

## Avis technique

---

### Effets de l'ajout de la chaux dolomitique sur la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) et les propriétés physico-chimiques du substrat de croissance

Mohammed S. Lamhamedi\*, ing.f., M.Sc., Ph.D.  
Mario Renaud, tech. for.

Direction de la recherche forestière



Pépinière de Harrington

Ministère des  
Ressources naturelles  
et de la Faune

Québec 

Août 2005

## Introduction

Cet avis technique fait suite à une demande adressée à la direction de la recherche forestière (DRF, MRNF) par M. Michel Rochon, de la pépinière de Harrington, à la fin de juillet 2005 (Annexe 1). L'objectif de cette demande est d'aider les producteurs de la pépinière de Harrington à comprendre les modifications des propriétés physico-chimiques du substrat, suite à l'ajout de chaux dolomitique lors de l'empotage, ayant affecté de façon négative la croissance des plants d'épinette blanche (2+0) produits dans le récipient à parois ajourées 25-350A.

Une visite a été effectuée par MM. Lamhamedi et Renaud à cette pépinière (1<sup>er</sup> août 2005) pour juger de l'ampleur de ce problème et récolter des échantillons d'eau d'irrigation, de substrat et des plants d'épinette blanche (2+0) de différentes catégories de croissance.

Les objectifs de cet avis technique consistent à : **i)** Présenter les résultats des analyses physico-chimiques des substrats de croissance et de l'eau d'irrigation; **ii)** Caractériser les variables morphologiques et de nutrition minérale des plants d'épinette blanche (2+0) des trois catégories de croissance; et **iii)** Établir des courbes de titration d'une solution aqueuse extraite du substrat pour déterminer la quantité d'acide phosphorique nécessaire à la diminution du pH.

## Matériel et méthodes

### 1- Échantillonnage des plants et du substrat de croissance

Dans l'aire de culture de plants de fortes dimensions produits dans le récipient à parois ajourées 25-350A (Photo 1a), nous avons échantillonné (1<sup>er</sup> août 2005) un récipient, de façon aléatoire, pour chacune des trois catégories de croissance des plants se différenciant uniquement par l'ajout de la chaux dolomitique et par l'affaissement du substrat dans les cavités du récipient. Les récipients n'étaient pas choisis dans les bordures. Le substrat utilisé est constitué de : 80% tourbe fine, 15% vermiculite et 5% perlite. L'agent mouillant est ajouté à un taux d'une livre par verge cube (0,59 Kg/ m<sup>3</sup>).

Ainsi, un récipient de 25 plants est échantillonné pour chacune des catégories de substrats suivantes :

- Catégorie 1 : Substrat amendé avec de la chaux dolomitique et agent mouillant mais affaissé à plus de 50% dans la cavité; plants ayant une croissance très réduite (Photo 1b; pH = 7,22);
- Catégorie 2 : Substrat amendé avec de la chaux dolomitique et agent mouillant, sans affaissement; croissance des plants réduite (Photo 1b; pH = 7,36);
- Catégorie 3 : Substrat standard (sans chaux dolomitique ni agent mouillant); croissance des plants normale (Photo 1b; pH = 4,85).

Afin de corriger un problème de pH élevé (> 8,0) du substrat, la pépinière a appliqué, du 18 au 25 juillet 2005, 600 mL d'acide phosphorique (85%) à raison de 150 mL par application mélangés à 720 L d'eau sur l'ensemble de la production dont la croissance était affectée négativement.



**Photo 1. a-** Vue générale (a) d'une aire de culture de plants d'épinette blanche (2+0) produits dans le récipient à parois ajourées 25-350A à la pépinière de Harrington. **b-** Les deux catégories de plants (catégories : 1 et 2) dont le substrat a un pH moyen neutre à alcalin (7,22 – 7,36) par rapport à celui de la production normale (pH=4,85) ont montré une faible croissance lors de la deuxième saison de croissance (date de prise des photos : 1<sup>er</sup> août 2005).

Ces applications ont été suivies par une double dose, soit 300 mL/ 720 L d'eau (27 juillet 2005). La chaux dolomitique a été ajoutée au substrat d'empotage à un taux de 8 livres par verge cube (4,75 Kg/ m<sup>3</sup>). Les pH au CaCl<sub>2</sub> de la solution extraite de chaque catégorie de substrat sont déterminés le 1<sup>er</sup> août 2005, soit vers la fin de la deuxième saison de croissance. Aucune analyse de pH n'a été faite pour le mélange de substrat tout juste après empotage des récipients.

Au laboratoire, le substrat de chaque récipient est fractionné en trois sous échantillons de huit cavités chacun (échantillon composite), par catégorie de substrat. La même procédure est appliquée pour les échantillons des parties aériennes et des racines des plants (trois sous échantillons de huit parties aériennes ou racines pour chaque catégorie). Les analyses minérales des parties aériennes et des racines sont effectuées de façon séparée, après séchage à l'étuve. Par la suite, les masses sèches des racines et des parties aériennes ont été déterminées en utilisant une balance de précision (mg). Les analyses minérales sont effectuées dans le laboratoire de chimie organique et inorganique de la direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

## **2- Échantillonnage de l'eau d'irrigation**

Deux échantillons d'eau ont été prélevés directement sur une ligne d'irrigation pour déterminer la qualité de l'eau d'irrigation utilisée à la pépinière de Harrington.

## **3- Courbes de titration**

La courbe de titration permet de déterminer la quantité d'acide phosphorique nécessaire à la diminution du pH du substrat de croissance. Après avoir reçu les résultats des analyses des deux catégories de substrat (1 et 2) dont la croissance des plants est affectée négativement et de façon significative en comparaison au substrat standard (catégorie 3 : sans ajout de chaux dolomitique), nous avons opté pour la détermination de deux courbes de titration. Ainsi, dans chacun des trois échantillons composites des deux catégories de substrat ayant des pH neutres à alcalins, nous avons prélevé 10 mL d'extrait de la solution du sol, soit 30 mL par catégorie de substrat. Par la suite, nous avons suivi la diminution du pH suite à l'ajout de l'acide phosphorique à l'aide d'une micropipette. Nous avons utilisé l'acide phosphorique concentré à 1 % prélevé à partir d'une solution d'acide phosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) concentrée à 85 %. Les courbes de titration sont déterminées par le laboratoire de chimie organique et inorganique de la direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

## Résultats et discussion

La comparaison des caractéristiques morphologiques entre les plants croissant en absence (catégorie 3) et en présence de la chaux dolomitique (catégories 1 et 2) révèle que l'ajout de la chaux dolomitique, à un ratio de 4,75 Kg par m<sup>3</sup> de substrat lors de l'empotage, a affecté de façon négative la croissance des plants (Photos 1b, 2 et 3), ainsi que les masses des parties aériennes et des racines (Tableau 1, Photo 3).

L'ajout de la chaux dolomitique a augmenté de façon substantielle le pH du substrat et la concentration du calcium (Tableau 2). Généralement, le pH recommandé pour les résineux ne doit pas dépasser 5,5 alors que celui des deux catégories de substrats amendés (1 et 2) varie, en moyenne, entre 7,22 et 7,36. La présence du calcium et la formation par la suite du carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>), des ions bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) contribuent de façon majeure à l'augmentation du pH au niveau du substrat de croissance. Par la suite, le calcium et le magnésium se lient à ces ions pour former des carbonates de magnésium et de calcium. Ces deux sels insolubles ne se lessivent pas facilement du substrat. Ces sels contribuent aussi au maintien du pH neutre à alcalin. De cette façon, des concentrations élevées en calcium peuvent contribuer à l'apparition des symptômes de déficience en magnésium. Selon la sensibilité des espèces, des pH élevés peuvent engendrer des déficiences spécifiques à plusieurs éléments (Zn, Cu, B, Fe, Mn et Ca) chez les résineux. Même si on ajoute des fertilisants riches en fer sous forme chélaté, à l'exception du fertilisant EDDHA (Figure 1, flèche en rouge), la disponibilité du fer dans la rhizosphère, c'est-à-dire dans l'environnement immédiat des racines, se trouve très réduite lorsque le pH s'approche ou dépasse la neutralité (pH > 6) (Figure 1).

Les analyses minérales du substrat indiquent clairement qu'il y a un déséquilibre ionique dans la solution du sol (Tableau 2), ce qui peut affecter l'absorption de plusieurs éléments. Ainsi, par exemple, lors de l'élaboration des programmes de fertilisation, le pépiniériste devrait maintenir certains ratios d'équilibre entre les éléments nutritifs : N/P : 10/1; N/K : 2/1; Fe/Mn : 2/1; Ca/K : 1/1; Ca/Mg : 2,1-3/1; K/Mg : 2,5 – 4/1.

L'eau d'arrosage ne contient aucune trace en azote (nitrates et ammonium) (Tableau 3). Son pH est basique (pH = 7,96), mais les concentrations des différents éléments indiquent qu'il s'agit d'une eau de bonne qualité pour l'irrigation en pépinière. De plus, les résultats de l'analyse de l'eau indiquent qu'elle n'est pas contaminée par les fertilisants.

Les concentrations des éléments minéraux des parties aériennes et des racines des plants sont indiquées dans le tableau 4. La comparaison de ces concentrations avec celles indiquées dans le tableau 5 révèle que les parties aériennes des plants sont relativement déficientes en oligo-éléments. À titre d'information, ce tableau indique que chaque élément a un rôle déterminant en matière de croissance et de physiologie.

Les courbes de titration des filtrats des catégories 1 et 2 du substrat (volume titré : 30 mL/ catégorie de substrat) indiquent que la diminution du pH du substrat à 5,2 nécessite respectivement 410 et 440 µL d'acide phosphorique (Figure 2), soit une moyenne de 425 µL d'acide phosphorique concentré à 1%. Pour un acide phosphorique concentré à 85%, utilisé généralement par la pépinière de Harrington, la quantité sera de 4,25 µL d'acide phosphorique pour diminuer le pH de la solution du sol (30 mL) à une humidité du substrat de 88,5%. Cette dernière humidité a été utilisée au laboratoire pour l'extraction du filtrat. Nous supposons que la concentration de la chaux dolomitique (ou le pH) est

similaire d'une cavité à une autre. Nous supposons aussi que la concentration de la solution du sol (filtrat) reste relativement constante entre 44 % et 50 % (v/v) et que la régie d'irrigation pratiquée dans la pépinière est de 44% (v/v). Ainsi, nous recommandons deux applications successives à raison de 2,13µL/ cavité d'acide phosphorique concentré à 85%. Après cette première application, le pépiniériste devrait faire une analyse physico-chimique du substrat pour quantifier la baisse réelle du pH et décider, par la suite, s'il doit maintenir la même quantité d'acide phosphorique à appliquer.

## **Conclusion**

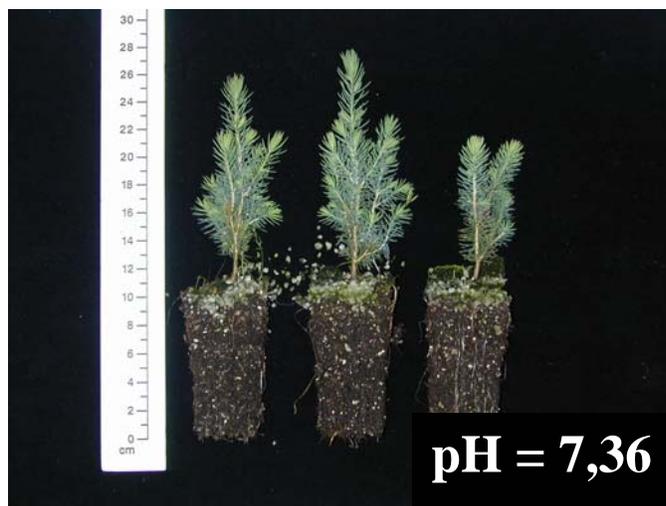
- L'ajout de la chaux dolomitique a affecté de façon négative la croissance des plants (partie aérienne et racines) d'épinette blanche (2+0) produits dans le récipient à parois ajourées;
- Cet amendement a engendré une augmentation du pH du substrat (7,22 à 7,38) et des déséquilibres ioniques. Ceci affecte l'absorption des différents éléments nutritifs;
- Le ratio de mélange (chaux dolomitique – substrat) doit tenir compte de l'effet de la chaux sur l'augmentation du pH;
- La diminution du pH pourrait se faire par l'ajout de l'acide phosphorique suite à la détermination des courbes de titration. Cependant, la diminution du pH obtenue dans les courbes de titration est intimement liée uniquement au pH de la solution du sol lors des analyses, mais elle ne tient pas compte du taux de libération de la chaux dolomitique. À cet effet, le pépiniériste pourrait faire des corrections supplémentaires en tenant compte de la diminution réelle du pH après application de l'acide phosphorique.

## **Remerciements**

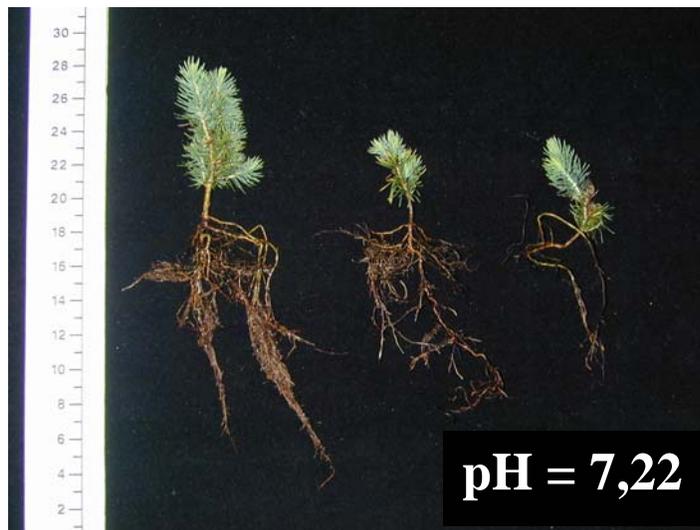
Nous tenons à remercier le personnel du laboratoire de chimie organique et inorganique (Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et de la Faune) ayant réalisé les analyses du substrat et des plants, ainsi que la détermination des courbes de titration.

## Bibliographie

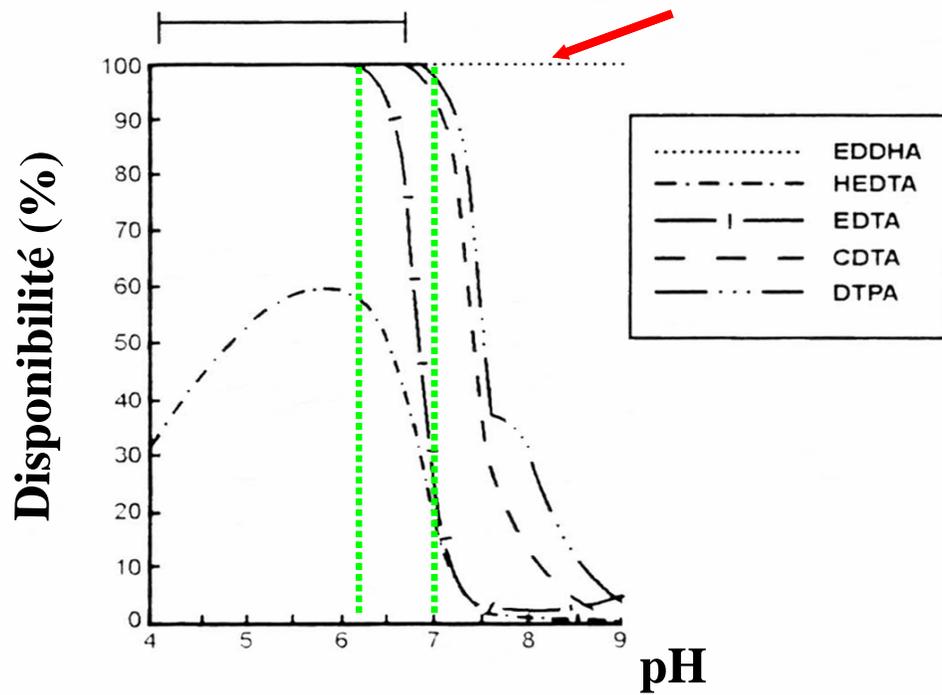
- Bigg, W. L. and Schalau, J. W. 1990. Mineral nutrition and the target seedling. *In: Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. Rose, R.; Campbell, S. J. and Landis, T. D. Eds. August 13-17, 1990. Roseburg, Oregon. USDA Forest Service. General Technical Report RM-200. pp 139-160.
- Dell, B., Malajczuk, N., Grove, T. S. 1995. Nutrient Disorders in Plantations Eucalypts. ACIAR Monograph 31. Australia. 110 p.
- Lamhamedi, M. S., Fortin, J. A., Ammari, Y., Bejelloun, S., Poirier, M., Fecteau, B., Bougacha, A., Godin, L. 1997. Evaluation des composts, des substrats et de la qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Bird 3601. Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. Direction Générale des Forêts. Tunisie, Pampev Internationale Ltée. 121 p.
- Landis, T. D. 1997. Forest nursery notes. United States Department of Agriculture. Forest Service. Pacific Northwest Region. R6-CP-TP-25-97. pp : 12-16.
- Landis, T. D., McDonald, S. E., Barnett, J. P. 1989. Seedling Nutrition and Irrigation, Vol 4, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook. 674. Washington, Dc, Forest Service. 119 p.
- Landis, T. D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. *In: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Workshop held October 16 - 18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. pp 29-48.
- Tinus, R. W., McDonald, S. E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. General Technical Report RM-60. Ft. Collins, CO : USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- <http://www.rngr.net/Publications/ctnm>. Ce site contient plusieurs publications scientifiques et techniques spécifiques à la production de plants en pépinière forestière.



**Photo 2.** Morphologie des trois catégories de plants d'épinette blanche (2+0) produits dans le même substrat, mais à des pH variés.



**Photo 3.** Morphologie des racines des trois catégories de plants d'épinette blanche (2+0) produits dans le même substrat, mais à des pH variés.



**Figure 1.** Pourcentage de disponibilité du fer contenu dans les différents fertilisants en fonction de l'augmentation du pH. Les traits verts en pointillé indiquent que la disponibilité diminue significativement lorsque le pH dans le substrat varie entre 6 et 7 (Figure adaptée de Landis 1997).

**Tableau 1.** Masses sèches moyennes des parties aériennes et des racines des trois catégories de plants d'épinette blanche (2+0)

	Partie aérienne*	Racines*	Plant entier*
	(mg)	(mg)	(mg)
Catégorie 1 (pH du substrat = 7.22)	471	288	759
Catégorie 2 (pH du substrat = 7.36)	1255	496	1751
Catégorie 3 (pH du substrat = 4.85)	4099	1550	5649

**Tableau 2.** pH et concentrations en éléments minéraux des trois catégories de substrats

	pH	N min	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Al	Fe	Mo	Na	B	S
	(ppm)														
Catégorie 1 moyenne*	7.22	121	51	302	186	108	< 1	< 1	2.4	1.5	2.4	< 1	54	1.1	25
écart type	0.13	30	3	22	16	14	.	.	0.1	0.2	0.2	.	8	0.1	1
Catégorie 2 moyenne*	7.36	41	48	260	145	102	< 1	< 1	2.4	1.4	2.2	< 1	57	< 1	20
écart type	0.08	19	1	16	14	18	.	.	0.0	0.2	0.2	.	1	.	2
Catégorie 3 moyenne*	4.85	24	16	83	8	4	< 1	< 1	3.2	2.8	2.5	< 1	55	1.8	31
écart type	0.05	11	2	11	3	1	.	.	0.5	1.5	1.0	.	31	0.2	6

**Tableau 3.** pH et concentrations en éléments minéraux de l'eau d'arrosage utilisée à la pépinière de Harrington

	pH	N min	P	K	Ca	Mg
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Moyenne**	7.96	< 0.1	11.9	13.4	3.9	6.2
écart type	0.18	.	2.8	0.4	0.3	0.0

\* Moyenne de trois échantillons composites constitué du substrat de huit cavités chacun, pour chaque variable.

\*\* Moyenne de deux échantillons d'eau.

**Tableau 4.** Concentrations moyennes\*\*\*en éléments minéraux dans les parties aériennes et les racines des plants

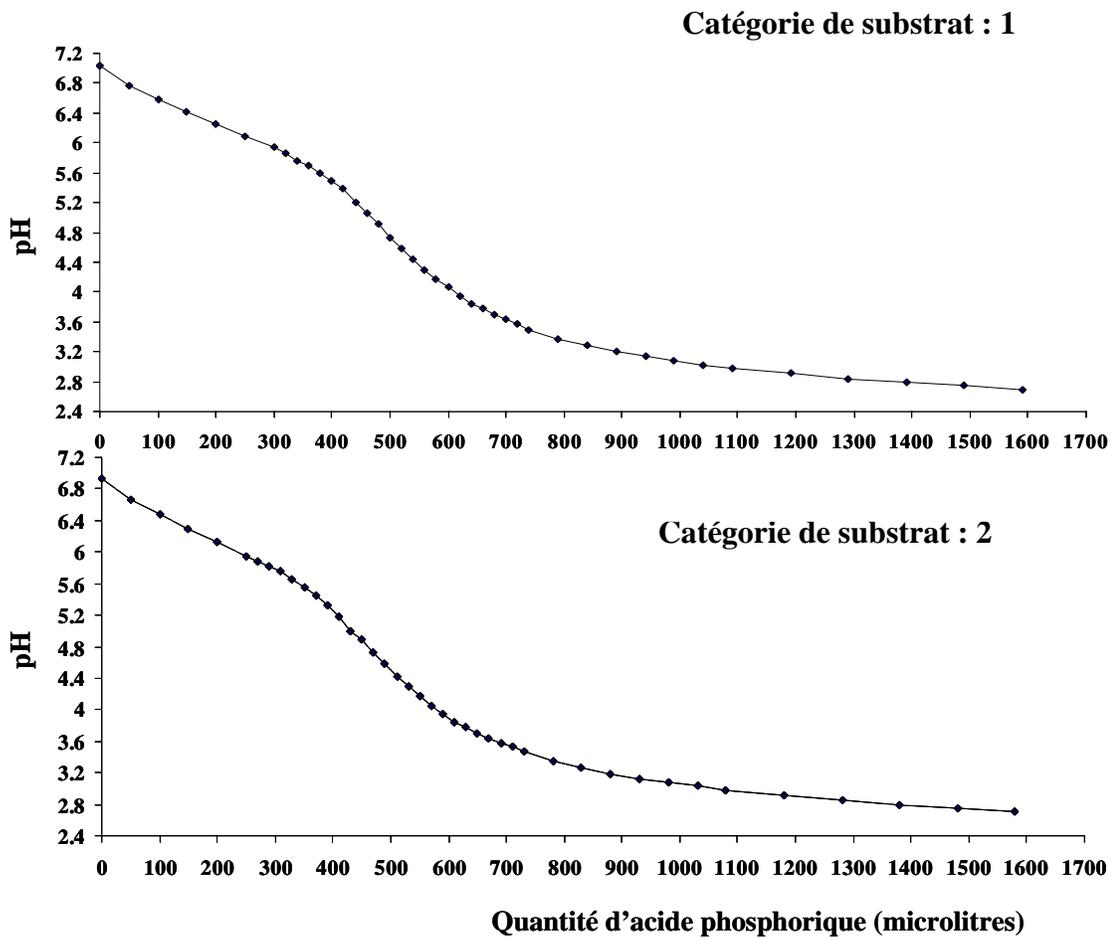
		Partie aérienne (%)												
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Al	Fe	Mo	Na	B
Catégorie 1	moyenne*	1.88	0.31	0.80	0.80	0.26	0.01	.	0.02	.	0.03	.	.	.
	écart type	0.13	0.03	0.04	0.07	0.03	0.00	.	.	.	0.01	.	.	.
Catégorie 2	moyenne*	1.80	0.28	0.92	0.53	0.18	0.01	.	0.00	.	0.01	.	.	.
	écart type	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01	0.00	.	.	.	0.00	.	.	.
Catégorie 3	moyenne*	1.57	0.23	0.90	0.30	0.12	0.02	.	0.00	.	0.01	.	.	.
	écart type	0.07	0.01	0.10	0.01	0.00	0.00	.	0.00	.	0.00	.	.	.
		Racines (%)												
Catégorie 1	moyenne*	1.77	0.25	0.65	0.72	0.21	0.00	.	0.00	0.01	0.07	.	0.03	.
	écart type	0.22	0.03	0.02	0.09	0.01	0.00	.	0.00	0.00	0.01	.	0.00	.
Catégorie 2	moyenne*	1.75	0.29	0.72	0.58	0.21	0.01	.	0.01	0.01	0.08	.	0.02	.
	écart type	0.13	0.01	0.04	0.05	0.02	0.00	.	0.00	0.00	0.01	.	0.00	.
Catégorie 3	moyenne*	1.47	0.28	0.75	0.30	0.12	0.00	.	0.01	.	0.01	.	.	.
	écart type	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	.	0.00	.	0.00	.	.	.

\*\*\* Moyenne de trois échantillons composites constitués de huit plants chacun, pour chaque variable.

**Tableau 5.** Principales fonctions physiologiques des éléments nutritifs essentiels et les concentrations adéquates souhaités chez les plants résineux produits en récipients.

Élément	Principales fonctions physiologiques	Concentrations adéquates
N (%)	Constituant des acides aminés, des enzymes, des acides nucléiques, des chlorophylles et des hormones des plantes	1,2 – 2
P (%)	Transfert d'énergie, constituant des acides nucléiques, des nucléoprotéines, des phospholipides et des sucres phosphorylés	0,10 – 0,20
K (%)	Synthèse des protéines, l'activité des enzymes, translocation et maintien des relations hydriques via le contrôle stomatique	0,30 – 0,80 %
Ca (%)	Perméabilité des membranes, constituant des lamelles	0,20 – 0,50
Mg (%)	Constituant des chlorophylles, co-facteur de plusieurs enzymes, activation des enzymes de photosynthèse (RuBPC: ribulose biphosphate carboxylase)	0,10 – 0,15
S (%)	Constituant de certains enzymes et protéines, réactions de décarboxylation	0,10 – 0,20
Fe (ppm)	Constituant des enzymes du hème, présent dans les chloroplastes, la déficience engendre une diminution du taux de la photosynthèse nette et de la respiration	40 - 200
Cl (ppm)	Nécessaire pour l'évolution de l'oxygène dans les processus de photosynthèse	-
Mn (ppm)	Activation des enzymes d'oxydation, transport des électrons impliqués dans la photosynthèse, la déficience affecte la structure des chloroplastes	100 - 250
B (ppm)	Synthèse de l'uracile (composante de l'ARN), influence la concentration des régulateurs de croissance et la translocation des sucres	20 - 100
Zn (ppm)	Rôle de liaison dans les enzymes, métabolisme de l'azote, synthèse des auxines	30 - 150
Cu (ppm)	Constituant des enzymes d'oxydation intervenant dans la réduction de l'oxygène, constituant de substances de la chaîne de transport des électrons de la photosynthèse	4 - 20
Mo (ppm)	Rôle dans la réduction des nitrates	0.25 – 5.0

(Adapté de Landis 1985; Bigg et Schalaus 1990)



**Figure 2.** Courbe de titration du filtrat extrait des deux catégories de substrat (pH neutre à alcalin). Le volume titré est de 30 mL. L'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ) utilisé est concentré à 1% (1 mL d'acide phosphorique concentré à 85% par 100 mL, soit 0,85% en  $H_3PO_4$ ).

## Annexe 1

-----Message d'origine-----

**De:** Michel Rochon [mailto:mrochon@arbresharrington.com]

**Date:** 27 juillet, 2005 11:13

**À:** Renaud, Mario (DRF)

**Objet:** Ph élevé du substrat

Bonjour Mario,

Au printemps 2004, nous avons utilisé un mélange de tourbe différent pour la production d'Épb en 25-350A. Le mélange est composé de **vermiculite 15%,**

**perlite 5%**

**chaux dolomitique 8 livres par verge cube**

**agent mouillant (Aquagro2000G) :1 livre par verge cube.**

Or, l'utilisation de ce nouveau mélange a occasionné des problèmes majeurs : le ph se maintient à 8 ( test à l'eau) et la croissance des semis est très lente.

À titre d'expert-conseil, auriez-vous l'obligeance de bien vouloir procéder à une expertise du problème susmentionné.

Merci.

Michel Rochon

Pépinière de Harrington