

Substitution de la tourbe par de l'écorce de bouleau pour la production de plants d'épinette noire en pépinière forestière

Présenté par Kasandra Bradette

Dirigé par Maxime Paré

**Codirigé par Charles Marty et Mohammed
Lamhamedi**

Problématique

⇒ **520 000 m³** de tourbe horticoles utilisée annuellement en pépinières forestières

⇒ **~150 millions** de plants forestiers produits pour reboiser

⇒ Critères de qualité

⇒ Propriétés substrats = déterminant de qualité des plants

⇒ CEC

⇒ CRE

⇒ Quantité de tourbe reçue moins grande en Pépinière forestière

⇒ Pépinières horticoles prioritaires

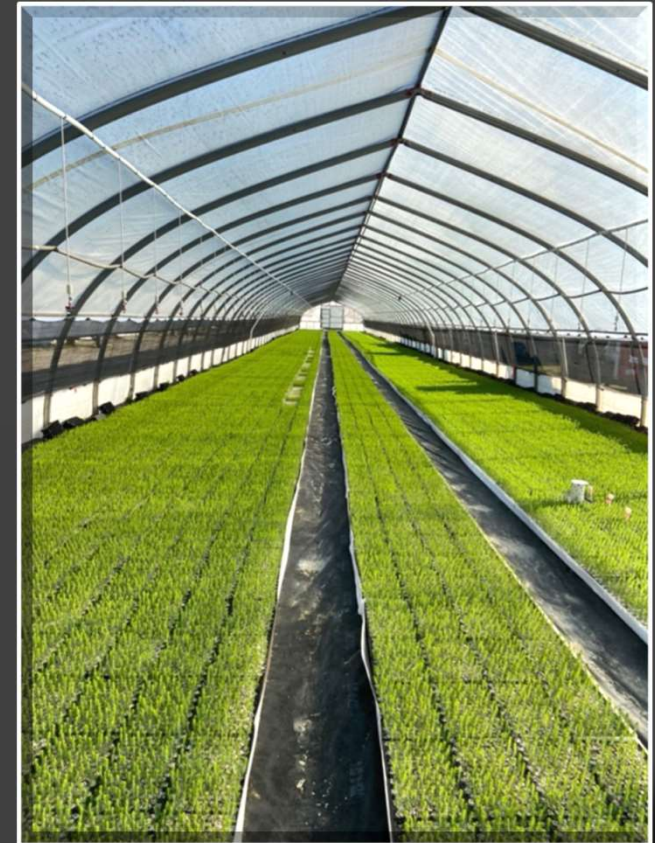
⇒ Trouver une alternative à la tourbe > ↑ extraction

⇒ Non-renouvelable

⇒ Biens et services écosystémiques

⇒ Ajout de perlite pour améliorer les propriétés

Tourbe



Problématique

Industrie forestière

- ⇒ 8 millions de tonnes de produits associés au sciage
 - ⇒ 2,5 millions de tonnes d'écorces
- ⇒ Valorisation de l'écorce en substituant la tourbe
 - ⇒ **Phytotoxicité** = inhibition de la germination et la croissance
- ⇒ L'étude de Naasz et al (2009)
 - ⇒ Meilleure croissance des plants de tomates dans l'écorce de bouleau (*Betula papyrifera* Marsh.) que ceux semés dans les écorces issues d'autres essences
 - ⇒ Meilleure aussi que ceux semés dans la laine de roche
 - ⇒ Absence de composés phénoliques
 - ⇒ Aucune étude pour la production de plants forestiers



Objectifs et Hypothèse

Objectifs

- ⇒ Substituer la tourbe par de l'écorce de bouleau pour la production de plants d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.)
- ⇒ Évaluer la germination, la croissance et le statut nutritif des plants d'épinette noire dans différents formats de récipients

Hypothèses

- ⇒ Il sera possible de substituer à un maximum de 50 % d'écorces la tourbe sans nuire aux caractéristiques morphologiques
- ⇒ L'ajout de perlite aura un effet significatif positif sur la croissance des plants

Méthodologie

Combinaison de traitements

Traitements	Écorce % (V)	Tourbe % (V)	Perlite
1	0	100	Sans
2	25	75	Sans
3	50	50	Sans
4	75	25	Sans
5	100	0	Sans
6	0	100	Avec
7	25	75	Avec
8	50	50	Avec
9	75	25	Avec
10	100	0	Avec

Nombre de plants

Formats	Volume par cavité	Nombre de récipients (unités expérimentales)	Nombre de plants d'EPN (unités d'observations)
113-25	25 mL	50	5 650
67-50	50 mL	50	3 350
TOTAL		100	9 000

10 traitements × 5 blocs

Méthodologie

Préparation des traitements



⇒ Écorces provenant de l'usine Jonh Lewis

⇒ Broyage à 4 mm puis à 1 mm

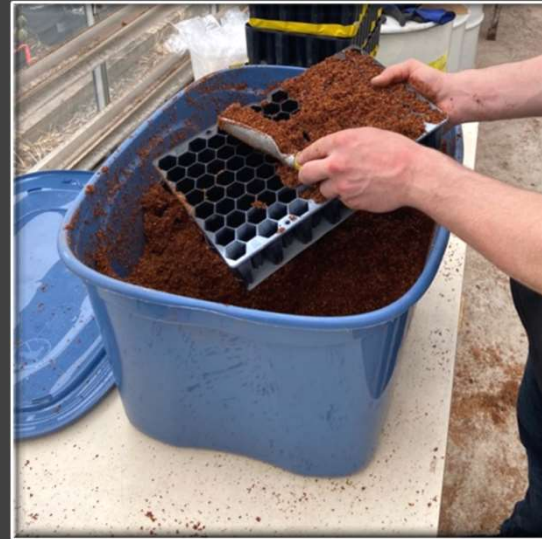
⇒ Prétests avec des pois

⇒ Mélange des traitements dans les barils de 170 L

Méthodologie

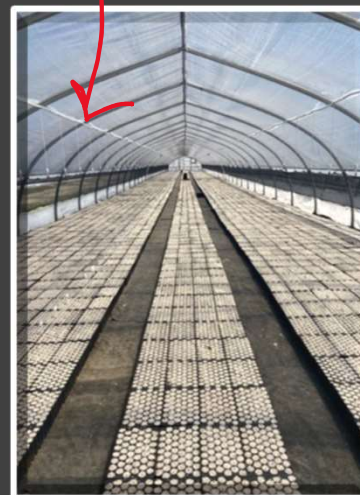
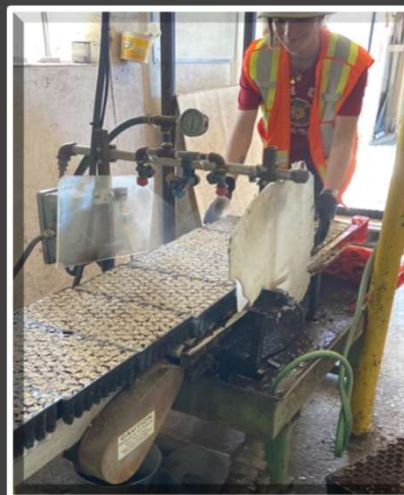
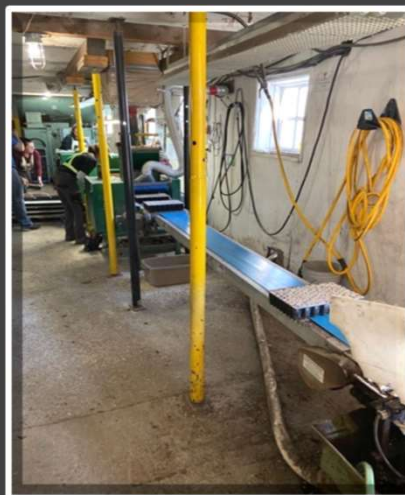
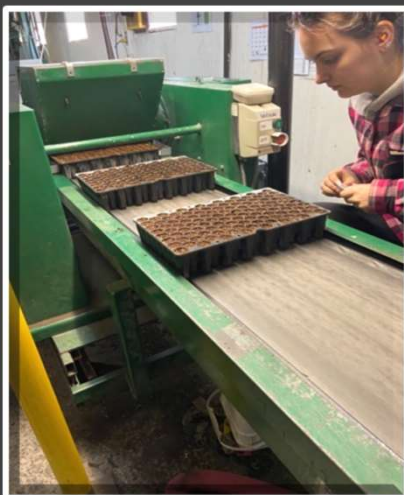
- ⇒ Empotage manuel
- ⇒ Plaque vibrante pour uniformiser la compaction
 - ⇒ $\pm 5\%$
- ⇒ Arrosage jusqu'à capacité au champ
- ⇒ Enveloppés sur une palette puis envoyés à la pépinière de Laterrière pour ensemencement

Empotage



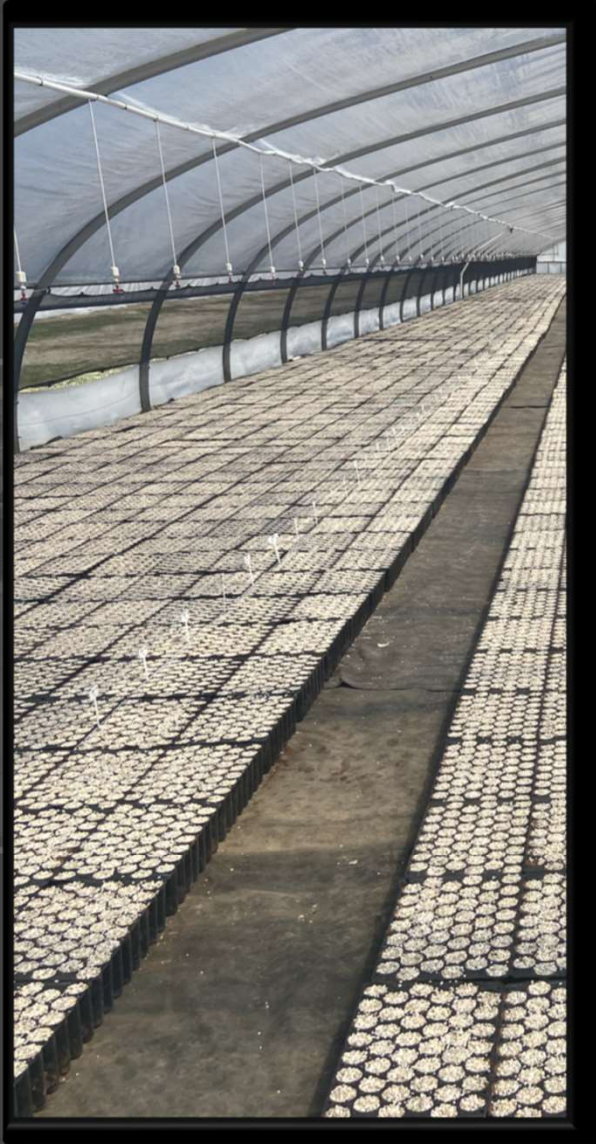
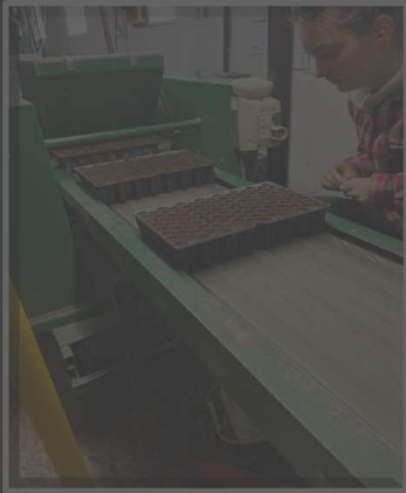
Méthodologie

Ensemencement



⇒ ~1,7 graines par cavités

Méthodologie



Méthodologie

Conditions de croissance

Format	Empotage	Ensemencement	Premier arrosage	Fertilisation totale (mg d'azote/plant)	Échantillonnage
25 mL	16 mai 2022	24 mai 2022	26 mai 2022	12	26 septembre 2022
50 mL	16 mai 2022	27 mai 2022	31 mai 2022	14	2 octobre 2022

- ⇒ Fertilisation et irrigation selon la régie de la pépinière
- ⇒ Protocole de lutte contre la chaleur
- ⇒ Traitements phytosanitaires

Méthodologie

Plants d'EPN

- ⇒ Germination jusqu'à éclaircie
- ⇒ Fin de saison de croissance : Récolte des plants
 - ⇒ Nettoyage des plants
 - ⇒ 10 plants/récipients H et D et 3 au hasard pour WinRhizo
 - ⇒ Étuve 65 °C pendant 48 h
 - ⇒ Biomasses
 - ⇒ Broyage : moulin à café + Broyeur à billes
 - ⇒ Éléments nutritifs : C, N, P, K, Ca, Mg à la DRF

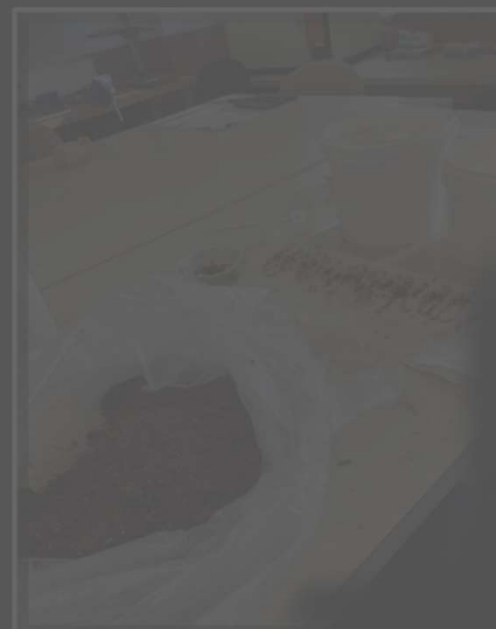
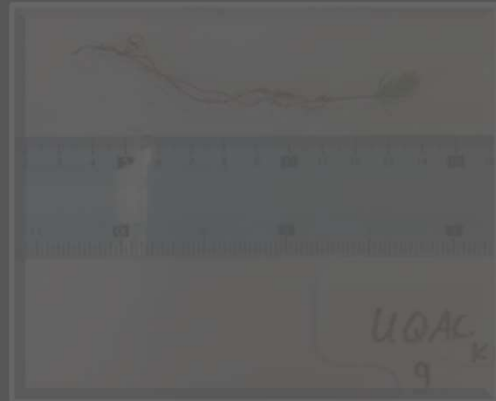
Récolte de données



	Extraction	Dosage
C tot	Combustion	Infrarouge
N tot		Cond. Thermique
P	H ₂ SO ₄	Spectrométrie d'émission atomique au plasma
K		
Mg		



R
Mg
Emission atomique
au plasma



Méthodologie

Plants d'EPN

- ⇒ Germination jusqu'à éclaircie
- ⇒ Fin de saison de croissance : Récolte des plants
- ⇒ Nettoyage des plants
- ⇒ 10 plants/récipients H et D et 3 au hasard pour WinRhizo
- ⇒ Étuve 65 °C pendant 48 h
- ⇒ Biomasses
- ⇒ Broyage : moulin à café + Broyeur à billes
- ⇒ Éléments nutritifs : N, P, K, Ca, Mg à la DRF

	Extraction	Dosage
C tot	Combustion	Infrarouge
N tot		Conduction Thermique
P	H ₂ SO ₄	Spectrométrie d'émission atomique au plasma
K		
Mg		

Récolte de données



Méthodologie

Substrats

Récolte de données

⇒ Conservés au frais (4 °C)

⇒ Substrats initiaux et finaux

⇒ Étuve 65 °C plus de 48 h

⇒ Moulin à graines – tamis

⇒ Analyses chimiques (N, P, K, Ca, Mg)

à la DRF

	Extraction	Dosage
C tot	Combustion	Infrarouge
N tot		Conduction Thermique
N _{NH4}	KCl	Spectrophotométrie sur analyseur en flux continu
N _{NO2+NO3}		
N _{Minéral}		
P	Mehl-III	Spectrométrie d'émission atomique au plasma
K		
Ca		
Mg		
pH	NH ₄ Cl	

Méthodologie

Analyses Statistiques

ANOVA factorielle mixte

Logiciel R
Transformation
⇒ Fonction BoxCox JMP

Facteurs	Effet	25 mL	50 mL
		-----Niveau-----	
Écorce	Fixe	5	5
Perlite	Fixe	2	2
Date	Fixe	2	5
Bloc	Aléatoire	5	5

Test post hoc HSD de Tukey $\alpha = 0,05$

Résultats & Discussion

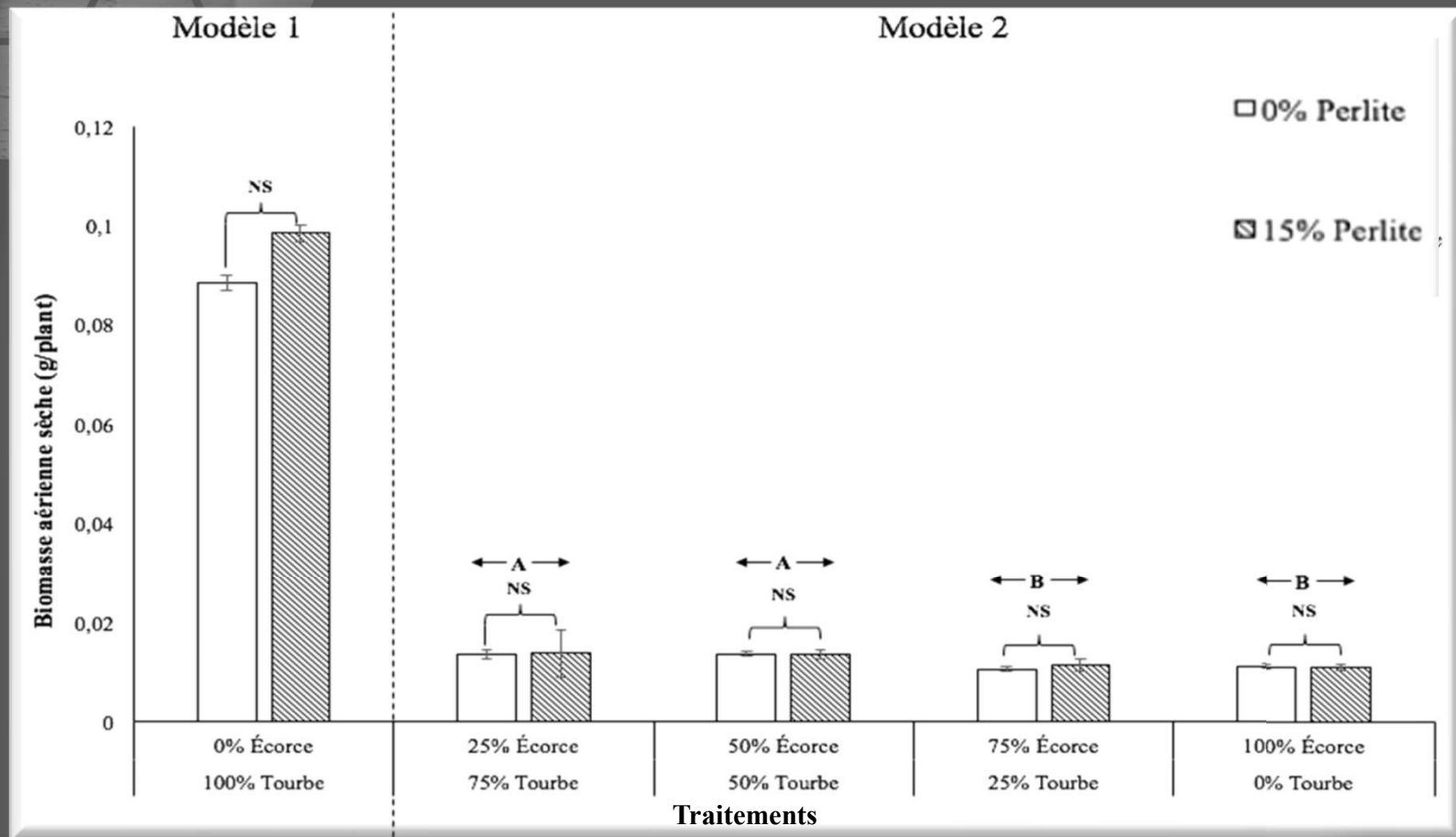
Nombre de germinations par récipient

Facteurs significatifs et interactions	Format de récipient	
	25 mL	50 mL
Écorce		
--%--		
0	207,63 ^A	103,66 ^A
25	202,70 ^B	102,94 ^A
50	202,50 ^B	94,94 ^B
75	201,17 ^B	92,88 ^B
100	196,07 ^B	84,44 ^C

⇒ Écorce ↓ la germination
⇒ Aucune cavité vide

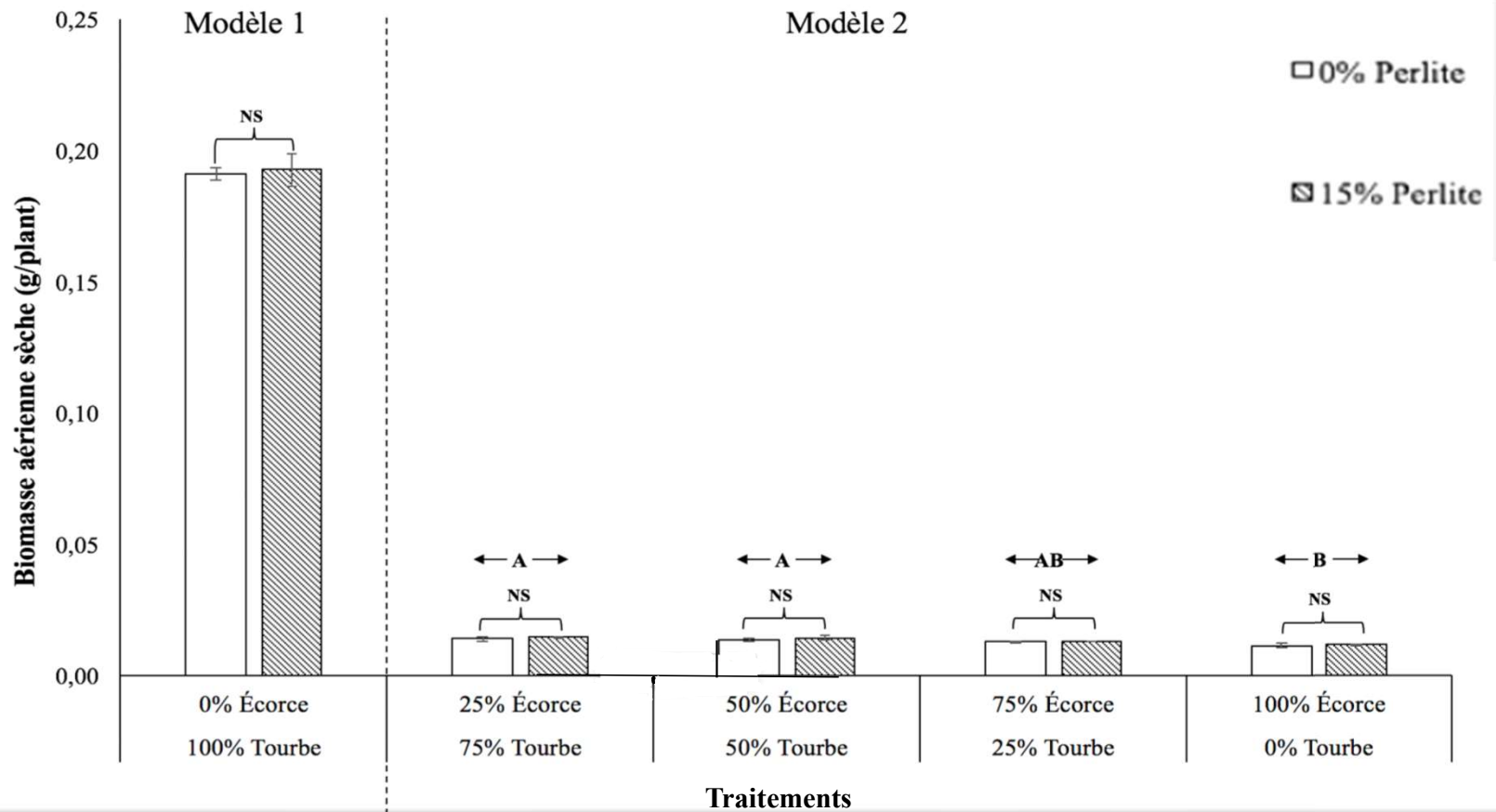
Résultats & Discussion

Biomasse Aérienne format 25 mL



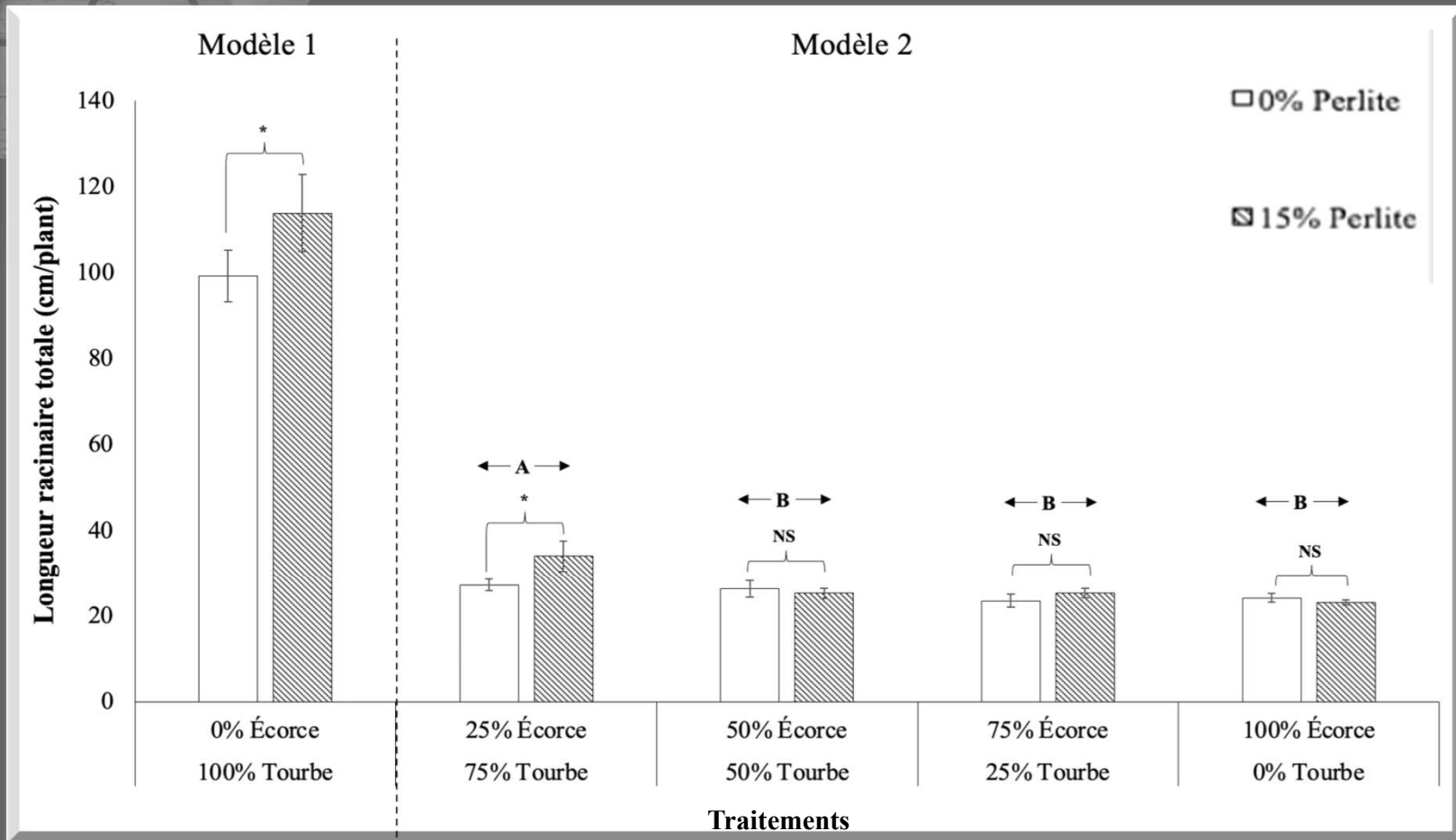
Résultats & Discussion

Biomasse Aérienne format 50 mL



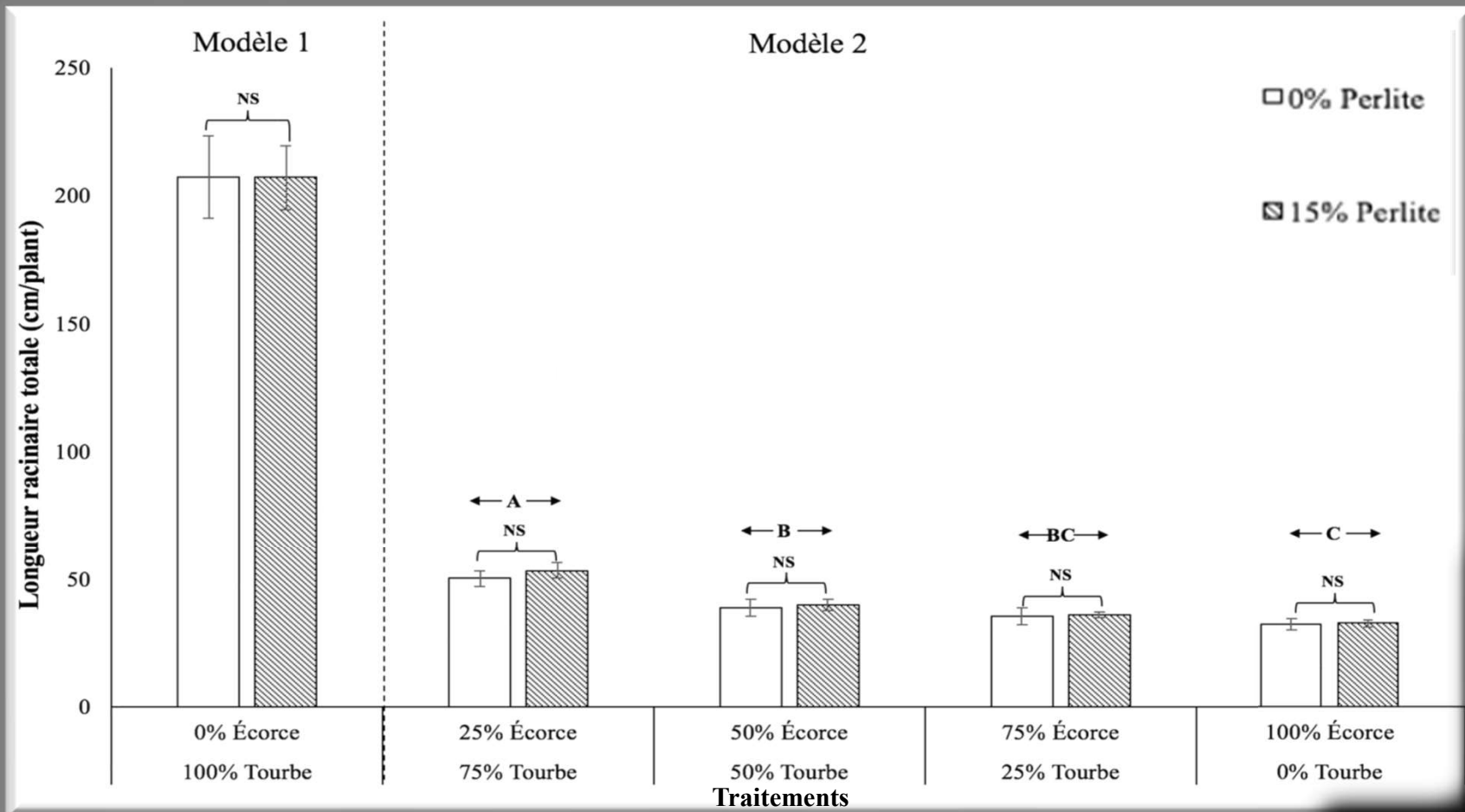
Résultats & Discussion

Longueur racinaire totale format 25 mL



Résultats & Discussion

Longueur racinaire totale format 50 mL



Résultats & Discussion

Analyses chimiques des plants d'EPN

Facteurs significatifs et interactions		Formats de récipient													
		113-25						67-50							
Parties aériennes		C _{tot}	N _{tot}	C/N	P	K	Ca	Mg	C _{tot}	N _{tot}	C/N	P	K	Ca	Mg
Écorce (%)		-----g/Kg-----													
0		484,50 ^A	20,77 ^A	23,44 ^A	2,84 ^A	9,89 ^B	2,62 ^D	1,42 ^A	486,50 ^C	22,44 ^A	21,76 ^D	2,73 ^A	10,09 ^B	2,39 ^C	1,50 ^A
25		482,40 ^{AB}	14,94 ^B	32,37 ^B	2,44 ^B	8,81 ^C	3,11 ^C	0,84 ^C	485,30 ^{AB}	15,44 ^B	31,85 ^C	2,56 ^A	9,30 ^{BC}	2,93 ^B	0,82 ^B
50		481,20 ^A	11,92 ^C	40,42 ^C	2,09 ^C	8,33 ^C	3,06 ^C	0,70 ^D	482,00 ^C	14,55 ^B	40,40 ^B	2,52 ^A	8,44 ^C	2,96 ^B	0,83 ^B
75		482,80 ^{AB}	10,18 ^D	47,53 ^D	1,76 ^D	8,35 ^C	3,45 ^B	0,71 ^D	485,40 ^{AB}	10,82 ^C	47,50 ^A	2,17 ^B	9,34 ^{BC}	3,06 ^B	0,69 ^B
100		481,00 ^B	10,13 ^D	47,60 ^D	2,14 ^C	11,70 ^A	4,88 ^A	0,97 ^B	482,20 ^A	10,64 ^C	47,60 ^A	2,24 ^B	11,60 ^A	4,13 ^A	0,85 ^B

25 mL

50 mL

C _{tot}	N _{tot}	C/N
484,50 ^A	20,77 ^A	23,44 ^D
482,40 ^{AB}	14,94 ^B	32,37 ^C
481,20 ^A	11,92 ^C	40,42 ^B
482,80 ^{AB}	10,18 ^D	47,53 ^A
481,00 ^B	10,13 ^D	47,60 ^A

C _{tot}	N _{tot}	C/N
486,50 ^A	22,44 ^A	21,76 ^D
485,30 ^B	15,44 ^B	31,85 ^C
482,00 ^C	14,55 ^B	40,40 ^B
485,40 ^B	10,82 ^C	47,50 ^A
482,20 ^C	10,64 ^C	47,60 ^A

0 %

25%

50%

75%

100%

Parties aériennes

Écorce (%)

0

25

50

75

100

C_{tot}N_{tot}

C/N

P

K

Ca

Mg

g/Kg

C_{tot}N_{tot}

C/N

P

K

Ca

Mg

g/Kg

⇒ ↑ % écorce

⇒ ↓ N

⇒ ↑ C/N

⇒ N fin saison = 22 g/kg

Résultats & Discussion

Analyse chimique des substrats

Facteurs significatifs et interactions			N _{tot}	C/N	N _{NH4}	N _{NO2-NO3}	N _{Minéral}
		C _{tot}					
		g/kg				mg/kg	
Substrats Avant empotage	Écorce (%)		6,35	73,65			65,00
			4,90	96,95			9,00
	0	468,00	4,15	118,90	65,00	<1	5,00
	25	475,50	3,65	137,25	9,00	<1	5,00
	50	492,50	3,55	140,40	5,00	<1	2,00
25 mL Fin de saison	75	501,00			5,00	<1	
	100	498,50	6,21 ^A	71,00 ^A	2,00	<1	69,10 ^A
	0	441,40 ^B	6,42 ^A	73,99 ^A	15,90 ^A	53,30 ^A	58,70 ^A
	25	474,10 ^A	5,57 ^B	86,46 ^B	13,40 ^{AB}	45,30 ^A	19,40 ^B
	50	481,6 ^A	4,98 ^C	97,21 ^C	7,10 ^{BC}	12,10 ^B	5,60 ^B
50 mL Fin de saison	75	483,40 ^A	4,42 ^D	112,65 ^D	5,30 ^C	1,20 ^B	7,20 ^B
	100	496,40 ^A			7,00 ^C	1,10 ^B	
	0	453,70 ^D	6,24 ^B		27,80 ^A	132,40 ^A	160,50 ^A
	25	477,20 ^C	6,63 ^A	72,65 ^A	21,20 ^{AB}	82,20 ^B	103,40 ^B
	50	484,90 ^{BC}	5,58 ^C	72,01 ^A	13,10 ^C	33,90 ^C	46,80 ^C
75	486,80 ^B	4,94 ^D	86,87 ^B	8,10 ^D	<1,00 ^D	8,30 ^D	
100	495,20 ^A	4,31 ^E	98,70 ^C	4,00 ^E	<1,00 ^D	4,00 ^E	
				115,07 ^D			

⇒ N tot initial < N tot final

⇒ C/N initial élevé

⇒ N minéral final Tourbe = 25 % écorce 113-25

⇒ N minéral initial < N minéral final

Résultats & Discussion

GERMINATION

⇒ Ajout d'écorce

⇒ Légère ↓ pour les deux formats

⇒ CRE tourbe > CRE écorce

⇒ Formats

⇒ Mélange 25 % = Tourbe (50mL)

⇒ Cavité 2x le volume ⇒ ↑ du volume de la cavité = ↑ H

⇒ + d'eau = favorable pendant phase d'établissement

Résultats & Discussion

CROISSANCE

⇒ Ajout d'écorce

⇒ ↓ croissance racinaire

⇒ ↓ biomasse aérienne sèche

⇒ ↓ teneurs en éléments minéraux

⇒ Causes possibles du ralentissement de croissance :

⇒ Immobilisation N

⇒ C/N élevé début saison = longue immobilisation d'N

⇒ Ralentissement de croissance des semis

⇒ Manque d'eau lors de la phase croissance active = stress hydrique

⇒ ↓ élongation cellules (faible turgescence)

⇒ Stress nutritif

Résultats & Discussion

⇒ Ajout de perlite

⇒ Avantageuse seulement la longueur racinaire pour le 25 mL

⇒ Connue pour améliorer propriétés physiques

Conclusion

- ⇒ Hypothèse infirmée
- ⇒ Substituer la tourbe par de l'écorce : Pas encore possible
 - ⇒ Germination légèrement affectée par l'écorce, toutefois pas un enjeu
 - ⇒ Croissance (biomasse, racinaire) fortement diminuée par l'écorce
 - ⇒ Solutions possibles :
 - ⇒ Conditionner le substrat avant empotage
 - ⇒ Ajuster (↑) la fertilisation azoté (Boost après la germination)
 - ⇒ Ajuster (↑) l'irrigation
 - ⇒ environnement favorable à la décomposition de la matière organique par les MO
- ⇒ Ajouter de la perlite
 - ⇒ Augmente la longueur racinaire pour le format 25 mL seulement
 - ⇒ Avantageux ? Coût énergétique élevé

Remerciements

Maxime Paré

Charles Marty

Mohammed Lamhamedi

Catherine Tremblay

Maude Ouellet-Fortin

Antoine Bouchard

André Théberge

Cynthia Lemelin

Ressources naturelles
et Forêts

Québec 

UQAC

Université du Québec
à Chicoutimi

GROUPE
FORESTRA
Coopérative Forestière

**PÉPINÈRE
LATERRÈRE** INC.



**NSERC
CRSNG**