

## Variabilité spatiale et variations extrêmes des teneurs en eau du substrat en pépinière forestière : facteurs aggravant de l'insuffisance racinaire

Par [Mohammed S. Lamhamedi](#), ing.f., M. Sc., Ph. D.

Pour les cultures de plants en récipients produits à l'extérieur, les pépiniéristes du Québec privilégient surtout des systèmes d'irrigation munis d'asperseurs fixes à jet rotatif. Toutefois, ces différents systèmes n'assurent pas toujours une bonne uniformité de l'irrigation, ce qui génère une variabilité spatiale importante des teneurs en eau du substrat dans les aires de culture. Cette variabilité rend délicate la production de plants uniformes et l'atteinte des normes et critères morpho-physiologiques requis pour le reboisement. Par exemple, un excès d'irrigation ou le dessèchement rapide du substrat en été, pendant les journées très chaudes, peuvent affecter négativement l'évolution de la croissance et la viabilité des nouvelles racines, ainsi que la cohésion des carottes des plants. Il pourrait alors en résulter une augmentation significative du nombre de plants rejetés lors de la qualification avant livraison pour le reboisement.

Les objectifs de la recherche effectuée étaient de : **i)** Quantifier et cartographier l'hétérogénéité spatiale de la croissance des plants et des teneurs en eau du substrat, générée par les asperseurs, en utilisant l'analyse géostatistique, **ii)** Évaluer le coefficient d'uniformité du système d'irrigation, **iii)** Déterminer le nombre optimal de récipients à échantillonner pour déterminer la teneur en eau du substrat et **iv)** Évaluer l'effet du dessèchement du substrat sur la croissance des racines en conditions contrôlées et en pépinière forestière.

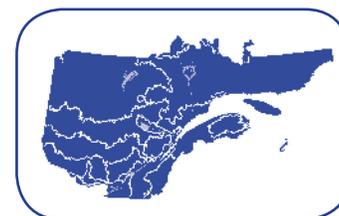
### Évaluation de la variabilité spatiale et de la croissance des plants en pépinière

Le dispositif expérimental couvrait le patron d'arrosage de deux asperseurs (Figure 1). Sa superficie approximative était de 248 m<sup>2</sup>, soit 26 récipients en largeur et 70 récipients en longueur, pour un total de 1820 récipients. L'espacement entre deux lignes d'irrigation était de 12,8 m et celui des asperseurs (modèle Vyr-35, VYRSA, Burgos, Espagne) sur une même ligne était de 12,2 m, permettant respectivement un recouvrement du diamètre d'action des asperseurs de 57,6% et de 59,6%.

Cinq dates d'échantillonnage, réparties tout au long de la saison de croissance, ont été choisies afin de bien cerner l'ampleur de la variabilité spatiale des teneurs en eau du substrat selon différentes conditions environnementales (après irrigation, après pluie, après une période sèche, etc.). Les teneurs en eau du substrat ont été mesurées, en utilisant 300 à 336 récipients, à l'aide de la réflectométrie dans le domaine temporel (MP-917, ESI, Environmental Sensors Inc, Victoria, C.-B., Canada). La hauteur et le diamètre des cinq plants contenus dans les cavités des récipients échantillons, au travers desquelles était insérée la sonde du MP-917, ont été mesurés.

Les analyses géostatistiques ont démontré la persistance d'une variabilité spatiale, tout au long de la saison de croissance, des teneurs en eau du substrat et de la croissance en hauteur (Figure 1a). La technique du krigeage a permis de cartographier les différentes zones homogènes reliées, par exemple,

aux variations de teneurs en eau du substrat et de la croissance en hauteur des plants, lesquelles varient selon la date d'échantillonnage. De plus, un indice qui tient compte des variations des teneurs en eau du substrat tout au long de la saison de croissance, appelé intégrale des teneurs en eau du substrat ( $\theta I$ ), a été cartographié et corrélé, selon un modèle parabolique, à l'accroissement en hauteur et à la masse sèche totale des plants (2+0). Ainsi, plus la valeur de l'intégrale est élevée en un point donné, plus la teneur en eau du substrat en ce point était maintenue relativement élevée (Figure 1b). Les valeurs optimales des variables de croissance étaient observées lorsque  $\theta I$  est autour de 3000 (cm<sup>3</sup> eau/cm<sup>3</sup> substrat \* jour), ce qui correspond à une teneur en eau du substrat de 40% (v/v). Les zones homogènes de faible croissance en hauteur des plants sont associées aux endroits où  $\theta I$  est faible (Figure 1a, b).



Territoires où les résultats peuvent s'appliquer.

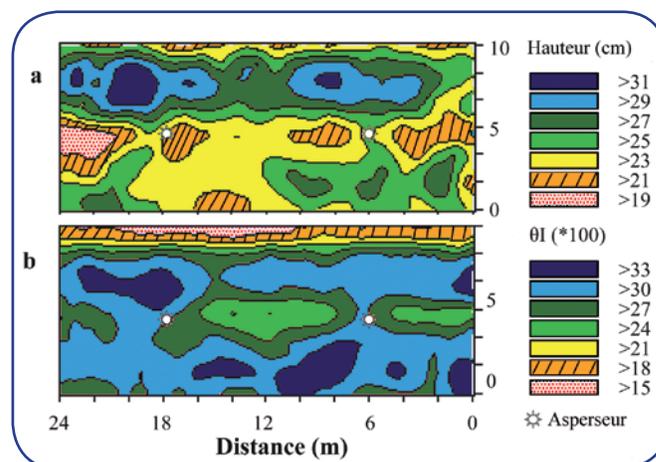


Figure 1. Représentation cartographique, déterminée à l'aide de l'interpolation par krigeage, de (a) la hauteur des plants d'épinette blanche (2+0) en fin de saison de croissance (10 septembre) et de (b) l'intégrale des teneurs en eau du substrat ( $\theta I$ ).

Afin de tenir compte de l'effet combiné de l'asperseur, des variables environnementales, de l'architecture des parties aériennes des plants d'épinette blanche et des propriétés physiques du substrat sur la variabilité de la répartition spatiale des teneurs en eau du substrat de la rhizosphère, le coefficient d'uniformité de Christiansen (CUCs) spécifique à la teneur en eau du substrat au niveau de la rhizosphère a été calculé et variait entre 73 et 84 % selon la date d'échantillonnage.

### Nombre optimal de récipients échantillons

Cette expérience, la première du genre, a permis de déterminer le nombre optimal de récipients à échantillonner entre deux asperseurs consécutifs pour faciliter la prise de décision en matière d'irrigation. Il se situe entre 11 et 19 récipients tout en gardant une distance minimale entre les récipients échantillons de 3,5 m.

### Dessèchement du substrat lors d'étés secs et accentuation du taux d'insuffisance racinaire

Dans les zones sèches où les teneurs en eau du substrat sont faibles et à cause de ses propriétés hydrophobes, la mouillabilité des substrats tourbeux est très lente et peut se faire de façon hétérogène entre les cavités d'un même récipient. Ces conditions épisodiques de dessèchement du substrat, même pendant une période très courte, favorisent le rétrécissement des racines et l'augmentation de la proportion de racines lignifiées (Figure 2). Celles-ci affectent négativement la surface racinaire d'absorption, la résistance au flux d'eau à l'interface sol-racine et la viabilité des racines. À cause de la saison de croissance très courte, le dessèchement du substrat engendre un retard de la reprise de l'activité racinaire et de l'initiation de nouvelles racines blanches pouvant coloniser la carotte et absorber l'eau et les éléments minéraux (Figure 2). Le maintien de zones sèches dans la carotte, pendant les périodes très chaudes en été, contribue à l'augmentation de la mortalité des racines (Figure 3). Ces plants seront également plus sensibles à la dessiccation hivernale. Lors de la qualification des plants en automne et au printemps, les pépiniéristes observant, par exemple, l'absence de colonisation de la carotte par les racines ou la présence de racines mortes, auront ainsi tendance à attribuer ces manifestations à l'excès d'irrigation et au gel racinaire plutôt qu'à un manque d'irrigation en période de sécheresse.

### Conclusion

La résultante de l'amplification des variations spatiales de teneurs en eau du substrat, durant la saison de croissance, se traduit par une croissance des parties aériennes et des racines

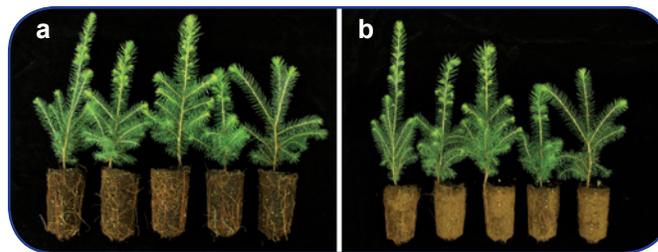


Figure 2. a) Plants d'épinette blanche qui montrent une activité racinaire normale et b) ces mêmes plants ayant subi un dessèchement suivi d'un arrosage en conditions contrôlées. Le dessèchement du substrat entraîne un retard important de la mouillabilité du substrat et de la reprise de la croissance des racines.



Figure 3. Plants résineux produits dans différents types de récipients dans différentes pépinières forestières. Remarquez a) l'écoulement de l'eau préférentiel tout au long des rainures après arrosage; et b-c) la partie inférieure des carottes qui reste sèche même après irrigation. Ce dessèchement répété, surtout lors des étés très secs, contribue à l'augmentation du taux d'insuffisance racinaire.

des plants très hétérogène, surtout chez les plants d'épinette blanche (2+0). En plus de sa grande variabilité de croissance entre les individus, cette essence se distingue également par sa grande sensibilité à la sécheresse et par ses besoins en eau et en éléments minéraux très élevés. Pendant les périodes estivales très chaudes et en l'absence de précipitations importantes, il serait avantageux d'irriguer et de s'assurer de la saturation du substrat. Ceci permettra d'éviter l'amplification des variations extrêmes des teneurs en eau du substrat et les effets néfastes du dessèchement sur la croissance des racines (Figure 3). Le maintien des teneurs optimales en eau du substrat autour de 40% (v/v) et l'utilisation d'un système d'irrigation doté d'une excellente uniformité s'avèrent nécessaires pour produire des lots d'épinette blanche (2+0) relativement homogènes.

### Pour en savoir plus

LAMHAMED, M.S., L. LABBÉ, H.A. MARGOLIS, D.C. STOWE, L. BLAIS et M. RENAUD, 2006. *Spatial variability of substrate water content and growth of white spruce seedlings*. Soil Sci. Soc. Am. J. 70 : 108-120.

Cet article scientifique a reçu un prix octroyé par la maison d'édition américaine The Haworth Press, INC. pour son originalité.

Les liens Internet de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8  
Téléphone : 418 643-7994 Télécopieur : 418 643-2165  
Courriel : [recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca](mailto:recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca)  
Internet : [www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche](http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche)

ISSN : 1715-0795

Ressources naturelles  
et Faune

Québec

