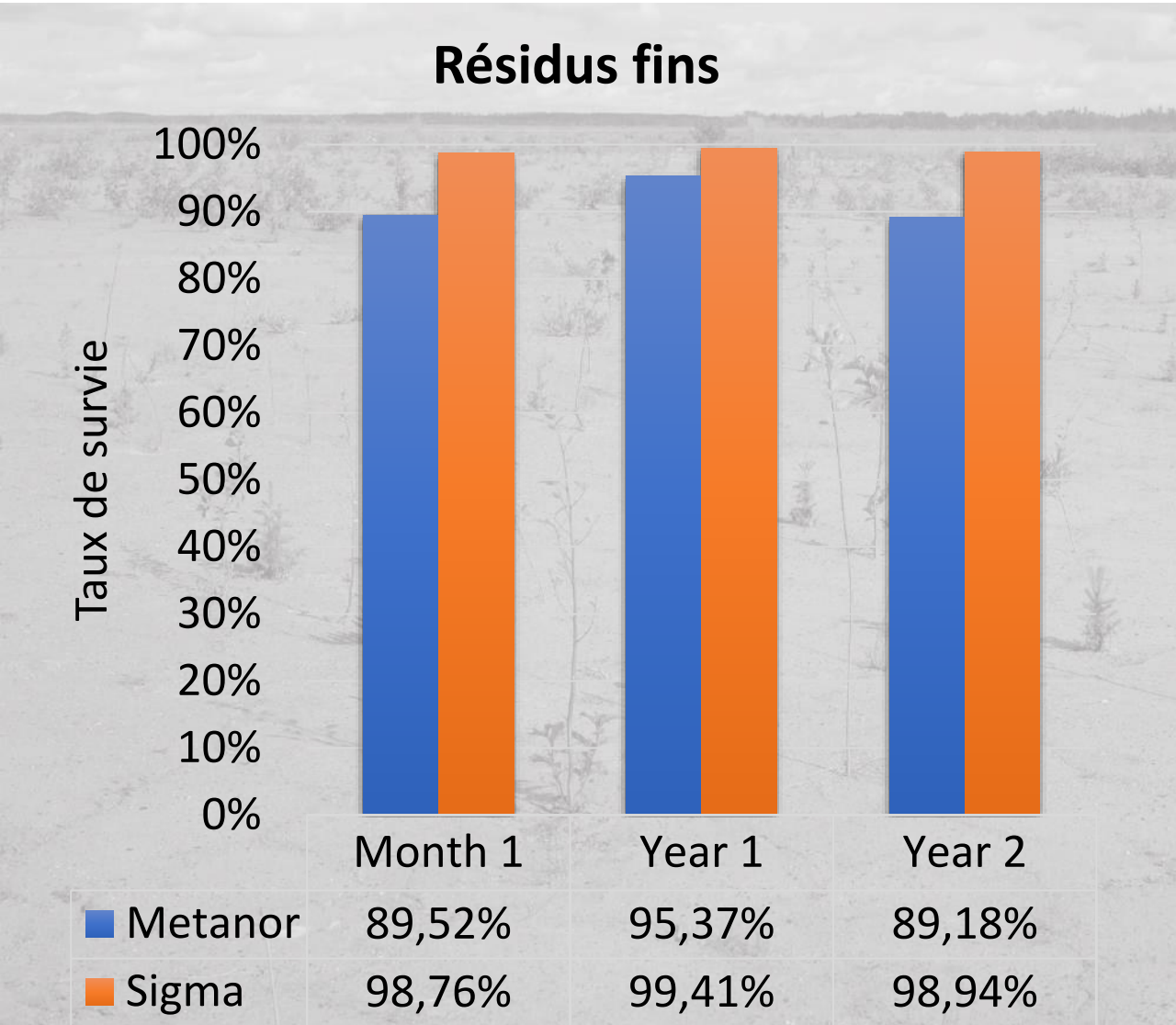
B12	B13	B11	A22	A21	A23
B21	B23	B22	A13	A12	A11

Bloc 4

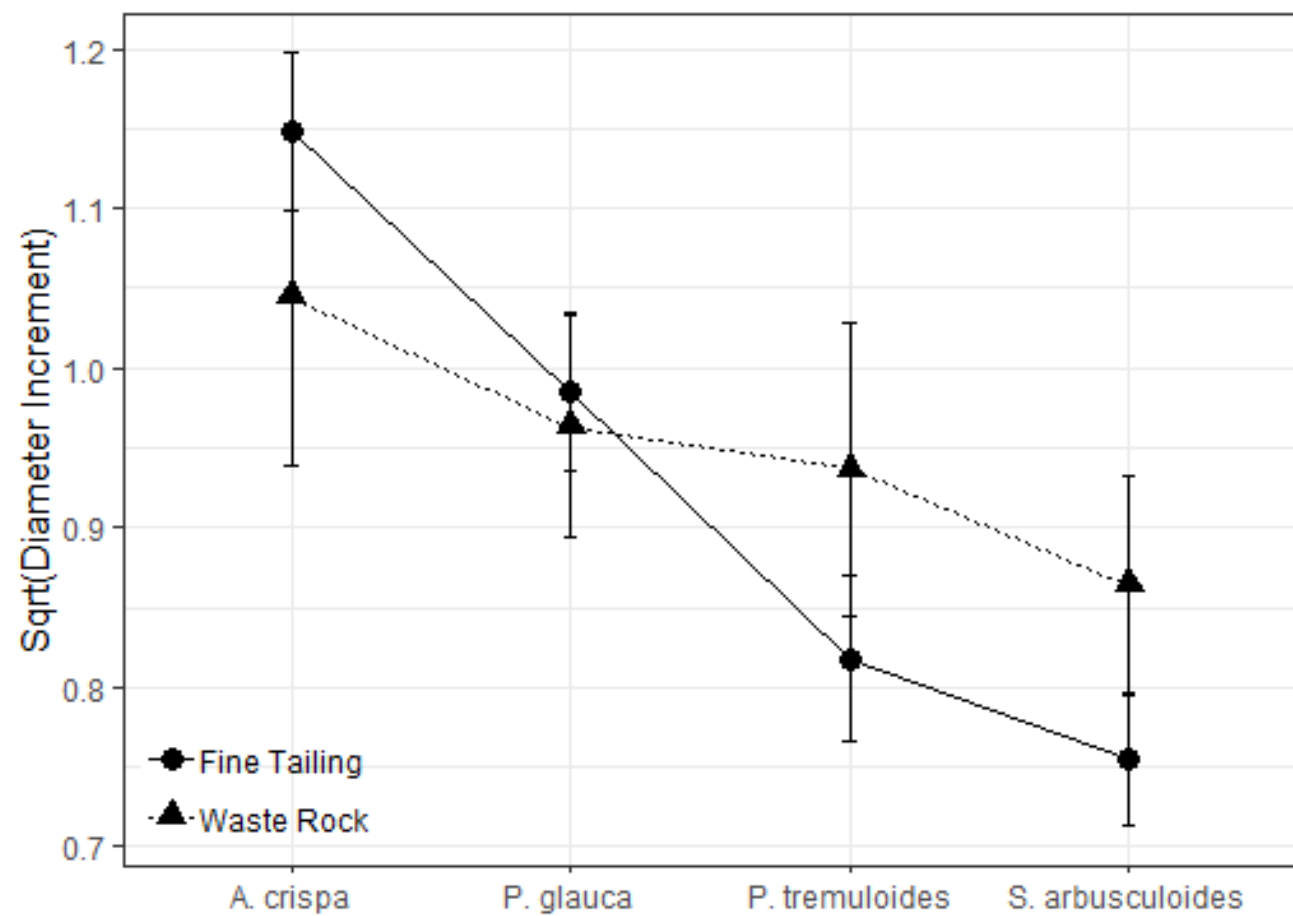
A11	A13	A12	B13	B11	B12
A23	A22	A21	B22	B23	B21

Total = **6144** plants

Survie des plantes

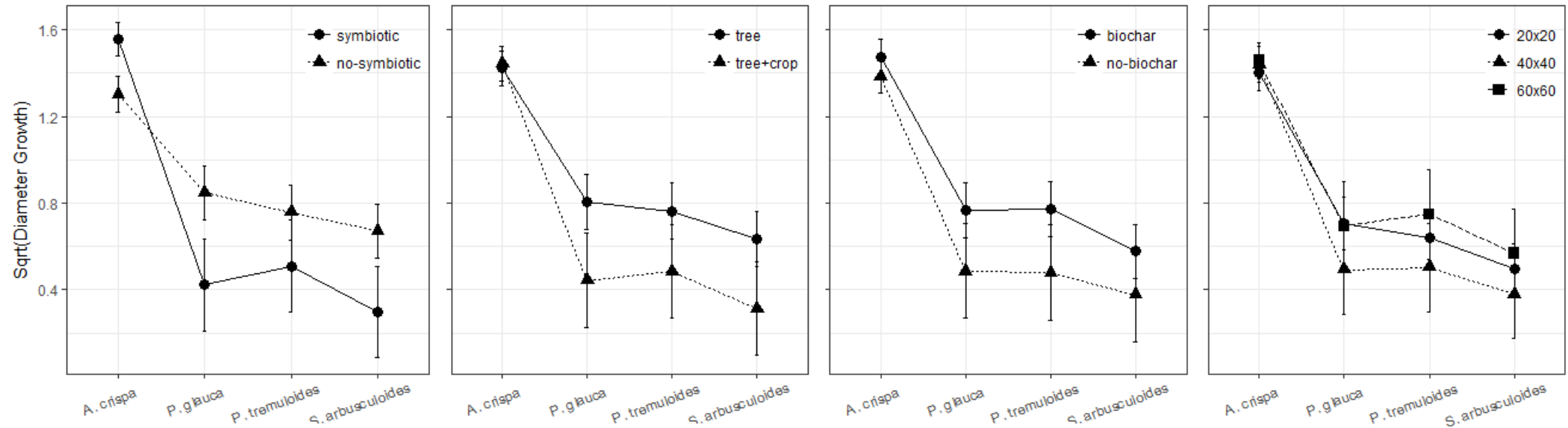


Accroissement du diamètre (après deux saisons de croissance)

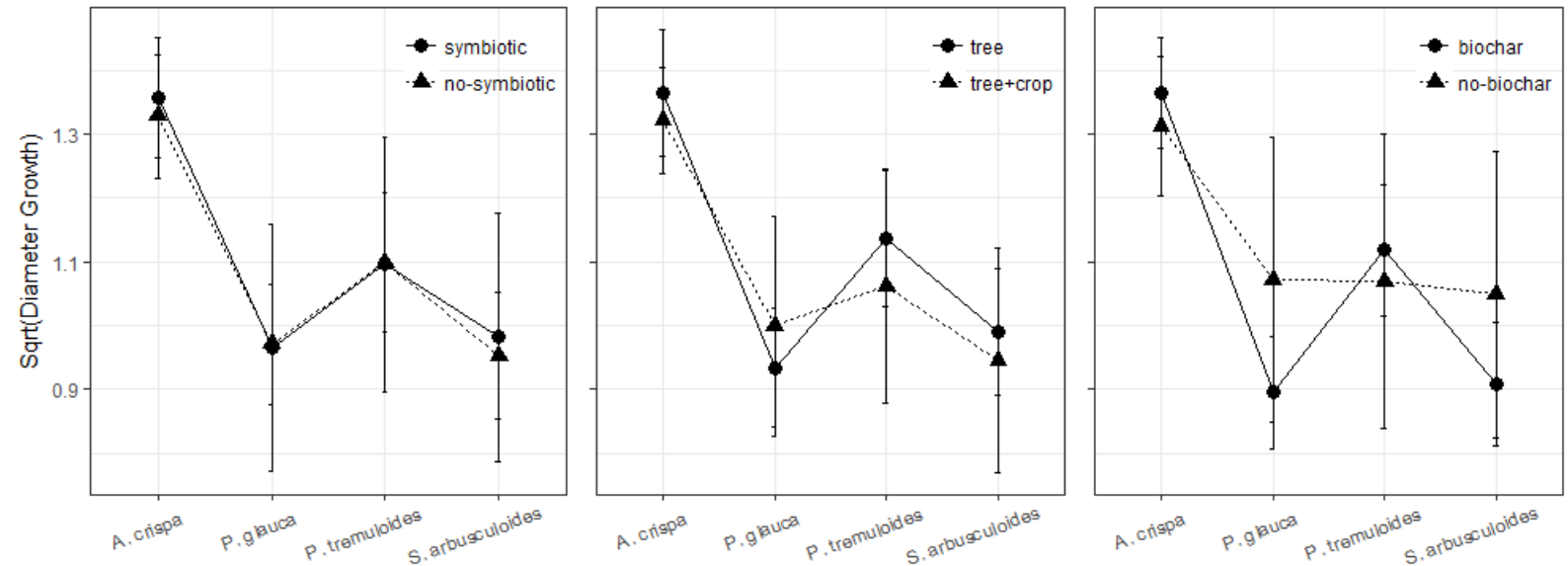


Accroissement du diamètre (après deux saisons de croissance)

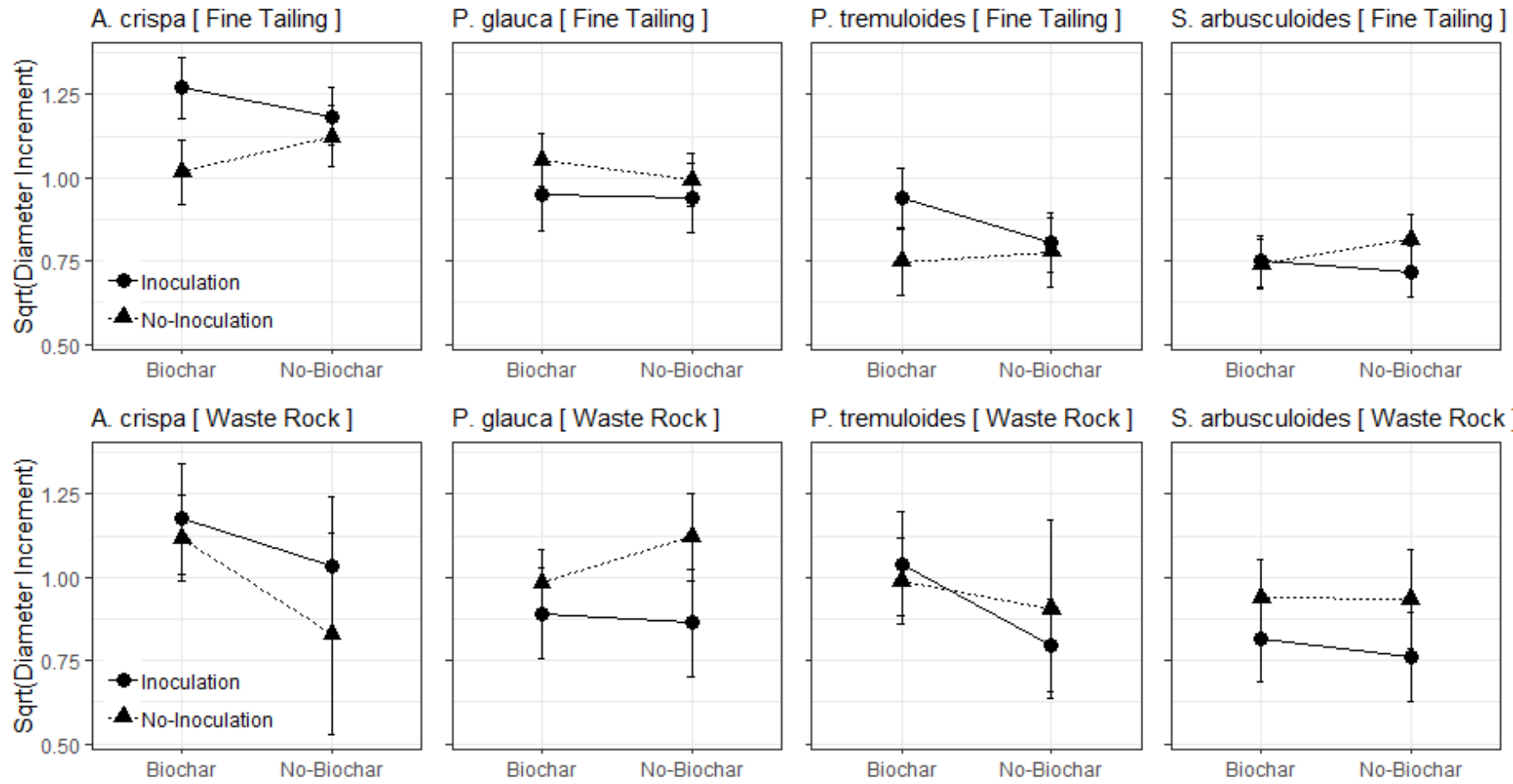
Résidus fins



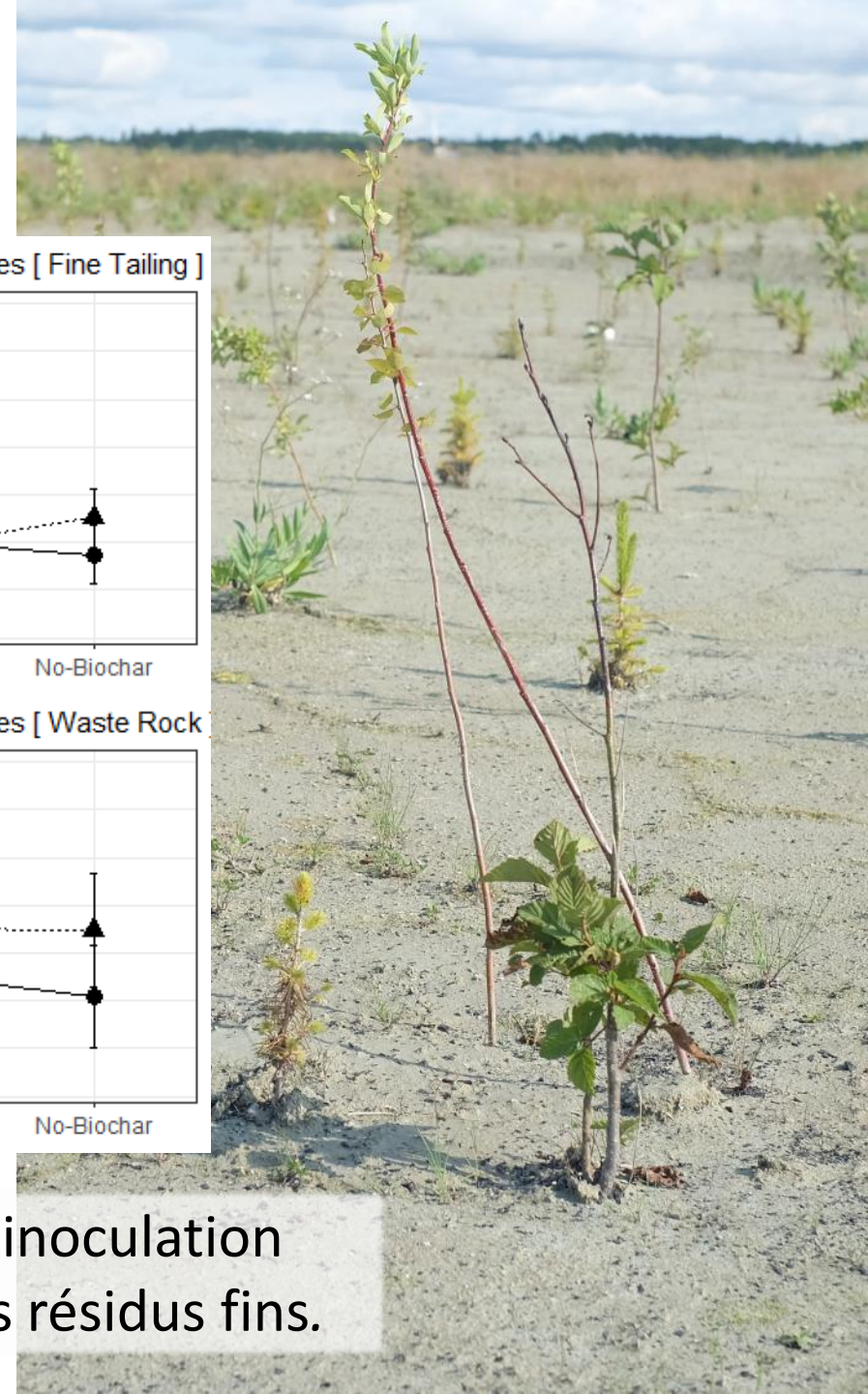
Stériles



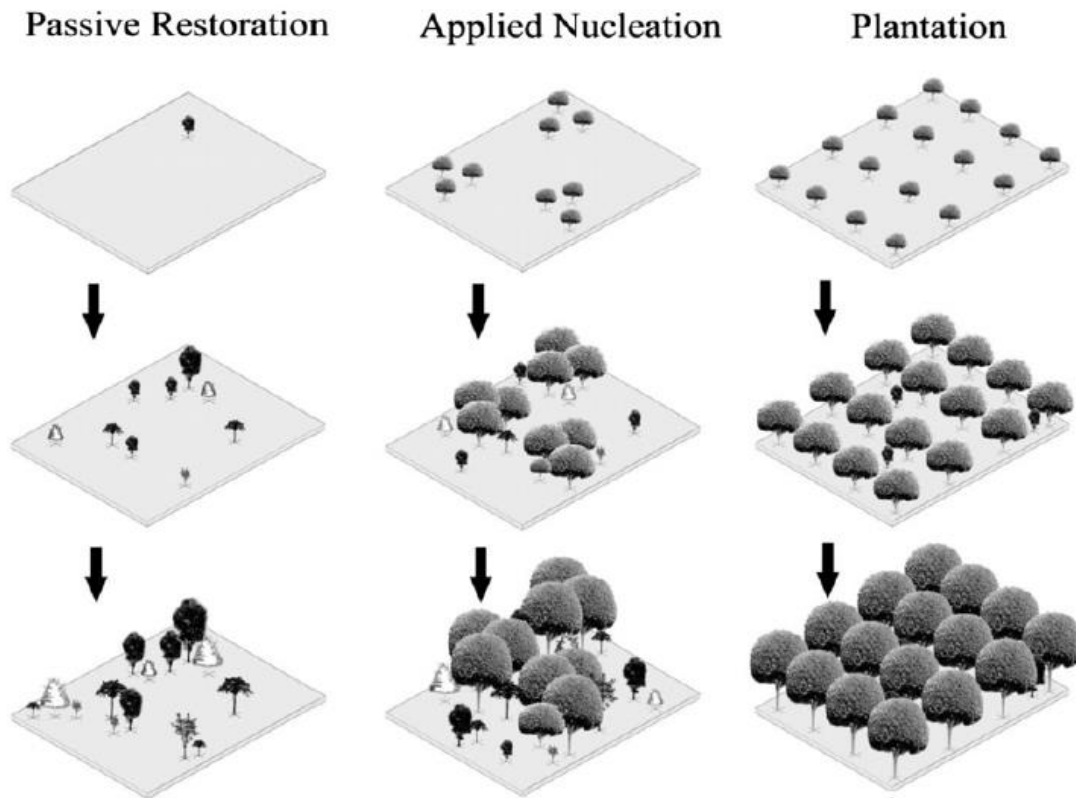
Interactions entre les traitements



- Il y a une interaction positive entre l'ajout de biochar et l'inoculation sur la croissance de *A. crispa* et de *P. tremuloides* dans les résidus fins.



Méthode de nucléation



Corbin JD, Holl KD (2012) Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management* 265:37–46 . doi: [10.1016/j.foreco.2011.10.013](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.013)

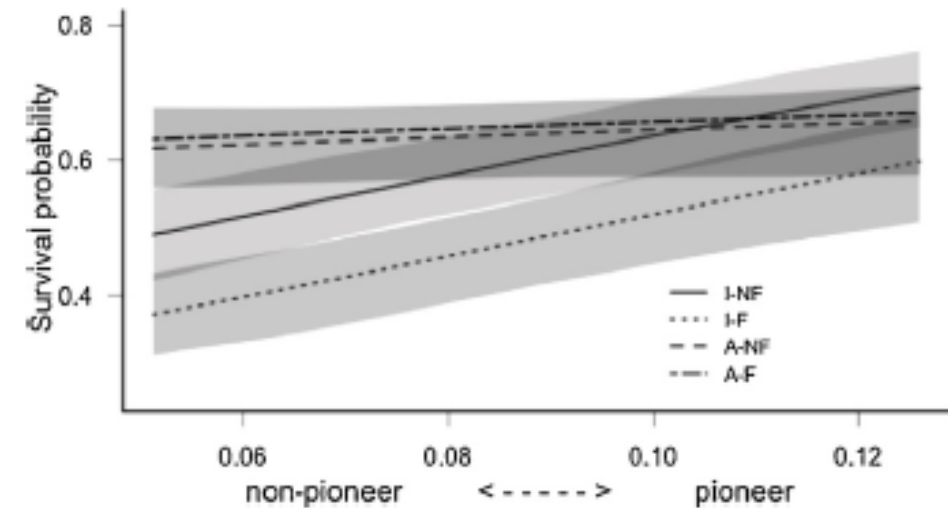
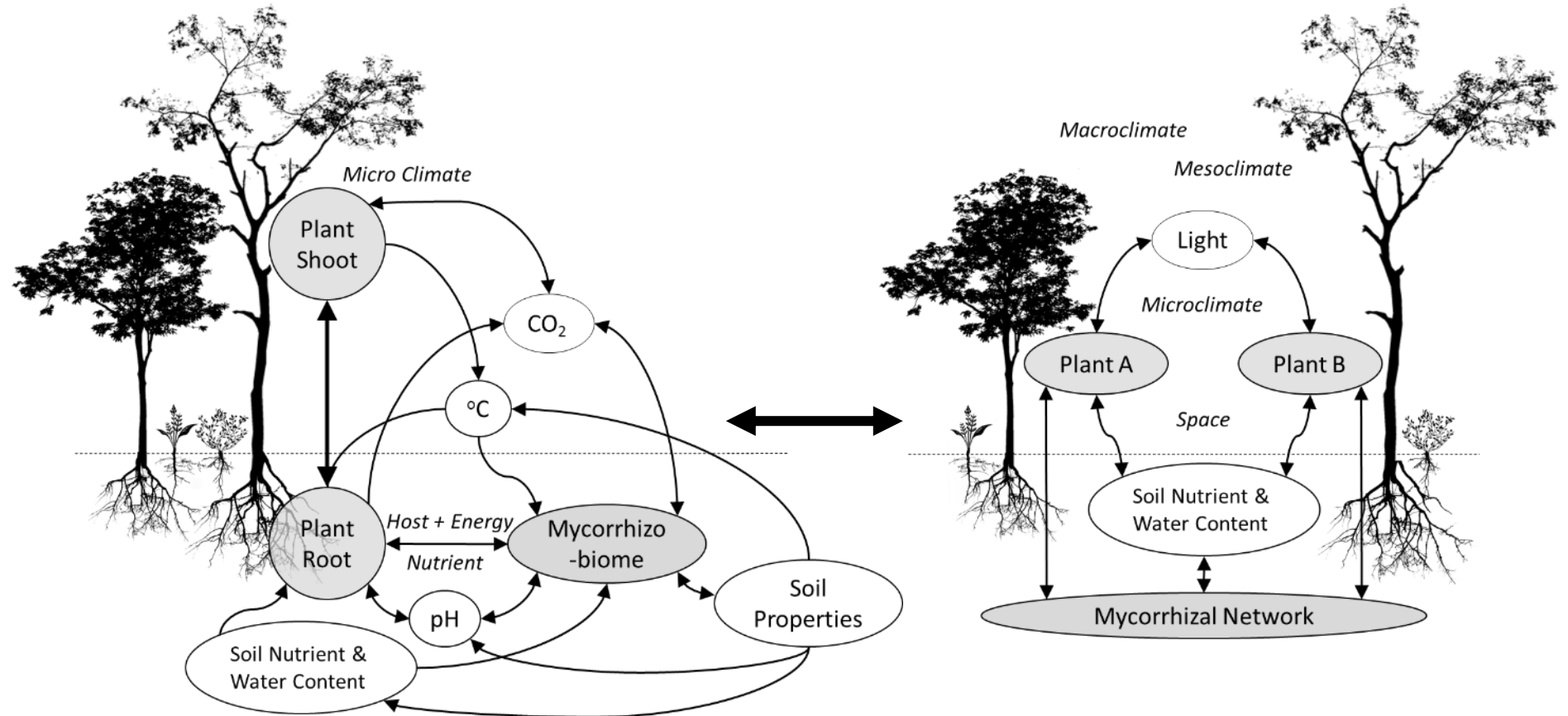


Fig. 3. Values predicted by model selection using the Akaike Information Criterion for the relationship between survival probability and successional index of species in different factorial treatments for the best fit selected model. A = aggregated, I = isolated, F = fertilized, NF = non-fertilized. Shading represents the 95% confidence interval from 1000 simulations of the predicted values (the confidence interval for A-F is not showed since it overlapped A-NF).

Bertoncello R, Oliveira AA, Holl KD, et al (2016) Cluster planting facilitates survival but not growth in early development of restored tropical forest. *Basic and Applied Ecology* 17:489–496 . doi: [10.1016/j.baae.2016.04.006](https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.04.006)

Modèle d'interaction

- Sélection des espèces
- Densité de plantation
- Taille des nucléation
- Scénario d'interventions



Remerciements

