

221

DA43

Parachèvement de l'autoroute 35 entre la
frontière américaine et Saint-Jean-sur-Richelieu

MRC Le Haut-Richelieu

6211-06-110

Lucie Guisard 1.6

Observations sur la tolérance aux embruns salins d'espèces ligneuses
en plantation aux abords des autoroutes

par Roger Beaudoin¹

¹ Direction de la recherche, ministère des Forêts, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy, Québec, G1P 3W8

Résumé

La tolérance au sel de déglacage de 32 espèces de conifères en plantation, aux abords d'une autoroute et des voies d'un échangeur, a été étudiée 15 ans après la plantation. Les résultats indiquent que les embruns salins formés par le déplacement des véhicules sont la cause principale des dégâts observés sur les arbres. La ligne de plantation située à l'avant-plan de chaque parcelle est généralement plus affectée par la dérive des embruns salins que les autres lignes. À une même distance du revêtement et avec les mêmes espèces, les dégâts sont plus importants dans les plantations localisées aux abords de l'autoroute, comparativement à celles situées aux abords des bretelles de l'échangeur. Par déduction, cette variation semble être fonction de données estimées de la quantité de sel épandue sur la chaussée, du nombre journalier et de la vitesse de déplacement des véhicules ainsi que de la vitesse du vent. Le brunissement des aiguilles au printemps et la réduction de la masse foliaire dans la partie affectée de l'arbre contribuent à réduire la capacité photosynthétique des arbres, ce qui se manifeste selon l'espèce et sa localisation par une réduction plus ou moins importante de la croissance en hauteur totale à cet âge. Le nombre limité de répétitions ne permet pas de déceler de différences entre les provenances des espèces concernées pour la résistance aux embruns salins. Parmi les espèces faisant partie de ce dispositif, Picea pungens et Picea engelmannii sont les plus tolérantes aux embruns salins lorsqu'elles sont localisées aux abords de l'autoroute, à une distance moyenne de 17 m du revêtement. Finalement, cette étude confirme l'importance du choix des espèces pour la tolérance aux embruns salins, en vue d'établir des plantations plus efficaces et plus esthétiques comme brise-vent et comme arbres d'ornementation aux abords des autoroutes.

1 Mots-clés : autoroute, sel de déglacage, conifères en plantation, tolérance au
2 sel, croissance en hauteur.

1 Summary

2 Tolerance to de-icing salt was evaluated, 15 years after planta-
3 tion, for 32 coniferous species along an expressway and an interchange. Obser-
4 vations show that damages to trees result mainly from spindrifts caused by
5 passing vehicles. Trees planted closest to spindrifts are generally more
6 affected. At the same distance from the pavement and for the same species,
7 damages are more important in the plantations located close to the expressway
8 comparatively to those located close to the interchange. This variation seems
9 to be a function of the estimated quantity of salt spread on the pavement, of
10 the daily number and speed of vehicles and of wind speed. Browning of needles
11 during spring and reduction of the foliar mass in the affected part of the tree
12 contribute to the reduction of the photosynthetic capacity of the trees which
13 is characterized, according to the species and its localization, by a more or
14 less important reduction of total height growth at a given age. The limited
15 number of repetitions does not allow detecting any difference between prove-
16 nances of the various species for their resistance to salt spindrifts. Among
17 species included in this test, Picea pungens and Picea engelmannii are the most
18 tolerant to salt spindrifts when located close to the expressway, at average
19 distance of 17 m from the pavement. This study shows that the choice of
20 species for their tolerance to salt spindrifts is important if more efficient
21 and more aesthetic plantations are to be established for windbreaks or ornamen-
22 tation along expressways.

23 Key words : expressway, de-icing salt, conifer plantation, salt tolerance,
24 height growth.

1 Introduction

2 L'épandage de sel comme fondant sur les routes du Québec pour les
 3 maintenir libres de neige et de glace est une technique qui se pratique depuis
 4 de nombreuses années. Lorsque la température extérieure est supérieure à
 5 -10°C, le fondant utilisé est du chlorure de sodium (pureté 95 p. 100) conte-
 6 nant un faible pourcentage de sulfate provenant de la roche dont il a été
 7 extrait. À des températures inférieures à -10°C, il perd de son efficacité
 8 comme fondant et on mélange alors le sel (15 p. 100) à du sable ou de la pierre
 9 finement concassée. Dans certaines régions du Québec, on peut à l'occasion
 10 utiliser du chlorure de calcium en très faible quantité. Un antiagglomérant
 11 (ferrocyanure de fer ou de sodium) est incorporé aux fondants pour en faciliter
 12 l'épandage.

13 Chaque année, entre 18 et 35 tonnes métriques de sel sont appliqués
 14 par kilomètre de voie simple sur les autoroutes. Cette importante quantité de
 15 sel est ensuite relocalisée dans l'environnement immédiat des voies de circula-
 16 tion par les chasse-neige, l'écoulement de l'eau et la dérive des embruns
 17 formés par le déplacement des véhicules.

18 Ces embruns salins causent des dommages aux arbres, arbrisseaux et
 19 arbustes situés à proximité des voies de communication, par une concentration
 20 foliaire en sodium et en chlorure anormalement élevée, surtout durant la
 21 période printanière (Hall et al. 1972; Hall et al. 1973; Hofstra et al. 1971).
 22 La plantation massive d'espèces ligneuses aux abords du réseau routier québé-
 23 cois peut ne pas donner entièrement l'effet escompté comme brise-vent ou comme
 24 arbres d'ornementation, si les espèces et provenances choisies sont affectées
 25 dans leur développement. Le but de cette recherche consistait donc à déter-
 26 miner la tolérance au sel de déglacage de plusieurs espèces et provenances de
 27 conifères et de feuillus indigènes et introduites en plantation et déjà en

1 essai pour leur rusticité et leur croissance dans les arboretums du ministère
2 des Forêts du Québec.

3 4 Matériel et méthodes

5 Un essai de 32 espèces de conifères, 9 indigènes et 21 introduites,
6 comprenant 66 provenances au total (tableau 1) et de 27 espèces de feuillus, 9
7 indigènes et 18 introduites, a été établi en 1975, par le Service de la recher-
8 che forestière du ministère des Terres et Forêts en collaboration avec le
9 ministère des Transports du Québec. Cet essai est localisé aux abords de
10 l'autoroute Jean-Lesage et des bretelles d'un échangeur, à la sortie 191 qui se
11 situe à mi-chemin entre Québec et Montréal et qui constitue l'aire expéri-
12 mentale de Sainte-Brigitte-des-Saults, latitude 45° 59' N, longitude 72° 24' O
13 et altitude 85 m. La plantation a été réalisée manuellement, avec des plants
14 (2-3) à racines nues de 20 à 60 centimètres de hauteur pour les conifères et
15 les feuillus, sauf pour les clones de peupliers dont les boutures sont enfon-
16 cées à 45° dans le sol.

17 Le sol, dont la texture varie de loam sableux à sable loameux, est
18 recouvert d'une végétation composée de plantes herbacées. Les plantations sont
19 établies sur un terrain horizontal ou avec une pente très faible vers les
20 canaux de drainage qui bordent l'autoroute et les bretelles de l'échangeur.

21 L'essai fut établi selon un plan expérimental comprenant 4 blocs
22 aléatoires incomplets pour les conifères et pour les feuillus (figure 1). Les
23 parcelles de conifères sont placées à l'avant-plan aux abords de l'autoroute
24 (blocs CC' et EE') et des voies de l'échangeur (blocs AA' et GG') tandis que
25 les parcelles de feuillus (blocs BB', DD', FF' et HH') sont placées en second
26 plan, espacées de 3 m des parcelles de conifères. Chaque parcelle de coni-
27 fères et chaque parcelle de feuillus comptent 15 arbres de la même espèce et

provenance sur 3 lignes de 5 arbres parallèles aux voies de circulation correspondantes. Pour chaque parcelle l'espacement entre les arbres est de 3 m.

Des informations recueillies auprès des responsables de l'entretien des routes du ministère des Transports du district de Drummondville nous indiquent que l'épandage de sel par kilomètre de voies simples d'autoroute, dans le secteur comprenant celui de l'aire expérimentale, a été entre 20 et 25 tonnes métriques pour l'année 1989 afin de la maintenir libre de neige et de glace presque en tout temps. Les bretelles de l'échangeur ont reçu environ 16 à 20 tonnes métriques de sel, à l'exception des parties situées vis-à-vis A' et G' sur le plan (figure 1) et qui font l'objet d'un entretien hivernal moins rigoureux de la chaussée. Le nombre journalier de véhicules qui parcourent l'autoroute à cet endroit est évalué aux environs de 15 à 17 000. Nous n'avons pas d'information précise sur le nombre de véhicules qui utilisent les bretelles de l'échangeur, mais il est de beaucoup inférieur au précédent. La vitesse maximale permise sur l'autoroute est de 100 km/h tandis que la vitesse effective sur les bretelles de l'échangeur est de 20 à 50 km/h. La plantation est soumise à un vent dominant d'ouest qui franchit l'axe longitudinal de l'autoroute suivant un angle d'environ 60°. La partie A' du bloc AA' est partiellement protégée des vents dominants par un brise-vent naturel constitué de feuillus.

Les observations visant à évaluer la tolérance des espèces aux embruns de sel de déglacage portent uniquement sur les conifères pour les raisons suivantes : plusieurs parcelles de feuillus (survie \pm 15 p. 100) ont été éliminées à cause de la présence abondante de rongeurs (mulots); l'éloignement des parcelles de feuillus du revêtement (26 m en moyenne pour la ligne la plus exposée) et l'écran protecteur (plus ou moins efficace selon les espèces) que forment les parcelles de conifères situées en avant-plan, atténuent de façon variable mais significative les dommages qui pourraient résulter de la

dérive des embruns de sel de déglacage sur les feuillus et donnent des résultats peu fiables pour les feuillus restants.

Tout d'abord, après 12 ans de croissance en plantation, des données ont été prises à la fin de juin sur chaque parcelle de conifères. La hauteur moyenne des arbres vivants de chaque parcelle a été mesurée à l'aide d'une règle. Pour quantifier les dégâts attribuables au seul sel de déglacage, il nous a fallu les distinguer de la coloration des aiguilles, la défoliation des rameaux et la mortalité des bourgeons dues à des facteurs autres que les embruns salins. Ces facteurs sont le gel des bourgeons, le gel des pousses, la dessiccation hivernale, les insectes et les maladies. Pour l'évaluation de la tolérance aux embruns de sel de déglacage, la cime de l'arbre était subdivisée en trois parties égales dans le sens de la hauteur. La nature des dommages (coloration et perte des aiguilles, mortalité des bourgeons) et le pourcentage moyen du feuillage affecté dans chaque partie de l'arbre pour l'ensemble de la parcelle étaient estimés visuellement. Après 15 ans de croissance en plantation, les données pour les mêmes variables ont été prises à la mi-mai, non pas sur une moyenne de la parcelle comme à l'âge de 12 ans, mais pour chaque ligne de 5 plants de chaque parcelle de conifères. La hauteur moyenne des arbres et la tolérance des espèces aux embruns salins pour chaque zone de dégâts et chaque ligne de plantation ont été comparées. Chaque observation sur les conifères aux âges de 12 et 15 ans, pour la tolérance aux embruns salins, a été effectuée sur un total de 1 296 arbres pour obtenir les résultats. Le critère de base retenu pour évaluer la tolérance des espèces aux embruns salins est la réduction de la masse foliaire (perte des aiguilles et modification de la branchaison) dans la partie la plus affectée de l'arbre pour chaque ligne de plantation. Le tiers inférieur de la cime s'est avéré la partie la plus affectée de l'arbre dans presque tous les cas. La ligne de plantation la plus

1 exposée (ligne 1), sur laquelle on observe les dégâts les plus importants, est
2 directement soumise à la dérive des embruns salins et semble plus révélatrice
3 de la tolérance des espèces. Cette réduction de la masse foliaire est en
4 relation étroite avec l'importance de la coloration brunâtre des aiguilles au
5 printemps. La détermination pour les conifères de leur tolérance aux embruns
6 salins comprend quatre classes basées sur la sévérité des dommages (tableau 2).

7 Résultats et discussion

8 Les observations aux âges de 12 et 15 ans de croissance après la
9 plantation démontrent clairement que les dommages causés aux conifères sont
10 principalement dus à la dérive des embruns de sel de déglacage sur les aiguil-
11 les. La perte des aiguilles à laquelle s'ajoute, pour les mois de février à
12 août, la coloration brunâtre des aiguilles apparaissent sur la partie la plus
13 exposée de l'arbre, soit celle située à l'avant-plan des voies de circulation.
14 La ligne de plantation située la plus près des voies de circulation est plus
15 affectée que les autres.

16 Aucune décoloration pouvant indiquer des symptômes de toxicité dus
17 au sol n'a été observée sur les aiguilles de l'année courante. La décoloration
18 au printemps et le brunissement à l'automne (août-septembre) des aiguilles des
19 mélèzes sont causés par des attaques du porte-case du mélèze (Coleophora lari-
20 cella Hübner). L'accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans le sol, pour différentes
21 stations situées en bordure de l'autoroute Jean-Lesage, est influencée par la
22 texture du sol (Allard et Therrien 1977. Données non publiées). La texture du
23 sol a été déterminée à partir d'analyses granulométriques (méthode de Bouyou-
24 cos) sur des échantillons de sol prélevés aux abords de l'autoroute et des
25 bretelles de l'échangeur. Celle-ci varie de loam sableux à sable loameux. La
26 capacité d'adsorption des ions Na^+ et Cl^- de ces sols est relativement faible,

1 la proportion d'argile des échantillons varie de 3 à 15 p. 100. Un réseau de
2 drainage, situé à mi-chemin entre l'autoroute et les plantations de conifères,
3 contribue à capter l'eau de délavage des sels lors de la fonte au printemps.

4 La partie de l'arbre la plus affectée se situe, en général, entre
5 0 et ± 2 m à partir du sol. La première couche de neige au sol protège parti-
6 tiellement le bas de l'arbre (± 35 cm) contre l'accumulation excessive de sel
7 sur les aiguilles et diminue d'autant les dommages. Passé 2 m de hauteur, les
8 espèces plus tolérantes aux embruns salins poursuivent normalement leur déve-
9 loppement tandis que pour les espèces moins tolérantes, les dommages diminuent
10 progressivement à mesure que l'on s'éloigne du sol. Pour ce dispositif, la
11 première ligne de plantation de conifères est distante en moyenne de 17 m du
12 revêtement, la partie de l'arbre la plus affectée, entre 0 et ± 2 m à partir du
13 sol, correspond à celle qui reçoit le plus d'embruns salins. Hofstra et Hall
14 (1971) ont montré, à partir d'aiguilles échantillonnées à 15, 60 et 150 cm de
15 hauteur dans l'arbre, que les dommages observés étaient proportionnels aux
16 concentrations en Na et Cl déterminées dans les aiguilles vertes et nécrosées.
17 Les aiguilles les plus sévèrement nécrosées tombent prématurément à l'automne.
18 Au mois de novembre, les aiguilles des arbres ne présentent plus de coloration
19 anormale mais une défoliation des rameaux est alors plus ou moins apparente
20 selon l'espèce et la localisation de l'arbre (figure 2). À part le brunisse-
21 ment des aiguilles et la présence de rameaux défoliés, on observe une modifica-
22 tion importante de la branchaison qui réduit davantage la masse foliaire dans
23 la partie de l'arbre la plus affectée. Les branches peuvent être plus clairse-
24 mées, plus courtes et, quelquefois dans les cas de dommages prononcés, totale-
25 ment absentes sur une partie de la tige, située directement au-dessus de la
26 couche de neige. Plusieurs espèces comme Pseudotsuga menziesii, Thuja occi-
27 dentalis, Pinus banksiana, Pinus strobus et Larix sibirica ont souvent des

1 formes buissonnantes dues à la formation de tiges multiples, de fourches et de
2 flèches multiples, provoquées par l'avortement souvent répété du bourgeon
3 terminal dans la partie affectée de l'arbre. Ces symptômes peuvent parfois
4 être attribuables à des facteurs autres que les embruns salins, soit la dessic-
5 cation hivernale, le vent, le gel répété des bourgeons ou les bris des rameaux
6 et des bourgeons par les chasse-neige. Cependant, une observation minutieuse à
7 Sainte-Brigitte-des-Saults, combinée aux résultats des plantations comparatives
8 en milieu forestier, pour les mêmes espèces et provenances, permet de mieux
9 faire la part des choses et ainsi déterminer la proportion des dommages attri-
10 buables aux embruns salins.

1 La distance entre les plantations et les voies de circulation joue
2 un rôle important dans l'intensité des dommages dus à la dérive des embruns
3 salins (Hofstra et Hall 1971). Pour des distances analogues, soit aux environs
4 de 17 m du revêtement, on observe une variation importante des dommages entre
5 les plantations situées aux abords de l'autoroute et celles qui sont situées le
6 long des bretelles de l'échangeur. Ces différences nous ont amenés à identi-
7 fier subjectivement trois zones (figure 1) dont l'intensité des dégâts est liée
8 directement à des facteurs déjà énumérés et quantifiés (voir plus haut), soit
9 la quantité de sel utilisée, le nombre et la vitesse de déplacement des véhi-
0 cules et la vitesse du vent. Un certain nombre de parcelles comprises dans 2
1 des 4 blocs délimités préalablement font parties de plus d'une zone de dégâts
2 pour un même bloc. Les conditions de croissance rencontrées à l'intérieur de
3 chaque zone de dégâts semblent plus homogènes que dans chaque bloc. Les résul-
4 tats pour la tolérance au sel et la croissance seront donc exprimés en fonction
5 de la présence des espèces dans une ou plusieurs zones de dégâts. La zone de
6 dégâts sévères est située de chaque côté de l'autoroute. À l'exception du pin
7 blanc, les espèces situées en bordure de l'autoroute sont affectées autant d'un

côté de l'autoroute que de l'autre. Chez cette dernière espèce, la coloration brunâtre des aiguilles et la réduction de la masse foliaire sont plus importantes du côté sud de l'autoroute par rapport au côté nord et la hauteur moyenne des arbres à 15 ans est respectivement de 1,3 m et 3,7 m, ce qui correspond à une différence significative au seuil de probabilité de 1 p. 100. Les zones de dégâts faibles (parties A et G) et très faibles (parties A' et G') sont situées en bordure des bretelles de l'échangeur. Quelques parcelles en bordure des bretelles de l'échangeur (localisées à l'est de la partie G') ont été plus endommagées par les embruns salins provenant de l'autoroute située à proximité.

La tolérance des conifères de la ligne de plantation la plus exposée (ligne 1) aux embruns de sel de déglacage dans chaque zone de dégâts est présentée au tableau 3. Les espèces, comme Thuja plicata, Abies lasiocarpa, Abies sacchalinensis, Abies nordmaniana, Abies nobilis et Pinus parviflora dont nous mentionnons le lieu d'origine au tableau 1 ont été exclues du tableau 3 parce que les arbres ont été complètement éliminés après la plantation à cause de leur manque de rusticité. Parmi les espèces faisant partie de ce dispositif, Picea pungens et Picea engelmannii sont les plus tolérantes aux embruns salins lorsqu'elles sont localisées aux abords de l'autoroute. Par contre, la croissance en hauteur de Picea pungens, tout comme celle de Picea engelmannii, est relativement lente, si on la compare à celles de plusieurs espèces moins tolérantes (tableau 4).

Pour chaque espèce, l'importance du brunissement des aiguilles au printemps et de la réduction de la masse foliaire sont liées (tableau 3) aux zones de dégâts déjà localisées. Cette réaction contribue à réduire, à l'âge juvénile, la capacité photosynthétique des arbres et équivaut à un élagage prématuré pratiqué avec plus ou moins de sévérité. Cette réduction de la

capacité photosynthétique affecte la croissance des arbres jusqu'à ce qu'ils aient atteint une hauteur et un développement de la masse foliaire suffisamment importants pour rétablir le rapport entre celle-ci et la hauteur de l'arbre nécessaire à une croissance normale. En comparant la hauteur moyenne des espèces de la zone de dégâts très faibles aux hauteurs moyennes dans les autres zones pour les mêmes provenances par espèce, nous avons essayé d'estimer l'influence des zones de dégâts sévères et faibles sur les hauteurs moyennes des espèces. Ces espèces sont donc plantées sur un même site et sur un sol dont la texture est comparable pour chacune des trois zones de dégâts localisées, la seule variable d'importance étant la dérive des embruns salins. Les hauteurs moyennes à 15 ans des espèces dans les zones de dégâts sévères et faibles sont inférieures respectivement de 46 et 16 p. 100 à la hauteur dans la zone de dégâts très faibles. Les espèces à croissance rapide ou plus tolérantes ont plus de facilité à rétablir l'équilibre masse foliaire/hauteur pour une croissance normale. La hauteur moyenne à 15 ans des conifères pour chaque zone de dégâts et toutes les provenances est présentée au tableau 4. Le classement des espèces pour la tolérance aux embruns salins dans la zone de dégâts sévères est en relation avec le classement équivalent dans la zone de dégâts faibles (tableau 3).

Certaines espèces, 16 au total, sont représentées par plus d'une provenance pour une ou plusieurs zones de dégâts (tableau 1). Le nombre d'arbres par parcelle et surtout le nombre limité de répétitions des provenances pour ces espèces sur une seule station ne permettent pas de différencier les provenances pour leur tolérance au sel. Dans ce dispositif, la variabilité pour la tolérance au sel est sans doute beaucoup plus importante entre les espèces qu'entre les provenances. Deux provenances de Pinus contorta var. latifolia (n° 970 et 974, Alaska, É.-U.) de ce dispositif proviennent de

1 peuplements naturels soumis à l'air salin de l'Océan Pacifique; elles ne démon-
2 trent aucune adaptation pour la tolérance au sel.

3 Plusieurs espèces (tableau 3) sont affectées par une dessiccation
4 hivernale partielle ou prononcée, ainsi que par le gel des bourgeons ou des
5 pousses. La dessiccation hivernale a sensiblement les mêmes symptômes et les
6 mêmes effets que les embruns salins. Comme pour les symptômes dus aux embruns
7 salins, les symptômes de la dessiccation hivernale ne se produisent que sur la
8 partie exposée des arbres, la partie recouverte de neige ayant été préservée,
9 et ils ne sont perceptibles également qu'au printemps lorsque le feuillage très
10 sec et cassant tourne au rouge vif (Lavallée 1985). Plus tard, les aiguilles
11 desséchées tombent, ce qui cause une défoliation partielle ou totale des
12 rameaux selon l'espèce et la provenance; cela réduit d'autant et de façon
13 comparable à l'action du sel de déglacage, l'aspect esthétique de l'arbre. Des
14 plantations comparatives de provenances ont été établies avec ces espèces à
15 l'arboretum de Lotbinière, latitude 46° 30' N, longitude 71° 55' 0 et altitude
16 82 m. Les conditions climatiques à cet arboretum sont semblables à celles de
17 l'aire expérimentale de Sainte-Brigitte-des-Saults. Dans le dispositif à
18 l'étude on a vérifié la mauvaise adaptation aux conditions climatiques de
19 certaines espèces et provenances en comparant les symptômes et dégâts observés
20 sur ces mêmes espèces de conifères plantées en milieu forestier (arboretum).
21 La provenance de Picea engelmannii (n° 36, New Mexico, É.-U.) et une de Picea
22 glehnii (n° 44, Hokkaido, Japon) sont légèrement affectées par le gel des
23 bourgeons ou des pousses tandis que les provenances de Picea glehnii (139 et
24 142, Hokkaido, Japon) sont très affectées. Toutes les provenances d'espèces
25 comme Picea sitchensis, Picea jezoensis et Abies alba sont particulièrement
affectées par le gel des bourgeons ou des pousses ou la dessiccation hivernale.

1 Pour les parcelles situées aux abords de l'autoroute, il existe une
 2 variation intra-parcelle, entre les lignes de plantation, pour la tolérance aux
 3 embruns salins. Cette variation s'applique à toutes les espèces (tableau 5).
 4 Les espèces les moins tolérantes pour la ligne de plantation la plus exposée
 5 sont également les moins tolérantes dans la troisième ligne de plantation.
 6 L'éloignement de la troisième ligne de plantation d'une distance additionnelle
 7 de 6 m du revêtement par rapport à la première située à 17 m, combiné à l'effet
 8 de brise-vent des lignes situées à l'avant-plan, contribue à créer cette
 9 variation. Selon les espèces, un écart dans l'intensité des dégâts, correspon-
 10 dant à une ou deux classes de tolérance, peut s'établir entre la ligne la plus
 11 exposée et la troisième ligne de plantation (tableau 5). Cet écart est plus
 12 marqué pour l'espèce Pinus montana, qui a une croissance assez lente et une
 13 forme phénotypique buissonnante. L'avant-plan des arbres sur la première ligne
 14 est affecté, mais la masse foliaire de ces arbres à l'arrière-plan est suffi-
 15 samment dense et étendue pour créer une barrière protégeant les lignes de
 16 plantation subséquentes des embruns salins. Cette variation de l'intensité des
 17 dégâts entre les lignes de plantation de chaque espèce se reflète sur leur
 18 croissance en hauteur. Les hauteurs moyennes de 23 espèces de conifères pour
 19 les lignes de plantation 1 et 3 sont respectivement de 2,9 m et 3,3 m à l'âge
 20 de 15 ans. Cette différence est cependant non significative au seuil de proba-
 21 bilité de 5 p. 100.

22 Conclusion

23 Parmi les espèces faisant partie de ce dispositif, Picea pungens et
 24 Picea engelmannii sont les plus tolérantes aux embruns salins lorsqu'elles sont
 25 localisées aux abords de l'autoroute, à une distance moyenne de 17 m du revête-
 26 ment. La bonne tolérance de Picea pungens confirme les résultats déjà obtenus
 27

par d'autres chercheurs comme Hall et al. (1973). La variabilité des provenances pour la coloration des aiguilles (bleuâtre à verdâtre) et le port et la densité des branches en font des espèces recherchées pour l'ornementation. La tolérance aux embruns salins de Pinus nigra var. austriaca est un peu moins bonne que celle des deux espèces précédentes et la variabilité entre les arbres d'une même provenance pour ce caractère y est plus marquée. Le vieillissement des aiguilles (4 ans) leur confère une coloration jaunâtre à l'automne et entraîne la défoliation naturelle de la base des branches les plus âgées; ceci accentue pour cette espèce les symptômes des dégâts dus aux embruns salins, surtout dans le tiers inférieur de l'arbre.

D'autres espèces, un peu moins tolérantes (2-3) et très peu affectées par la dessiccation hivernale des aiguilles ou le gel des bourgeons et des pousses, peuvent servir avantageusement dans la zone de dégâts sévères même si la résistance au sel n'est pas totale. Une croissance rapide (Larix spp. sauf L. sibirica) et une diversité dans le port, la densité des branches et la coloration des aiguilles compensent pour les dégâts observés. Aux abords des voies secondaires ou même des autoroutes lorsque les arbres sont plus éloignés du revêtement ou partiellement protégés des embruns salins par une ou plusieurs lignes de plantation d'espèces plus tolérantes, les espèces classées 2-3 ont un comportement intéressant. En fait, le choix des espèces et provenances à utiliser aux abords des autoroutes devra tenir compte en premier lieu de leur tolérance aux embruns salins, mais aussi de cette diversité dans la pluralité des espèces et provenances, pour la constitution de brise-vent efficaces et esthétiques et comme arbres d'ornementation. Pour les conifères, cette diversité phénotypique du matériel biologique s'exprime par la rusticité, la croissance, la coloration des aiguilles et de l'écorce, le port et la densité des branches et la susceptibilité aux attaques des insectes et aux maladies.

1 Références

2
3 Hall, R., G. Hofstra et G.P. Lumis. 1973. Sensitivity of roadside trees and
4 shrubs to aerial drift of deicing salt. Hortscience 8(6) :
5 475-477.

6
7 Hall, R., G. Hofstra et G.P. Lumis. 1972. Effects of deicing salt on Eastern
8 white pine : foliar injury, growth suppression and seasonal changes
9 in foliar concentrations of sodium and chloride. Can. J. Forest
10 Res. 2 : 244-249.

11
12 Hofstra, G. et R. Hall. 1971. Injury on roadside trees : leaf injury on pine
13 and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chlo-
14 ride. Can. J. Bot. 49 : 613-622.

15
16 Lavallée, A. 1985. La dessiccation hivernale et le gel des bourgeons. Service
17 canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Feuille
18 d'information CRFL 2, révisé 4 p.

Tableau 1. Lieu d'origine des conifères dans le dispositif de Sainte-Brigitte-des-Saults

Espèce	N° provenance	Lieu d'origine
<u>Abies alba</u>	279	Roumanie (Suceava)
<u>Abies balsamea</u>	106	Canada (Québec, Duchesnay)
<u>Abies fraseri</u>	109	États-Unis (Caroline du Nord)
<u>Abies lasiocarpa</u>	521	Canada (Alberta, Elpoco Creek)
<u>Abies nobilis</u>	452	France (Clermont-Ferrand)
<u>Abies nordmanniana</u>	296	Turquie (Merkez Sebinkarahisar)
	453	Turquie (Karanlikdere Sebinkarahisar)
<u>Abies sacchalinensis</u>	300	Japon (Hokkaido, Hiyama)
<u>Larix decidua</u>	563	Allemagne (Sudètes)
	632	Canada (Québec, Berthierville)
	638	Canada (Québec, Duchesnay)
<u>Larix eurolepis</u>	543	Danemark (Christiansminde)
<u>Larix laricina</u>	400	Canada (Québec, Chazel)
<u>Larix leptolepis</u>	556	Canada (Québec, Chatham)
	640	Canada (Québec, Orsainville)
<u>Larix sibirica</u>	19	Finlande (Lapinjarvi)
	419	U.R.S.S. (Chirinsk)

Tableau 1. Lieu d'origine des conifères dans le dispositif de Sainte-Brigitte-des-Saults (suite)

Espèce	N° provenance	Lieu d'origine
<u>Picea abies</u>	599	Finlande (South Karjala)
	5380	Canada (Ontario, Petawawa)
	5407	Allemagne de l'Est (Aue)
	6169	U.R.S.S. (Archangelsk)
	68013	Finlande (Loppi)
<u>Picea engelmannii</u>	36	États-Unis (New Mexico, Taos)
<u>Picea glehnii</u>	44	Japon (Hokkaido, Asachino)
	139	Japon (Hokkaido, Maruseppu)
	142	Japon (Hokkaido, Uryū)
<u>Picea glauca</u>	138	Canada (Québec, Duchesnay)
	283	Canada (Québec, Berthierville)
<u>Picea jezoensis</u>	144	Japon (Hokkaido, Hitaka)
	145	Japon (Hokkaido, Bifuka)
<u>Picea mariana</u>	149	Canada (Québec, Parke)
<u>Picea pungens</u>	14	États-Unis (Colorado, Chaffee County)
	28	États-Unis (Colorado, Mineral County)
	39	États-Unis (New Mexico, Rio Arriba County)
	150	États-Unis (Colorado)
<u>Picea rubens</u>	151	Canada (Québec, Duchesnay)

Tableau 1. Lieu d'origine des conifères dans le dispositif de Sainte-Brigitte-des-Saults (suite)

Espèce	N° provenance	Lieu d'origine
<u>Picea sitchensis</u>	21	Danemark (Rye Norskov)
	23	États-Unis (Alaska, Sitka)
	24	États-Unis (Alaska, Homer)
<u>Pseudotsuga menziesii</u>	47	Canada (Colombie Britannique, Golden)
	48	Canada (Colombie Britannique, Barrière)
	49	Canada (Colombie Britannique, Monte Creek)
	50	Canada (Colombie Britannique, Pillar Lake)
	51	Canada (Colombie Britannique, Fort St. James)
<u>Pinus banksiana</u>	---	Canada (Québec)
<u>Pinus contorta</u> var. <u>latifolia</u>	970	États-Unis (Alaska, Skagway)
	974-	États-Unis (Alaska, Annette Airfield)
	985	Canada (Colombie Britannique, Kispiox)
	994	Canada (Colombie Britannique, Wells)
	1029	États-Unis (Montana, Missoula)
	1031	États-Unis (Oregon, Wallowa)
	1047	(Canada (Alberta, Kananaskis)
	1057	États-Unis (Alaska, Gravina Isl.)
	1082	États-Unis (Montana, Kootenai)
	<u>Pinus montana</u>	57
186		Canada (Québec, Duchesnay)

Tableau 1. Lieu d'origine des conifères dans le dispositif de Sainte-Brigitte-des-Saults (suite)

Espèce	N° provenance	Lieu d'origine
<u>Pinus nigra</u>	190	Suisse (Schaffhausen)
var. <u>austriaca</u>	192	France (Badaroux)
<u>Pinus parviflora</u>	195	Japon (Honshu, Fukushima)
<u>Pinus resinosa</u>	---	Canada (Québec)
<u>Pinus strobus</u>	---	Canada (Québec)
<u>Pinus sylvestris</u>	---	Canada (Québec, Berthierville)
	598	Finlande
<u>Thuja occidentalis</u>	156	Canada (Québec, Duchesnay)
	157	Canada (Québec, Parke)
<u>Thuja plicata</u>	28	États-Unis (Washington, Clallam County)

Tableau 2. Classes de tolérance aux embruns salins basées sur la sévérité des dommages pour les conifères aux abords des autoroutes

-
1. Très bonne : Réduction de la masse foliaire (5 p. 100 et moins) et coloration brunâtre des aiguilles (5 p. 100 et moins)
 2. Bonne : Réduction de la masse foliaire (6 à 25 p. 100) et coloration brunâtre des aiguilles (moins de 25 p. 100)
 3. Moyenne : Réduction de la masse foliaire (26 à 45 p. 100) et coloration brunâtre des aiguilles (moins de 45 p. 100)
 4. Mauvaise : Réduction de la masse foliaire (46 p. 100 et plus) et coloration brunâtre des aiguilles (46 p. 100 et plus)
-

Cette classification s'applique à la partie la plus endommagée de l'arbre (dans les 2 mètres à partir du sol).

Tableau 3. Tolérance des conifères de la ligne de plantation la plus exposée (ligne 1) aux embruns de sel de déglacage dans chaque zone de dégâts.

Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<u>Picea pungens</u>	1-2*	1	1
<u>Picea engelmannii</u> ¹	1-2	-	-
<u>Pinus nigra</u> var. <u>austriaca</u>	1-2-3	1	1
<u>Larix laricina</u>	2-3	1	-
<u>Larix eurolepis</u>	-	1	1
<u>Larix leptolepis</u>	2-3	1	1
<u>Larix sibirica</u>	2-3	1	1
<u>Larix decidua</u>	2-3	1	1
<u>Picea glehnii</u> ¹	2-3	1	1
<u>Picea rubens</u>	2-3	1	1
<u>Picea mariana</u>	2-3	1	1
<u>Abies fraseri</u>	2-3	1	-
<u>Picea glauca</u>	2-3	-	1
<u>Thuja occidentalis</u>	3-4	1	1
<u>Abies balsamea</u>	3-4	-	1
<u>Picea abies</u>	3-4	1-2	-
<u>Pinus montana</u>	3-4	1-2	1

* Les classes de tolérance sont décrites au tableau 2.

¹ Gels des bourgeons ou des pousses.

Tableau 3. Tolérance des conifères de la ligne de plantation la plus exposée (ligne 1) aux embruns de sel de déglacage dans chaque zone de dégâts (suite)

Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<u>Pinus contorta</u> var. <u>latifolia</u> ²	3-4	1-2	1
<u>Pinus sylvestris</u>	3-4	1-2	1
<u>Pinus banksiana</u>	4	2-3	.
<u>Pinus resinosa</u>	4	-	1
<u>Picea jezoensis</u> ¹	4	-	1
<u>Abies alba</u> ¹	4	-	.
<u>Pseudotsuga menziesii</u> ¹⁻²	4	2-3	1
<u>Picea sitchensis</u> ¹⁻²	4	3-4	-
<u>Pinus strobus</u>	4	1-2	1

¹ Gels des bourgeons ou des pousses

² Dessiccation hivernale

Tableau 4. Hauteur moyenne, en mètres, à 15 ans des conifères dans chaque zone de dégâts

Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<u>Picea pungens</u>	2,7	2,3	2,0
<u>Picea engelmannii</u>	1,6	-	-
<u>Pinus nigra</u> var. <u>austriaca</u>	4,6	4,3	5,2
<u>Larix laricina</u>	5,3	7,6	-
<u>Larix eurolepis</u>	-	9,3	7,8
<u>Larix leptolepis</u>	8,4	-	11,3
<u>Larix sibirica</u>	3,0	4,3	4,8
<u>Larix decidua</u>	7,2	8,7	10,0
<u>Picea glehnii</u>	1,6	2,7	2,5
<u>Picea rubens</u>	2,9	3,0	3,4
<u>Picea mariana</u>	2,9	4,5	4,5
<u>Abies fraseri</u>	2,3	3,4	-
<u>Picea glauca</u>	3,3	-	4,7
<u>Thuja occidentalis</u>	1,5	2,5	2,4
<u>Abies balsamea</u>	3,7	-	5,0
<u>Picea abies</u>	3,0	3,9	5,7
<u>Pinus montana</u>	2,6	2,4	2,7

Tableau 4. Hauteur moyenne, en mètres, à 15 ans des conifères dans chaque zone de dégâts (suite)

Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<u>Pinus contorta</u> var. <u>latifolia</u>	3,5	4,2	4,4
<u>Pinus sylvestris</u>	4,3	4,9	5,2
<u>Pinus banksiana</u>	4,3	4,7	-
<u>Pinus resinosa</u>	4,8	4,3	6,3
<u>Picea jezoensis</u>	1,0	-	1,5
<u>Abies alba</u>	1,2	-	-
<u>Pseudotsuga menziesii</u>	2,0	3,7	4,1
<u>Picea sitchensis</u>	1,3	1,7	-
<u>Pinus strobus</u>	2,9	6,0	6,7

Tableau 5. Variation intra-parcelle, entre les lignes de plantation, pour la tolérance aux embruns salins, dans la zone de dégâts sévères

Espèce	Zone de dégâts sévères		
	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3
<u>Picea pungens</u>	1-2	1	1
<u>Picea engelmannii</u>	1-2	1	1
<u>Pinus nigra</u> var. <u>austriaca</u>	1-2-3	1	1
<u>Larix laricina</u>	2-3	1-2	1
<u>Larix eurolepis</u>	-	-	-
<u>Larix leptolepis</u>	2-3	-	-
<u>Larix sibirica</u>	2-3	1-2	1
<u>Larix decidua</u>	2-3	1-2	1
<u>Picea glehnii</u>	2-3	-	-
<u>Picea rubens</u>	2-3	1-2	1-2
<u>Picea mariana</u>	2-3	1-2	1-2
<u>Abies fraseri</u>	2-3	1-2	1
<u>Picea glauca</u>	2-3	1-2-3	1-2
<u>Thuja occidentalis</u>	3-4	2-3	2
<u>Abies balsamea</u>	3-4	2-3	1-2
<u>Picea abies</u>	3-4	2-3-4	2-3
<u>Pinus montana</u>	3-4	1	1

Tableau 5. Variation intra-parcelle, entre les lignes de plantation, pour la tolérance aux embruns salins, dans la zone de dégâts sévères (suite)

Espèce	Zone de dégâts sévères		
	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3
<u>Pinus contorta</u> var. <u>latifolia</u>	3-4	2-3	2
<u>Pinus sylvestris</u>	3-4	2-3-4	1-2
<u>Pinus banksiana</u>	4	2-3-4	1-2-3
<u>Pinus resinosa</u>	4	2-3-4	2-3
<u>Picea jezoensis</u>	4	3-4	2-3-4
<u>Abies alba</u>	4	3-4	3-4
<u>Pseudotsuga menziesii</u>	4	2-3-4	2-3-4
<u>Picea sitchensis</u>	4	3-4	2-3-4
<u>Pinus strobus</u>	4	2-3-4	2-3-4

Liste des figures

Figure 1 : Emplacement du dispositif expérimental et localisation des zones de dégâts pour les conifères

Figure 2 : Aperçu des dommages causés par les embruns salins, pour deux espèces âgées de 16 ans, situées dans la partie CC', aux abords de l'auto-route à environ 17 m du revêtement. Photos prises en novembre 1990.



Abies balsamea



Pinus banksiana

Figure 2. Aperçu des dommages causés par les embruns salins, pour deux espèces âgées de 16 ans, situées dans la partie CC', aux abords de l'auto-route à environ 17 m du revêtement. Photos prises en novembre 1990.

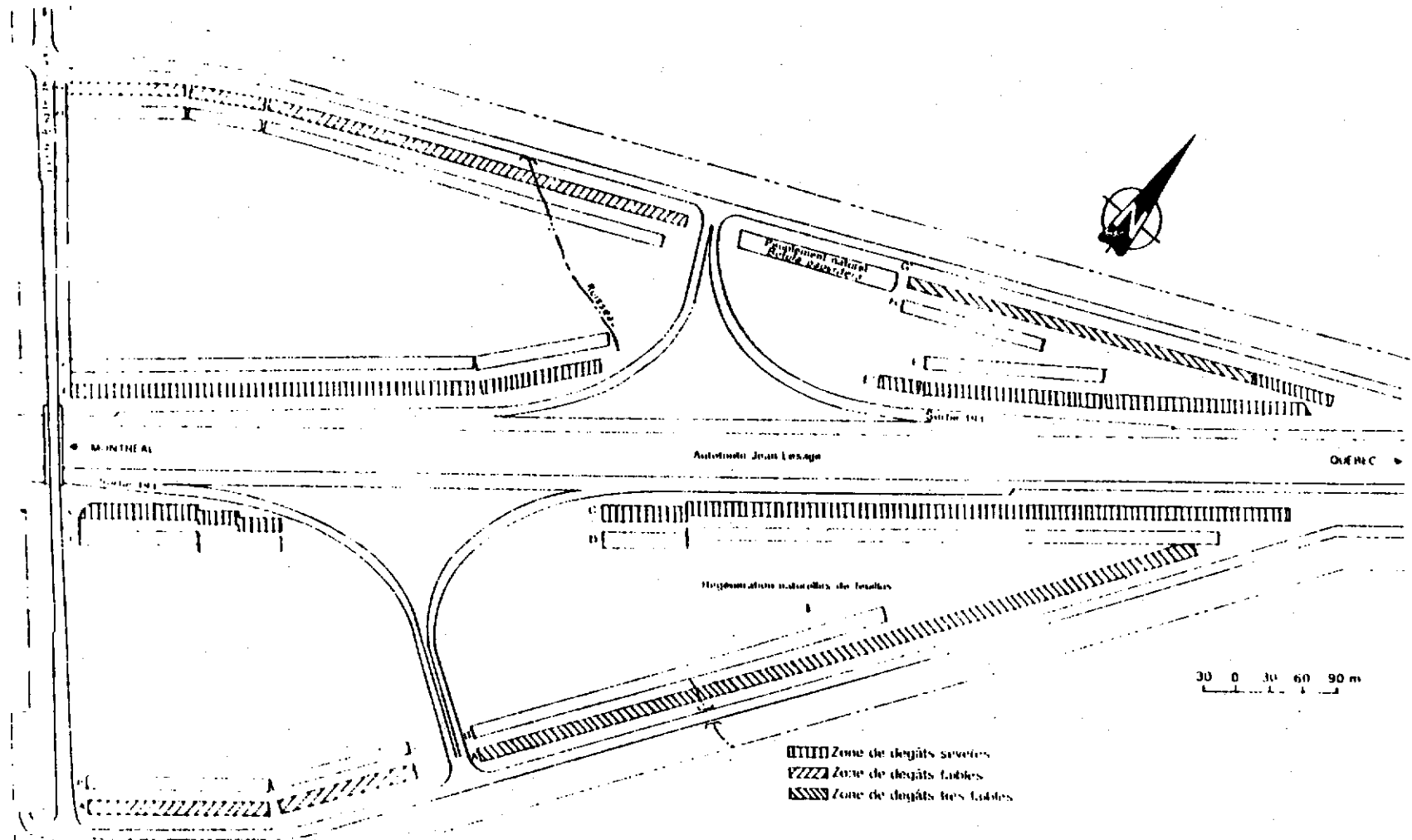


Figure 1: Emplacement du dispositif expérimental et localisation des zones de dégâts pour les conifères

Effects of Deicing Salt on Eastern White Pine: Foliar Injury, Growth Suppression and Seasonal Changes in Foliar Concentrations of Sodium and Chloride

R. HALL AND G. HOFSTRA

Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario

AND

G. P. LUMIS

Department of Horticultural Science, University of Guelph, Guelph, Ontario.

Received February 24, 1972

HALL, R., HOFSTRA, G., and LUMIS, G. P. 1972. Effects of deicing salt on eastern white pine: foliar injury, growth suppression, and seasonal changes in foliar concentrations of sodium and chloride. *Can. J. Forest Res.* 2, 244-249.

Effects of deicing salt on eastern white pine (*Pinus strobus* L.) were studied in the field and in the laboratory. Studies in controlled temperature chambers showed that solutions of deicing salt sprayed onto 4-year-old trees induced symptoms of foliar browning similar to those observed on trees growing near highways. Symptoms developed at 15 °C but not at 1.5 °C. The amount of injury that developed after 3 weeks at 15 °C appeared to be directly related to the concentration of sodium and chloride in the leaf tissue. Repeated sampling of foliage from trees adjacent to highway 401 between May 1970 and May 1971 revealed that foliar concentrations of sodium and chloride declined from abnormally high values (up to 1%) in May to 'normal' levels (0.02-0.1%) by August. The rate of loss was proportional to the foliar concentration of these ions. Growth of these trees, measured as bud weight, needle length, needle dry weight, needle bundles per leader, and leaf length, was suppressed on the side of trees exposed to the highway, but this suppression diminished as distance from the highway increased. Annual radial increments to the trunk were appreciably smaller in trees close to the highway than in trees further away. These results support the concept that deicing salt spray injures leaves and reduces growth of eastern white pine growing adjacent to highways that receive deicing salt in the winter.

HALL, R., HOFSTRA, G. et LUMIS, G. P. 1972. Effects of deicing salt on eastern white pine: foliar injury, growth suppression and seasonal changes in foliar concentrations of sodium and chloride. *Can. J. Forest Res.* 2, 244-249.

Les effets du sel à déglacer sur le pin blanc (*Pinus strobus* L.) ont été étudiés sur le terrain et en laboratoire. Les études en chambres à température contrôlée ont montré que des solutions de sel à déglacer pulvérisées sur des arbres de 4 ans ont induit des symptômes de brunissements foliaires semblables à ceux observés sur des arbres poussant le long des grandes routes. Les symptômes sont apparus à 15 °C, mais non à 1.5 °C. Le nombre de blessures développées après trois semaines à 15 °C semble être en relation directe avec la concentration de sodium et de chlorure dans les tissus foliaires. Un échantillonnage foliaire répété, prélevé sur des arbres en bordure de la route 401 en Ontario entre mai 1970 et mai 1971, a montré que la concentration foliaire en sodium et en chlorure a diminué à partir de valeurs anormalement élevées (jusqu'à 1%) en mai jusqu'à des niveaux normaux (0.02-0.1%) en août. Le taux de perte a été proportionnel à la concentration foliaire de ces ions. La croissance de ces arbres, exprimée en termes de poids des bourgeons, longueur des aiguilles, poids sec des aiguilles et nombre de faisceaux de feuilles par flèche, était diminuée du côté des arbres exposés à la route. Cette diminution était moins sensible en s'éloignant de la route. L'accroissement radial des troncs a été sensiblement moindre chez les arbres près de la route que ceux plus éloignés. Ces résultats mettent en évidence le concept qui veut que des pulvérisations de sel à déglacer blessent les feuilles et réduisent la croissance du pin blanc le long des routes qui reçoivent du sel à déglacer durant l'hiver.

[Traduit par le journal]

Introduction

Two recent studies suggest that sodium chloride applied to highways in winter to remove snow and ice may be blown as a spray or dust onto foliage of coniferous species

growing adjacent to highways and contribute to the leaf necrosis observed in late winter and spring. Smith (1970) sampled injured eastern white pine on March 16, 1970, along Interstate 95 in Connecticut, and obtained

values for sodium content of foliage ranging from 1.9% (on a dry weight basis) 5 m from the road to 0.7% 29 m from the road. Hofstra and Hall (1971) sampled injured eastern white pine along highway 401, near Colborne, Ontario, in May, 1970, and found that in trees 30–40 m from the highway the concentrations of both sodium and chloride in leaves were approximately 1%. They further showed that in samples of 1-year-old leaves collected in May there was a close relation between the percentage of necrotic foliage (by weight) and the percentage of sodium and chloride in the leaf tissue. Both studies also reported that necrosis appeared on the 1-year-old and older foliage during late winter and spring.

The purpose of the present study was to examine in more detail the influence of road salt on growth of eastern white pine. In addition, changes in foliar concentrations of sodium and chloride were followed throughout a growing season.

Materials and Methods

Laboratory Studies

Four-year-old eastern white pine trees (*Pinus strobus* L.) were potted in the spring of 1970 and kept outdoors until early spring 1971. They were then transferred to a cold room (1.5 °C) equipped with incandescent and fluorescent lighting to provide an illuminance at plant height of 1080 lux (1m²) and sprayed with a 20 000 p.p.m. solution of highway salt. Groups of five plants were sprayed twice daily for 5, 10, 15, 20, or 25 consecutive days, respectively. After all applications were completed the trees were placed in a greenhouse at 15 °C. After 3 weeks, the foliage was removed, rinsed for three 10-s periods in water to remove external salt, and the needles were separated into green and brown portions. Percentage injury to the foliage, and concentrations of sodium and chloride in green and brown tissue were determined as previously described (Hofstra and Hall 1971). Values for check plants were taken from five unsprayed plants receiving the same environmental treatment as sprayed plants.

Field Studies

A stand of eastern white pine trees near Colborne, Ontario (site 2, Hofstra and Hall 1971) was sampled between May 6, 1970 and May 31, 1971. Seven trees were selected at distances ranging from 37 to 150 m from the edge of the pavement of highway 401. Stem borings indicated that the trees ranged in age from 10 to 18 years, and their heights were estimated to range from 10 to 17 m.

Samples of foliage were taken from the exposed north and protected south sides of each tree at 1.5 m above the ground and analyzed for sodium and chloride content. Samples of 1-year-old and current year foliage

were collected May 6, June 17, August 31, and November 10, 1970. The May 6, current year sample consisted of terminal buds. One-year-old leaf tissue collected May 6 was divided into green and brown lots to determine percentage injury. Because of premature abscission of injured 1-year-old needles the August and November samples contained only green needles. One-year-old leaves were also collected March 22 and May 31, 1971.

From each of the seven selected trees terminal buds were collected in May 1970 and leaders (current year growth) in November, 1970. The number of terminal buds sampled per tree ranged from 64 to 137, with a mean of 97, while the number of leaders sampled per tree ranged from 6 to 21, with a mean of 14. Buds were dried at 85 °C for 24 h and weighed. Leader lengths were determined, then the length of current year leaves on leaders was determined by spreading the leaves at right angles to the stem and measuring the distance from the stem to the tip of the foliage. Leaf bundles were then stripped from the leader, counted and dried. The number of bundles per centimeter of leader and the mean dry weight per leaf were calculated.

To determine the pattern of tree growth over the preceding years, bore samples were taken at breast height on May 31, 1971 from stems of six trees located between 30 and 150 m from the highway. Radial increments per year were determined from the borings. Care was taken to ensure that the boring passed radially through the center of the stem.

Results and Discussion

Foliar Injury

The 4-year-old trees sprayed with salt solution displayed no foliar browning as long as they were kept at 1.5 °C. Foliar browning became obvious 2 days after trees had been placed in a greenhouse at 15 °C, particularly on trees sprayed 20 or 25 times. The amount of injury and the sodium and chloride content of the leaves increased as the number of spray applications increased (Fig. 1). The ratio of sodium to chloride was very close to unity on an atom to atom basis, suggesting that these ions move into the foliage with equal facility. Brown portions of needles contained nearly twice as much sodium and chloride as the green. This contrasts with results obtained in the June 1970 field sample where sodium and chloride levels in brown tissue were usually less than those in green tissue, probably due to leaching of these ions from necrotic tissue by rain.

Severely injured white pine trees along highway 401 were sampled March 22, 1971. Leaves that were 70–90% necrotic contained chloride at levels as high as 1.36% of dry weight in the green tissue and as high as 1.76%

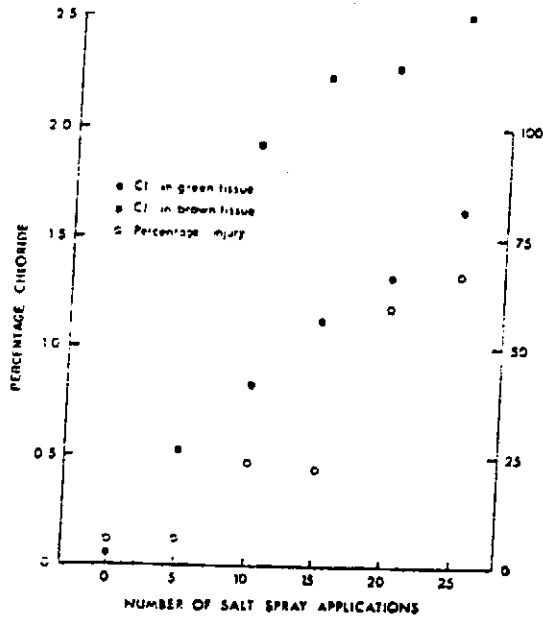


FIG. 1. Chloride levels and percentage injury in eastern white pine foliage after repeated salt spray applications.

in the necrotic portions. For equivalent amounts of injury these values are higher than those obtained in May 1970 (Hofstra and Hall 1971) but lower than those determined in the experimentally sprayed plants (Fig. 1). These results suggest that the relationship between salt content and leaf injury depends on the time elapsed between salt application and sampling, the time required for maximum symptom development, and the conditions under which necrosis develops.

In the laboratory, browning of the foliage did not occur until the temperature rose above freezing. Similarly, during the winters of 1969-70 and 1970-71, no injury was apparent on trees along highways until the onset of milder weather in March when damage quickly became visible, probably reaching a peak before the end of May. The amount of necrotic foliage on trees then declined over the ensuing months as a result of premature abscission of leaves injured by salt spray. In the sampling area most injured leaves had abscinded before the end of August and very few remained on the trees at the time of the November sample. No necrosis was observed in current year foliage.

Levels of Sodium and Chloride

All 1970 sodium and chloride values presented are means of levels in green and brown tissues. At the time of sampling the salt was almost certainly in the tissue and not on the surface. Salt applied to white pine trees in the greenhouse as an aqueous spray that has been allowed to dry on the foliage can largely be removed by three 10-s dips in water. Presumably one substantial rainfall would have a similar effect.

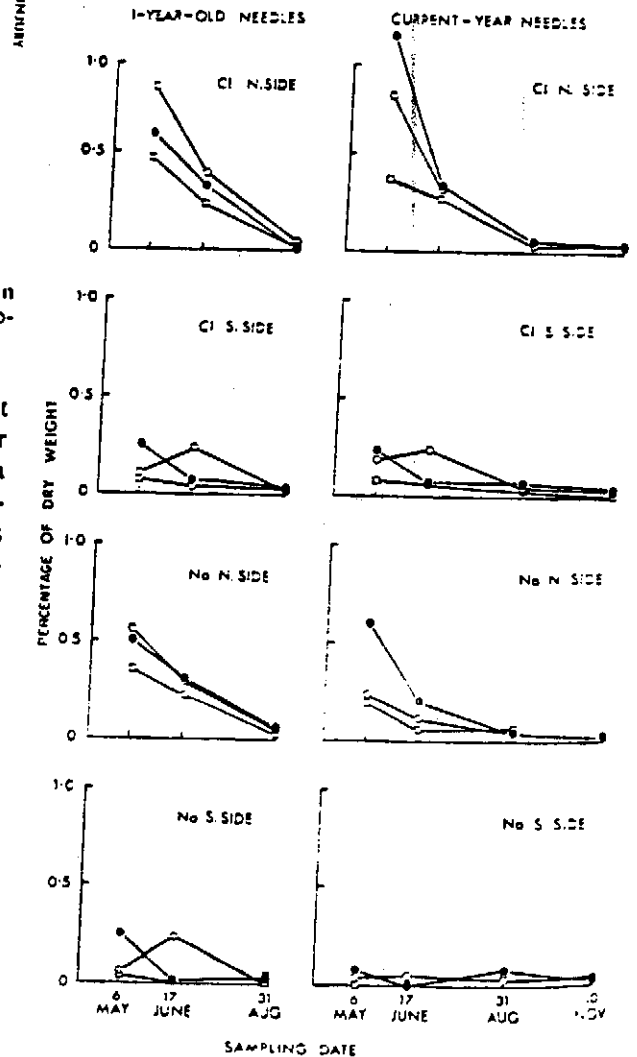


FIG. 2. Concentrations of sodium and chloride in 1-year-old and current year foliage of three eastern white pine trees sampled between May 6, 1970 and November 10, 1970. Each curve represents data from a single tree. Trees were located 70 m (O), 117 m (●), and 130 m (□) from the highway.

In the May 1970 sample of 1-year-old foliage chloride concentrations ranged from 0.33 to 1.1% on the north side and from 0.06 to 0.35% on the south side. Sodium concentrations ranged from 0.31 to 0.94% on the north side and from 0.03 to 0.33% on the south side. Similar values were obtained from an analysis of terminal buds collected at the same time. Concentrations of sodium and chloride in both 1-year-old and current year foliage declined progressively from May through August. Data for three trees are presented in Fig. 2. This supports the concept that the source of the salt is aerial spray, and not the soil.

The higher the initial concentrations of sodium and chloride in May, the more rapid was their subsequent decline. Regardless of the concentration of chloride and sodium in leaves in May, values obtained at the end of August were uniformly low, ranging from 0.02 to 0.1%. The concentrations of sodium and chloride in current year foliage in November were similar to those recorded for the August samples, and were similar to values previously recorded for undamaged trees remote from the highway at this site.

High levels of sodium and chloride in buds in May could be due to direct absorption of salt spray or to movement of salt from other parts of the tree. In support of the latter possibility, it may be noted that one-year-old leaves do not grow yet the concentrations of sodium and chloride in these leaves progressively declined between May and August. This suggests these ions are highly mobile and could be translocated to various parts of the tree, including buds. In addition to translo-

cation, reasons for the decline in foliar concentrations of sodium and chloride during the growing season could include dilution in current year leaves because of increasing tissue volume, and leaching from necrotic areas by rainfall. These possibilities are currently being investigated. Whatever the mechanism(s) of depletion, the foliage enters the winter with normal levels of sodium and chloride.

Current year foliage did not exhibit tip necrosis, yet contained levels of sodium and chloride which were associated with considerable necrosis in 1-year-old foliage. It is apparent that the response of leaves to high levels of sodium and chloride may be conditioned by factors other than concentration of these ions. Weather and physiological state of the leaf may also be important.

Growth Effects

The November sample was analyzed in more detail to determine any effect high spring levels of salt might have on tree growth. When an attempt was made to relate leaf length, leaf dry weight, leaf bundles per centimeter, leaf bundles per leader, and leader length of the current year's growth to distance between the tree and the highway no clear pattern was apparent. Also, these growth parameters could not be directly related to the amount of injury observed on 1-year-old leaves in May.

The trees differed from one another in age, vigor, and morphological features. For this reason, growth on the exposed north side of each tree was compared with that on its protected south side. The data in Table I show

TABLE I. Injury to 1-year-old leaves, and growth of new twigs and current year leaves in relation to distance of eastern white pine trees from highway 401

Distance (m)	Injury (%)		Growth on N side as % of growth on S side					
	N side	S side	Needle			Bundles per leader	Bundles per cm	Leader length
			Bud wt.	Length	Dry wt.			
37	99	19	32	0	0	0	0	16
70	95	1	22	68	63	51	181	28
77	96	19	28	70	67	80	172	47
117	68	16	45	75	71	80	148	54
130	51	2	45	74	51	64	156	58
120	48	4	107	75	60	90	142	45
150	24	1	54	89	98	104	130	80

*Measured May 6, 1970
 †Measured November 10, 1970

consistent differences between north and south sides in all expressions of growth measured. Terminal bud weight in May and leaf length, leaf dry weight, bundles per leader, and leader length in November were consistently lower on the north side than on the south side. Numbers of leaf bundles per centimeter of leader in November were consistently greater on the north side than on the south side, indicative of the tufted habit of growth on the north side. In addition, there was a strong tendency for the differences between north and south sides to be greater the closer the tree was to the highway.

Undoubtedly, differences in growth patterns exist between north and south sides of trees in this location because of different exposure to sun, prevailing winds, etc. But differences due to these factors should not be influenced by the distance of the tree from the highway. Growth of leaves and terminal twigs was consistently suppressed on the north side of the tree but this suppression was particularly evident on trees close to the highway. We interpret this as evidence of the influence of the highway on growth.

Injury to the foliage in early spring must reduce the photosynthetic capacity of the tree by causing leaf necrosis and by promoting excessive and premature defoliation. Sublethal concentrations of sodium and chloride may also reduce the photosynthetic rate of green tissue. Leaves of white pine trees growing along highways in southern Ontario survive only one winter. By mid to late summer most of the 1-year-old foliage has abscinded. Linzon (1958) showed that removal of any foliage from white pine in May appreciably reduced increases in height and in stem diameter in the year of removal and in the following year. In the present study, increment borings taken from a number of trees at various distances from the highway indeed showed that a reduction in annual radial stem growth was occurring on the white pine trees under investigation (Fig. 3). In trees 30-37 m from the pavement there was a steady downward trend in yearly radial increments despite wide fluctuations from year to year. This downward trend is especially marked from 1963 onward. The damage to trees close to the highway is thus cumulative and some of the trees between 30 and 35 m

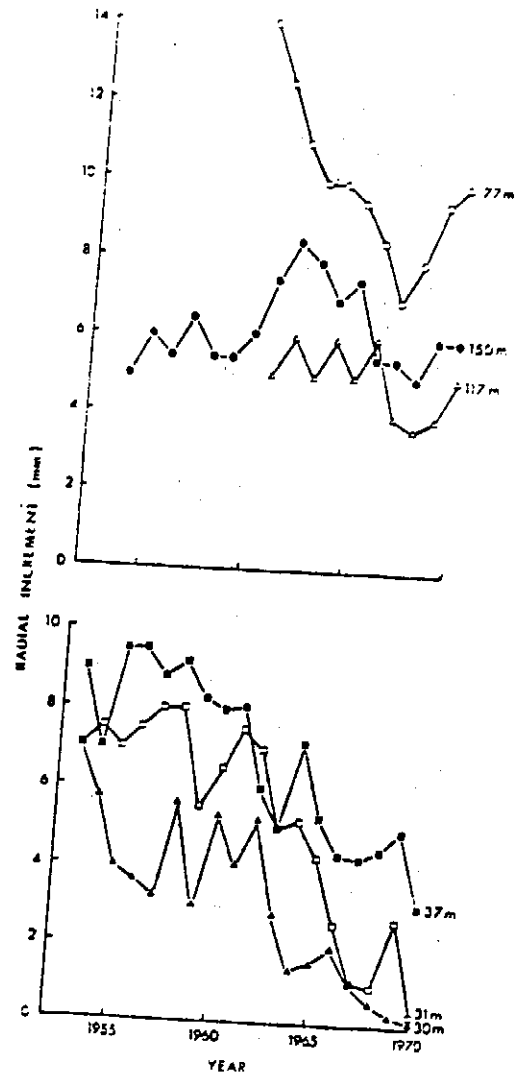


FIG. 3. Annual radial increments at breast height in stems of six eastern white pine trees located between 30 and 150 m from highway 401.

from the highway were almost completely dead. Annual radial increments to stems of trees situated between 77 and 150 m from the highway varied from year to year but no consistent trend was apparent.

Foliar damage (estimated visually) and salt content of foliage (Table 2) in spring also appear to show yearly differences, both being noticeably greater in 1970 than in 1971 at the Colborne site. Such year to year fluctuations in tree growth and in foliar injury and foliar sodium and chloride levels in spring are presumably caused by yearly differences in weather conditions and, in trees close to the

TABLE 2. Comparative levels of Na and Cl in 1-year-old foliage for 2 consecutive years.

Tree No.	Side	May 31, 1970*		May 31, 1971	
		Cl	Na	Cl	Na
1	N	0.65	0.63	0.40	0.41
	S	0.15	0.14	0.07	0.05
2	N	0.42	0.38	0.26	0.23
	S	0.14	0.13	0.12	0.15
3	N	0.15	0.13	0.05	0.03
	S	0.03	0.01	0.03	0.01
4	N	0.60	0.65	0.19	0.17
	S	0.15	0.14	0.05	0.02

*Interpolated from May 6 and June 17 data assuming that concentrations of sodium and chloride in foliage decreased at a uniform rate. This assumption is supported by unpublished laboratory studies by the authors.

highway, may also be caused by yearly differences in the pattern of deicing salt application.

This work was supported by National Research Council of Canada grants to R. Hall and G. Hofstra.

HOFSTRA, G., and HALL, R. 1971. Injury on roadside trees: leaf injury on pine and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride. *Can. J. Bot.* 49, 613-622.

LINZON, S. N. 1958. The effect of artificial defoliation of various ages of leaves upon white pine growth. *For. Chron.* 34, 50-56.

SMITH, W. H. 1970. Salt contamination of white pine planted adjacent to an interstate highway. *Plant Dis. Repr.* 54, 1021-1025.

Injury on roadside trees: leaf injury on pine and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride

G. HOFSTRA AND R. HALL

Department of Botany, University of Guelph, Guelph, Ontario

Received October 16, 1970

HOFSTRA, G., and R. HALL. 1971. Injury on roadside trees: leaf injury on pine and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride. *Can. J. Bot.* 49: 613-622.

Severe injury was observed on white cedar and several species of pine adjacent to highways in southern Ontario in the spring of 1970. Foliar injury, measured quantitatively as the ratio of brown to total leaf tissue, and foliar levels of sodium and chloride higher than background levels occurred on trees up to 120 m from the highway, particularly on the downwind side of the highway, on the windward side of the tree, and on trees in exposed positions. Injury and foliar levels of sodium and chloride progressively declined at greater distances from the highway. For a given level of sodium or chloride more damage occurred on the windward side than on the sheltered side of the tree. The data suggest that salt applied to highways in the winter is whipped up in a spray by traffic, blown onto vegetation, and contributes to leaf injury. Wind and lower than average winter temperatures also appeared to contribute to the injury observed in 1970. At similar foliar concentrations of sodium and chloride white pine showed twice as much injury as white cedar. Of the pines close to the highway, damage was greatest on white pine and red pine, intermediate on Scots pine, and least on Austrian pine and Mugo pine. At similar levels of damage all pines contained similar foliar levels of sodium and chloride.

Introduction

Damage to nearby vegetation as a result of applying salt to roads to remove snow and ice during winter is widely recognized (Westing 1969). Salt applied to soil accumulates in leaves of deciduous and evergreen trees and causes injury (Holmes 1961; Walton 1969) to an extent often directly related to foliar levels of total salt or one of its ionic moieties, especially chloride (Lacasse and Rich 1964; Shortle and Rich 1970).

Most reports have considered movement of salt from the road to be through the soil water and into plants through their roots. However, several observations suggest that salt spray drifting onto vegetation contributes to much of the damage on aerial parts of roadside plants (Sauer 1967, cited in Carpenter 1970). Such damage occurs above the snowline and below the height of spray drift from the road, and is most noticeable on trees growing on the downwind side of the highway and on the side of the tree exposed to the prevailing wind.

During the latter part of the winter of 1969-70 roadside trees in many areas of Ontario exhibited symptoms of injury more extensive than those usually associated with "winter injury." The damage was especially noticeable on evergreen trees or portions of trees exposed to wind and spray from busy highways. Damage was greatest close to the highway but in some

areas was still apparent up to 120 m from the highway. These and other observations suggested that salty slush stirred up by traffic was being blown onto nearby vegetation and contributing to plant injury. To test this hypothesis, levels of injury in several tree species were examined in relation to site, distance from the highway, exposure to wind, and foliar levels of sodium and chloride.

Materials and Methods

Sites

Several sites were chosen along highway 401 to provide data covering a range of species, localities, and opportunities for exposure to salt spray drift from highways (Fig. 1). The terminal 30-40 cm (pine) or 15 cm (white cedar) of branches about 1.5 m above the ground were cut from the north (windward) and south (leeward) sides of selected trees. At the time of sampling (between May 6, 1970, and May 19, 1970) records were taken of species, site, exposure to wind and the highway, proximity to other plants, and distance from the edge of the highway. At site 2 trees were deliberately selected to provide data covering a range of distances from the highway and different degrees of protection by other trees.

Measure of Injury

Leaves were stripped from the branches and each leaf was separated into green and brown portions. This separation was readily achieved since in the coniferous trees sampled there was usually a clear demarcation between the basal green and the terminal brown leaf tissue. The leaf samples were oven dried at 85°C for 24 h and weighed. The ratio of brown to total leaf tissue provided a quantitative measure of injury.

the highway. In summer, dust stirred up by passing trucks was blown across it and within a few seconds reached the forest wall more than 150 m from the highway. The site therefore appeared favorable for studies on damage due to spray drift. Samples were taken from the north (windward) and south (leeward) sides of the trees.

1. Injury in Relation to Distance from Highway
(a) White Pine

In no instance was the injury uniform throughout the tree. Injury was greatest on the lowest branches and diminished progressively towards the top of the tree. As far as possible the outermost branches were sampled 1.5 m above the ground. The three trees at the fence line (30 m

TABLE 1
Levels of injury and salt content of leaves from white cedar on north and south sides of highway 401. Site 1

Height, cm.	North side			South side		
	Na, %	Cl, %	Injury, %	Na, %	Cl, %	Injury, %
15	0.06	0.18	1	0.13	0.41	16
60	0.17	0.39	7	0.35	0.74	66
150	0.24	0.41	4	0.37	0.83	73

NOTE: Data on sodium and chloride concentrations and foliar injury were derived from a composite sample composed of clippings taken from several trees at the height and side specified.

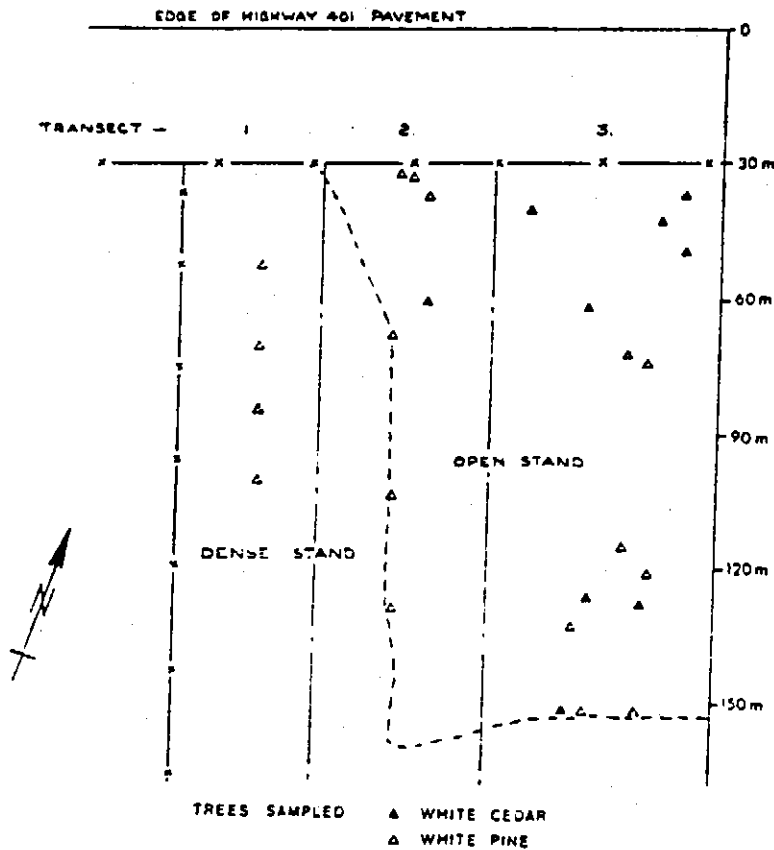


FIG. 2. Plan of site 2 showing location of white pine and white cedar trees sampled in relation to highway 401 and exposure to the prevailing north to northwest winds.

from the edge of the pavement) had to be sampled on the exposed side at heights of 2-3 m because the lower branches were dead and had lost all their needles. Even at that height the level of injury reached 100% (Fig. 3b) and there was no green tissue on any of the needles on the branches sampled.

The level of injury progressively declined on trees at greater distances from the highway. The rate of decline depended on the location of the trees. Those in exposed positions (Fig. 3c) were most injured, 20% injury still occurring at 150 m. Trees in more sheltered positions (Fig. 3a, b) showed less injury. At 100 m no injury was detected in trees within the denser parts of the stand.

Injury on the south side of the trees ranged from $\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{10}$ of that on the exposed north side, depending on the size of the trees, density of foliage, and exposure to wind. The level of injury on the south side also decreased with increasing distance from the highway. Effects of protection from other trees on the amount of

injury were less apparent than on the north sides of the trees.

(b) White Cedar

All cedars sampled were in exposed positions. Injury was less than that on white pine at similar distances from the highway. Levels of injury on the north side declined rapidly from 85% at 38 m to about 15% at 60 m then slowly declined to what appeared to be a basal level of injury of 1 to 2% at 130 m (Fig. 3d).

Injury was much less on the south side than on the north side. Levels rapidly declined from about 20% at 40 m to stabilize at 1 to 2% at distances greater than 60 m.

2. Injury and Levels of Chloride

(a) White Pine

The concentrations of chloride in the green and brown tissue on the average were similar, the ratio in green to brown being 1.04 to 1. For purposes of presentation the average chloride concentrations in the green and brown tissue were plotted against the percentage injury.

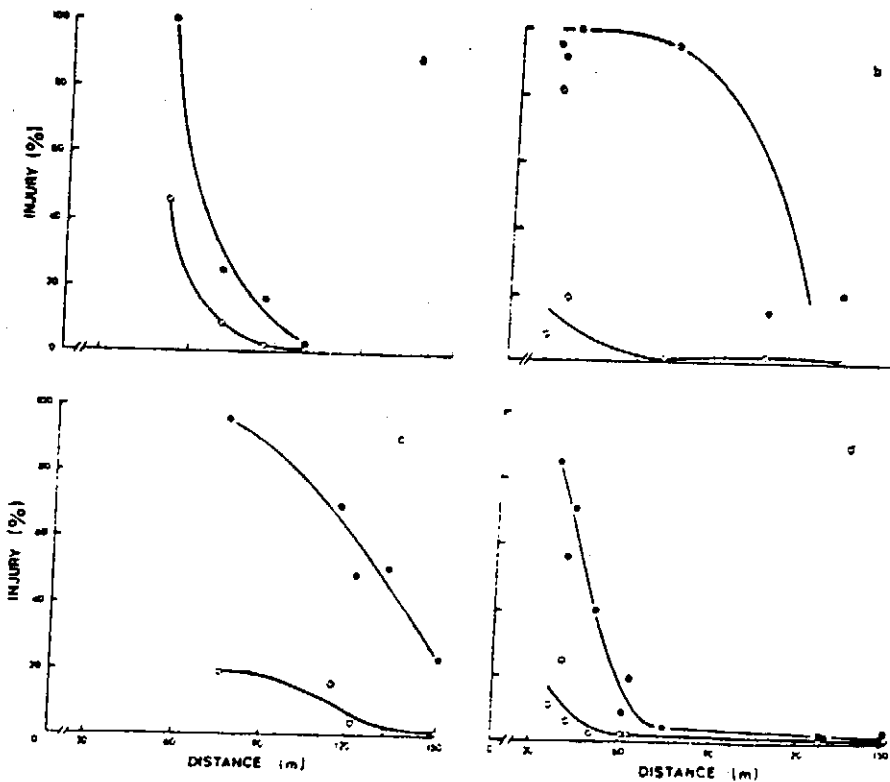


FIG. 3. Levels of injury on white pine and white cedar, site 2, in relation to distance from the highway and exposure to the prevailing winds: ● north side; ○ south side; (a) White pine, transect 1; (b) white pine, transect 2; (c) white pine, transect 3; (d) white cedar.

Levels of injury were less apparent than on the north sides of the trees. Levels of injury on the north side declined rapidly from 85% at 38 m to about 15% at 60 m then slowly declined to what appeared to be a basal level of injury of 1 to 2% at 130 m. Injury was much less on the south side than on the north side. Levels rapidly declined from about 20% at 40 m to stabilize at 1 to 2% at distances greater than 60 m.

FIG. 3. Levels of injury on white pine and white cedar, site 2, in relation to distance from the highway and exposure to the prevailing winds: ● north side; ○ south side; (a) White pine, transect 1; (b) white pine, transect 2; (c) white pine, transect 3; (d) white cedar.

Sodium and Chloride Determinations

Dried leaf samples were ground in a Wiley mill with a 40-mesh screen. Samples of 0.5 g were weighed out where sufficient material was available and shaken for 4 h in 100 ml of dilute nitric acid (5 ml of fuming nitric acid per 1000 ml of water) (Brown and Jackson 1955). After a further 8 h of stationary incubation the chloride concentration of the supernatant was measured with an Orion solid state chloride electrode. The supernatant was filtered and the sodium concentration determined in a Techtron atomic absorption spectrophotometer type AA-3. The efficiency of extraction of sodium from ground material compared to extraction from material combusted at 450°C ranged from 80 to 100%. The amounts of chloride and sodium were converted to percentages of the dry weight of the leaf sample.

Results

SITE 1

Site 1 consisted of stands of white cedar (*Thuja occidentalis* L.) 30 m from the edge of the pavement on the north and south sides of highway 401, near Newcastle (Fig. 1). The trees on the north side were in very good condition, while those on the south side were smaller and showed considerable loss and browning of foliage. As far as could be judged, the major

environmental difference between the stands was their exposure to the highway in relation to wind direction. Leaf samples were taken at heights of 15 cm (below the snow line), 60 cm, and 1.5 m from the side facing the highway. Levels of sodium and chloride and levels of injury (Table 1) were greater in trees on the south side than on the north side of the highway and lower below the snow line than above the snow line on both sides of the highway, indicating aerial rather than soil movement of sodium and chloride. The data were consistent with the hypothesis that salt spray blown by the prevailing northwest wind during the winter was deposited more on the south side than the north side of the highway and was responsible for most of the injury on the cedars.

SITE 2

Site 2 consisted of a stand of white pine (*Pinus strobus* L.) and white cedar in exposed and variously sheltered positions on the south side of highway 401 near Colbourne (Fig. 1). The site (Fig. 2) was slightly below the level of

the highway, passing trucks a few seconds 150 m from appeared favor to spray drift. north (wind was the trees.

Heig cm
15
60
150

NOTE: E
posed of c

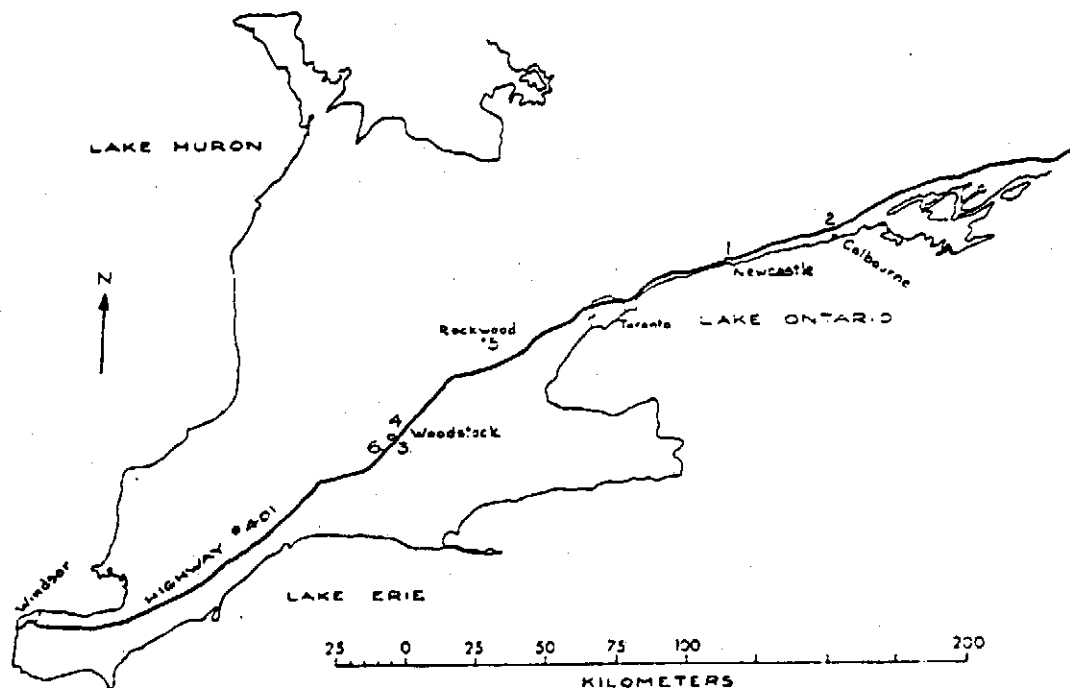


FIG. 1. Map of southern Ontario showing location of sites sampled. Data collected at Guelph between December 1, 1969, and March 31, 1970, indicate that the prevailing winds in winter blow from the northwest, especially on a day following a heavy snowfall.

FIG. 2. Plan of Highway 401 and exposure

Levels of needle injury on the north side appeared to be sigmoidally related to the chloride levels of the needles (Fig. 4a, b, c). A basal injury level of 1 to 2% was associated with chloride levels of 0.03% to 0.07%, values within the normal range for chloride content of plant tissue. Greater levels of injury were associated with higher levels of chloride. Complete death of the needles was found to be associated with chloride levels of about 1%.

On the south side injury was directly related to leaf chloride levels but the slope of the curve was lower than for the north side. In more protected areas (Fig. 4a, b) there was less injury on the south side than on the north side for a given level of chloride. For example, at chloride levels of about 1% the level of injury on a tree situated only 50 m from the highway but within a dense stand of white pine reached 100% on the north side and only 45% on the south side. On the south side of the trees there also appeared to be a general trend for the brown portion of

the needles to have a higher content of chloride than the green portion, the ratio of chloride on green to brown being 0.85 to 1 compared to the exposed side of 1.15 to 1.

(b) White Cedar

Levels of chloride were generally higher than in white pine needles and injury was less for a given level of chloride (Fig. 4d). On the north side injury rose slowly from 1.8% at 0.29% chloride to about 10% at 0.8% chloride, contrasting with 100% kill at 0.8% chloride on white pine. Levels of injury rose more sharply thereafter and reached 85% at chloride levels of about 2%.

Injury on the south side did not exceed 5% and chloride levels ranged from 0.4% to 0.58%.

3. Injury and Levels of Sodium

(a) White Pine

The levels of injury were also sigmoidally related to foliar levels of sodium. The ratio of chloride to sodium in green or brown leaf tissue

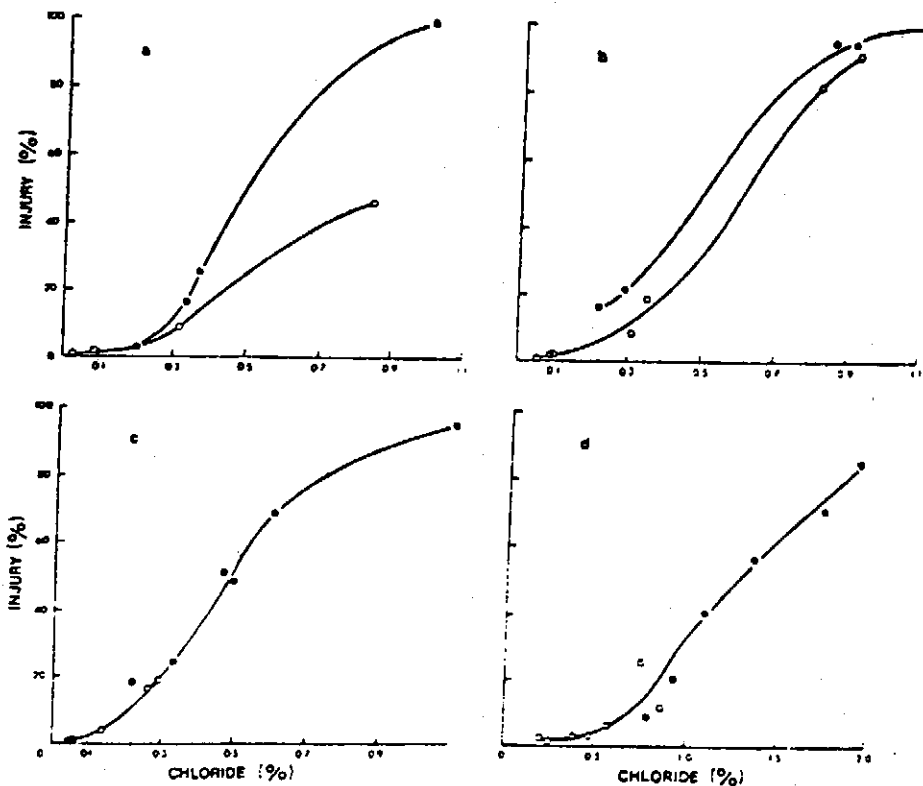


FIG. 4. Levels of injury on white pine and white cedar, site 2, relation to chloride content of foliage and exposure to the prevailing winds: ● north side; ○ south side; (a) white pine, transect 1; (b) white pine, transect 2; (c) white pine, transect 3; (d) white cedar.

was not affected by exposure (Table 2). The brown tissue contained more sodium than the green tissue, especially at higher salt levels.

(b) *White Cedar*

White cedar exhibited an entirely different picture in relation to sodium. On a weight basis the tissue contained far more chloride than sodium, this difference being greatest in green tissue on the protected side of the trees and least in the brown tissue on the exposed side of the trees (Table 2). Not only was there a big difference between the green and brown tissue, but the exposure also greatly influenced the relative content of chloride and sodium.

SITE 3

Site 3 consisted of a stand of 4-year-old red pine (*Pinus resinosa* Ait.) on the south side of highway 401 near Woodstock. Injury was es-

pecially apparent on the top and north side of trees. Leaf samples were removed from the tops of eight trees at different distances from the highway and analyzed for injury, chloride, and sodium (Fig. 5). Injury declined from 80% at 35 m from the edge of the pavement to a basal level of about 10% at distances greater than 120 m (Fig. 5a). The level of injury was closely related to foliar levels of chloride (Fig. 5b).

The relationship between chloride and sodium content was very similar to that of white pine. The ratio of chloride to sodium was 1.37 in the green tissue and 1.24 in the brown tissue, slightly higher than in the brown tissue of white pine.

Adjacent to and on the east side of the young red pine was a stand of older red pine (about 25-30 years old) with a few old white pine scattered through. For the same distance from the highway the older trees showed about 10% less injury

TABLE 2

The relationship between chloride and sodium in the green and brown tissues on the windward and leeward sides of white pine and white cedar. Site 2

Species	Side of tree	Chloride/sodium	
		Green tissue	Brown tissue
White pine	Windward	1.27 (0.17)*	1.08 (0.10)
	Leeward	1.37 (0.38)	1.09 (0.22)
White cedar	Windward	3.7 (1.44)	2.4 (0.54)
	Leeward	10.1 (3.98)	5.7 (3.64)

*Number in parentheses refers to standard deviation of the mean ratio. The standard deviation was calculated from untransformed data since ratios ranged from 0.8 to 17.0.

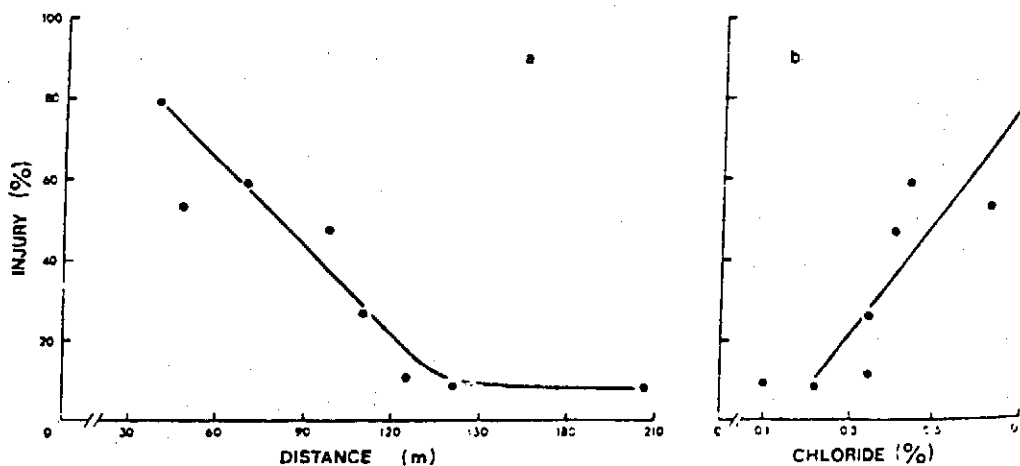


FIG. 5. Levels of injury on red pine in relation to (a) distance from the highway and (b) foliar levels of chloride.

than the young trees; however the amount of injury for any given chloride level was about 30% less in the older trees. Background injury was higher at this site, being in the order of 8-10%. The white pine at this site showed about 10-15% more injury for the same chloride content than trees at site 2 with similar exposure.

SITES 4, 5, and 6

In some areas distant from any roadway, but in exposed locations, white pine exhibited injury symptoms similar to trees close to roadways. Again injury was more severe on the north and west sides. Tree 1 (Table 3) was located several kilometers east of site 3 and about 300 m north of the nearest road, highway 401. Tree 2 (Table 3) was in the middle of a park near Guelph about 400 m from the nearest road. Higher levels of sodium and chloride occurred in both green and brown portions of needles taken from the windward side of the trees. The levels of injury, 23 and 25%, are associated with levels of sodium and chloride much less than those normally associated with that magnitude of injury, e.g. at site 2 (Fig. 4c), where the same sodium and chloride levels were associated with only 3-4% injury.

Several trees of Scots, Austrian, and Mugo pine which showed considerable injury were selected at a site (site 6) several kilometers west of site 3 and sampled. The data in Table 3 indicate that in all three species the relation between levels of injury and levels of sodium and chloride was similar to those observed in white pine and red pine. Where injury reached 100% in Scots pine, levels of salt were very high. On trees adjacent to highways the level of injury was directly related to the salt content of the needles, and the salt content related to exposure to the highway.

Observations of trees growing on sites not sampled indicated that roadside plantations of pine were severely injured in many cases. Again the sides of the trees facing the roadway were injured much more severely than those on the opposite side. Along highways running east and west more injury was observed on the south side and along highways running north and south more injury occurred on the east side. The more heavily travelled the highway the greater the amount of injury generally observed.

Elsewhere in southern Ontario, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) was severely damaged, but very little or moderate injury was observed on Austrian pine (*P. nigra* Arnold) and Mugo pine (*P. mugo* Turra). In northern Ontario white pine and red pine showed a great deal of injury whereas jack pine (*P. banksiana* Lamb.) showed very little.

Discussion

The general interpretation placed on the data presented is that sodium chloride applied to highways to help remove snow and ice during the winter is whipped up in a spray by the traffic and blown onto vegetation particularly on the downwind side of the highway contributing to the damage to the foliage. The amount of damage that results depends on, among other things, the amount of salt deposited on the foliage, the species, and exposure to wind.

Salt

Salt in the form of a mixture of sodium chloride and sand is applied as required to highway 401 during the winter. The highway thus constitutes a source of salt. Injury is greatest nearest the highway and is directly related to the chloride and sodium content of the foliage. The injury therefore probably does not arise indirectly from root damage.

TABLE 3
Injury (all values in %) in relation to species, site, exposure, and sodium and chloride content of green and brown leaf tissue

SITE 4			
Tree 1. White pine, 300 m north of highway		Windward side (N)	
Leeward side (S)		Injury 25%	
Injury 1%		Green	Brown
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.03	—+	Cl 0.10	Cl 0.12
Na 0.02	—	Na 0.06	Na 0.16

TABLE 3 (Concluded)

SITE 5			
Tree 2. White pine, in park remote from highway			
		Windward side (N) Injury 23%	
		Green	Brown
		Cl 0.12 Na 0.08	Cl 0.11 Na 0.14
SITE 6			
Trees 3,4,5. Austrian pine, 30 m north of highway			
Leeward side (S) (exposed to highway)		Windward side (N)	
Injury 33%		Tree 3 Injury 0%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.68 Na 0.48	Cl 0.60 Na 0.60	Cl 0.11 Na 0.06	— —
Injury 60%		Tree 4 Injury 1%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.74 Na 0.50	Cl 0.78 Na 0.65	Cl 0.10 Na 0.08	— —
Injury 4%		Tree 5 Injury 0%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.12 Na 0.12	Cl 0.37 Na 0.34	Cl 0.05 Na 0.02	— —
Tree 6. Scots pine, 15 m south of highway			
Leeward side (S)		Windward side (N, exposed to highway)	
Injury 10%		Injury 100%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.36 Na 0.26	Cl 0.76 Na 0.60	—	Cl 2.66 Na 1.32
Tree 7. Scots pine, 30 m south of highway			
Leeward side (S)		Windward side (N)	
Injury 10%		Injury 45%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.17 Na 0.14	Cl 0.38 Na 0.38	Cl 0.40 Na 0.26	Cl 0.62 Na 0.56
Collective sample.* Mugo pine 15-30 m south of highway			
		Windward side (N)	
Injury 66%		Injury 2%	
Green	Brown	Green	Brown
Cl 0.58 Na 0.32	Cl 1.12 Na 0.78	Cl 0.07 Na 0.06	— —

*Samples compiled from clippings from the windward side of different trees and divided into two lots according to level of injury.

*A dash indicates insufficient material for testing.

be
to
th
ic
or
da
wa
wa
br
tre
po
nee
nee
Spe
anc
mu
gro
red
mor
Mu
Ric
pine
A
were
divi
injur
cont
It is
of th
pines
of sa
pines
Wind
Mc
tree
high
levels

Foliar injury and levels of salt above background levels occurred at distances up to 120 m from the highway on the downwind side of the highway and both were higher on the side of the tree facing the highway than on the farther side. The observations are all compatible with the suggestion that the damage observed was in large part due to salt spray being carried by wind from the highway onto vegetation. The observations are not as readily explained by assuming that injury was caused by salt moving through the soil.

Differences in sodium and chloride content between green and brown leaf tissue may be due to different rates of leaching of these ions from leaf or differences in translocation of these ions within the leaf. In the absence of leaching one would expect higher levels of salt in the aged tissue than in the green tissue. This is generally found to be the case. White pine is an obvious exception. Chloride levels in white tissue on the north exposed side of the tree were lower than those in green tissue. It is likely that chloride is readily leached from the dead tissue of the thin white pine needles.

Similar foliar concentrations of chloride and sodium all pines showed about twice as much injury as white cedar. Among the pines close to the highway, white pine and Austrian pine were highly damaged, Scots pine was moderately damaged and Mugo pine and Austrian pine suffered little damage. Shortle and (1970) also considered white pine and red pine highly sensitive to salt injury.

Although Austrian and Mugo pine generally suffered less damage than the other pines, in some plants showed different amounts of damage. At similar levels of damage all pines showed similar levels of sodium and chloride. It is possible therefore that the thicker needles of the more "resistant" Austrian and Mugo pine generally accumulate lower concentrations than do the thinner needles of the other pines and are thus usually less damaged.

Damage on the windward side of the trees on the downwind side of the highway coupled with generally higher foliar sodium and chloride in these situations

is the major evidence that windborne salt is the primary cause of damage. For a given foliar level of salt, less damage occurred on the sheltered side than on the windward side of the tree. This suggests that wind itself contributes to the damage, possibly through a desiccating effect.

A further indication of this is the fact that on exposed sites in some localities, exposure to the northwest alone could result in injury ratings up to 25%. Trees at site 3, which was about 250 km southwest of site 2, had more injury for a given salt content, and background injury was considerably higher. This again suggests that there are other factors operative in causing severe injury. Thus not only was injury severe in 1970 but it varied locally attributable partially, but not entirely, to traffic volume. The previous climatic conditions and the state of hardiness of the tree as well as other conditions throughout the winter may be important. The latter part of the summer of 1969 was very dry, particularly in the area of site 3 where rainfall in August was between 20 and 30% of normal and in September about 30%. Rainfall in October and November was 25 to 50% higher than normal (data from London and Delhi stations 1969). At site 2 rainfall for August was 85% of normal, for September 40%, for October 70%, and November 124%. This was followed by a cold winter with average monthly temperatures at site 3 for December and January being 11°C and 5°C below normal respectively. At site 2, mean temperatures for these months were 5°C and 4°C below normal.

Although salt undoubtedly contributed to injury of the leaves, injury may have been unusually high as a result of several abnormal weather patterns. The dry summer and early autumn, followed by a wet period just before winter may have resulted in the plants being less winter hardy than usual. The unusually cold winter then apparently caused more than normal amounts of injury, especially to trees subjected to salty spray during the winter.

The work was supported in part by grants from the National Research Council of Canada. We thank Professor D. P. Ormrod for critical comments, Mr. K. Sinclair for preparing the figures, and Miss M. Hofstra and Messrs. B. Fink and P. Moss for technical assistance.

- BROWN, J. G., and R. K. JACKSON. 1955. A note on the potentiometric determination of chloride. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 65: 187.
- CARPENTER, E. D. 1970. Salt tolerance of ornamental plants. *Amer. Nurseryman*, 131: 12-71.
- HOLMES, F. W. 1961. Salt injury to trees. *Phytopathology*, 51: 712-718.
- LACASSE, N. L., and A. E. RICH. 1964. Maple decline in New Hampshire. *Phytopathology*, 54: 1071-1075.
- SHORTLE, W. C., and A. E. RICH. 1970. Relative sodium chloride tolerance of common roadside trees in southeastern New Hampshire. *Plant Dis. Rep.* 54: 360-362.
- WALTON, G. S. 1969. Phytotoxicity of NaCl and CaCl₂ to Norway maples. *Phytopathology*, 59: 1412-1415.
- WESTING, A. H. 1969. Plants and salt in the roadside environment. *Phytopathology*, 59: 117-118.

PROJET 021240 SÉLECTION D'ESPÈCES POUR L'ORNEMENTATION ET LA RÉALISATION DE
BRISE-VENT SUR LES ABORDS DES ROUTES ET AUTOROUTES

Titulaires du projet

Roger Beaudoin et Gilles Vallée

Collaborateurs

Hervé Gagnon et Lucien Pinet de la Division R-D en amélioration génétique des arbres, ainsi que le personnel du ministère des Transports de trois régions administratives.

Lieu

Ce projet est localisé aux abords de l'autoroute Jean-Lesage et des bretelles d'un échangeur, à la sortie 191 qui se situe à mi-chemin entre Québec et Montréal et qui constitue l'aire expérimental de Sainte-Brigitte-des-Saults, circonscription électorale de Drummond, canton de Wendover.

Caractéristiques des stations

Le sol, dont la texture varie de loam sableux à sable loameux, est recouvert d'une végétation composée de plantes herbacées. Les plantations sont établies sur un terrain horizontal ou avec une pente très faible vers les canaux de drainage qui bordent l'autoroute et les bretelles de l'échangeur.

=
Problématique et origine du projet

Chaque année, entre 18 et 35 tonnes métriques de sel sont appliqués par kilomètre de voie simple sur les autoroutes comme fondant. Cette importante quantité de sel est ensuite relocalisée dans l'environnement immédiat des voies de circulation par les chasses-neige, l'écoulement de l'eau et la dérive des embruns formés par le déplacement des véhicules. Ces embruns salins causent des dommages aux arbres, arbrisseaux et arbustes situés à proximité des voies de communication, par une concentration foliaire en sodium et en chlorure anormalement élevée, surtout durant la période printanière. La plantation massive d'espèces ligneuses aux abords du réseau routier québécois peut ne pas donner entièrement l'effet escompté comme brise-vent ou comme arbres d'ornementation, si les espèces et provenances choisies sont affectées dans leur développement. Les plantations réalisées près de l'autoroute font suite à une demande du ministère des transports.

Buts du projet

L'objectif principal est d'évaluer la tolérance aux embruns salins de plusieurs espèces et provenances de conifères en plantation aux abords des autoroutes afin d'obtenir une diversité et une meilleure efficacité des espèces choisies pour la constitution de brise-vent et comme arbre d'ornementation.

En second lieu, de mesurer la variation de croissance en hauteur entre les espèces.

Résultats scientifiques et techniques espérés

- Trouver des espèces montrant une meilleure tolérance aux embruns de sel de déglacage que celles présentement reboisées le long des autoroutes.
- Sélectionner des espèces qui présentent des caractéristiques d'arbres pouvant être utilisés comme brise-vent et qui ont un aspect horticulturnal (port de l'arbre, branchaison, couleur des aiguilles, croissance) intéressant.

Méthodes

Un essai de 32 espèces de conifères, 9 indigènes et 21 introduites, comprenant 66 provenances au total et de 27 espèces de feuillus, 9 indigènes et 18 introduites fut établi selon un plan expérimental comprenant 4 blocs aléatoires incomplets pour les conifères et pour les feuillus (figure 1). Les parcelles de conifères sont placées à l'avant-plan aux abords de l'autoroute (blocs CC' et EE') et des voies de l'échangeur (blocs AA' et GG') tandis que les parcelles de feuillus (blocs BB' DD', FF' et HH') sont placées en second plan, espacées de 3 m des parcelles de conifères. Chaque parcelle de conifères et chaque parcelle de feuillus comptent 15 arbres de la même espèce et provenance sur 3 lignes de 5 arbres parallèles aux voies de circulation correspondantes. Pour chaque parcelle l'espacement entre les arbres est de 3 m.

La quantité estimée de sel épanchée en 1989 par kilomètre de voies simples d'autoroute, dans le secteur comprenant celui de l'aire expérimentale, a été entre 20 et 25 tonnes métriques tandis que les bretelles de l'échangeur ont reçu environ 16 à 20 tonnes métriques de sel, à l'exception des parties situées vis-à-vis A' et G' sur le plan et qui font l'objet d'un entretien hivernal moins rigoureux de la chaussée.

Les observations visant à évaluer la tolérance des espèces aux embruns de sel de déglacage portent uniquement sur les conifères à cause de la faible survie des feuillus (rongeurs) et de la fiabilité des résultats. Pour l'évaluation de la tolérance aux embruns de sel, la cime de l'arbre était subdivisée en trois parties égales dans le sens de la hauteur. La nature des dommages (coloration et perte des aiguilles) et le pourcentage moyen du feuillage affecté dans chaque partie de l'arbre étaient estimés visuellement pour chaque ligne de 5 plants de chaque parcelle. La hauteur moyenne des arbres et la tolérance des espèces aux embruns salins pour chaque zone de dégâts (figure 1) et chaque ligne de plantation ont été comparées. Chaque observation sur les conifères aux âges de 12 et 15 ans pour la tolérance aux embruns salins, a été

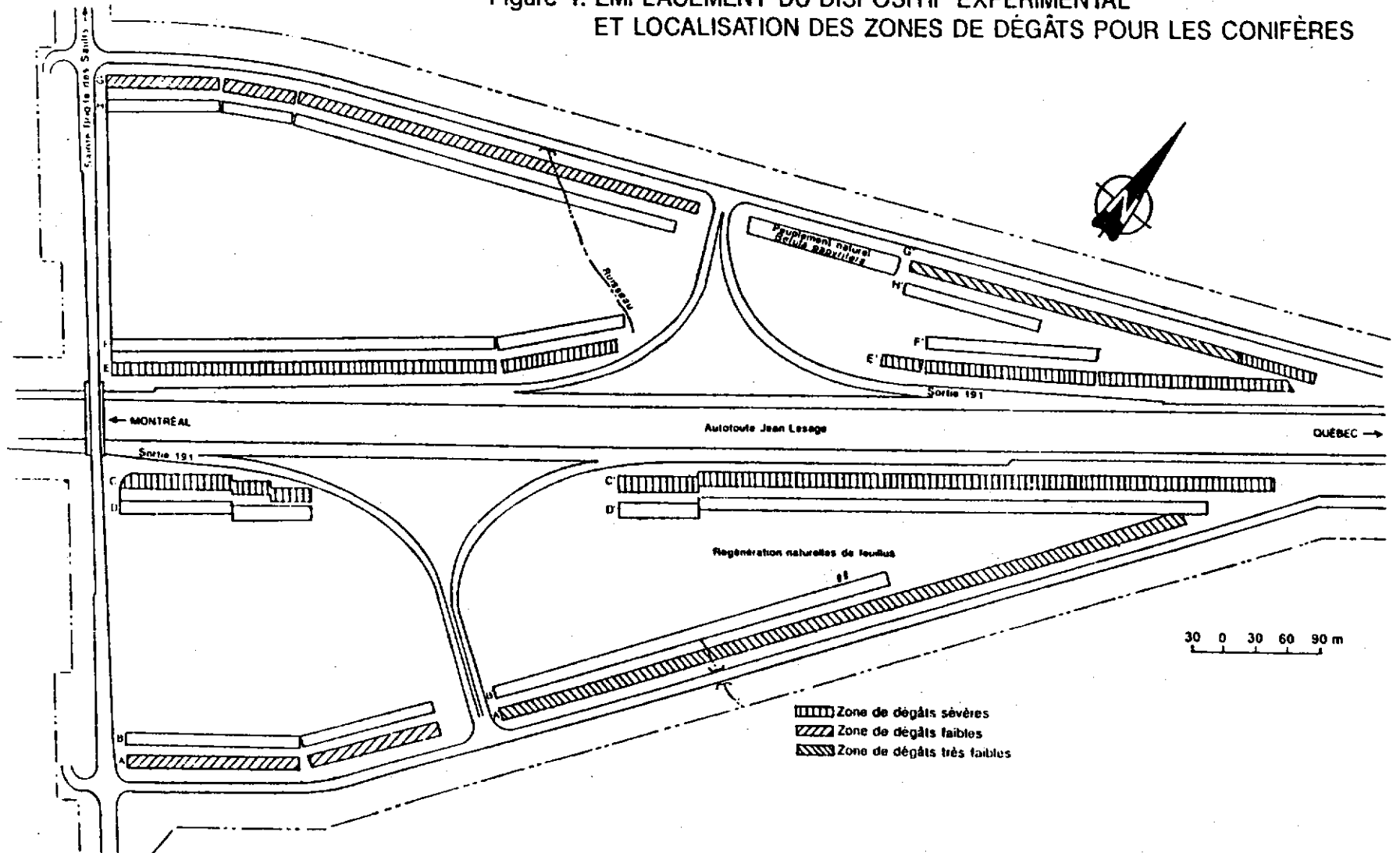
effectué sur un total de 1 296 arbres. Le critère de base retenu pour évaluer la tolérance des espèces aux embruns salins est la réduction de la masse foliaire (perte des aiguilles et modification de la branchaison) dans la partie la plus affectée de l'arbre (entre 0 et \pm 2 m à partir du sol) pour chaque ligne de plantation. La ligne de plantation la plus exposée (ligne 1 distante en moyenne de 17 m du revêtement) sur laquelle on observe les dégâts les plus importante, est directement soumise à la dérive des embruns salins et semble plus révélatrice de la tolérance des espèces. La détermination pour les conifères de leur tolérance aux embruns salins comprend quatre classes (tableau 1).

Tableau 1. Classes de tolérance aux embruns salins basées sur la sévérité des dommages pour les conifères aux abords des autoroutes

-
- | | |
|-----------------|---|
| 1. Très bonne : | Réduction de la masse foliaire (5 p. 100 et moins) et coloration brunâtre des aiguilles (5 p. 100 et moins) |
| 2. Bonne : | Réduction de la masse foliaire (6 à 25 p. 100) et coloration brunâtre des aiguilles (moins de 25 p. 100) |
| 3. Moyenne : | Réduction de la masse foliaire (26 à 45 p. 100) et coloration brunâtre des aiguilles (moins de 45 p. 100) |
| 4. Mauvaise : | Réduction de la masse foliaire (46 p. 100 et plus) et coloration brunâtre des aiguilles (46 p. 100 et Plus) |
-

Cette classification s'applique à la partie la plus endommagée de l'arbre (dans les 2 mètres à partir du sol).

Figure 1: EMLACEMENT DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL
ET LOCALISATION DES ZONES DE DÉGÂTS POUR LES CONIFÈRES



Étapes

- 1- Choix du terrain à l'automne 1974.
- 2- Plantation au printemps 1975. Regarnie et plantation de certaines parcelles vides de 1976 à 1983.
- 3- Prise de données à 12 et 15 ans après la plantation, pour chaque ligne de chaque parcelle sur la survie, la hauteur, la coloration et la perte des aiguilles, les dégâts de gel et de la dessiccation hivernale.
- 4- Analyse des données en 1991 et rédaction d'un rapport.

Travail fait

Réalisation du dispositif suivant :

<u>Aire d'expérimentation</u>	<u>Dispositif n°</u>	<u>Espèces, nombre de provenances, nombre de plants</u>
Sainte-Brigitte- des Sault	D 434-75-76-77-78-81-83	32 espèces de conifères 66 provenances 2 670 plants

Prise de données en 1986 et 1989 sur la survie, la hauteur, la dessiccation hivernale, le gel et la tolérance aux embruns salins (coloration et perte des aiguilles).

Rédaction en 1991 d'un rapport qui sera publié en 1992 dans la revue «The Forestry Chronicle».

Résultats obtenus

Les observations aux âges de 12 et 15 ans après la plantation démontrent clairement que les dommages causés aux conifères (perte des aiguilles et coloration brunâtre des aiguilles) sont principalement dus à la dérive des embruns de sel de déglacage sur les aiguilles. Aucune décoloration pouvant indiquer des symptômes de toxicité dus au sol n'a été observée sur les aiguilles de l'année courante. La partie de l'arbre la plus affectée se situe, en général, entre 0 et ± 2 m à partir du sol.

Pour des distances analogues, soit aux environ de 17 m du revêtement, on observe une variation importante des dommages entre les plantations situées aux abords de l'autoroute et celles qui sont situées le long des bretelles de l'échangeur. Ces différences nous ont amené à identifier subjectivement trois zones (figure 1) dont l'intensité des dégâts est liée directement à des facteurs comme, la quantité de sel utilisée, le nombre et la vitesse de déplacement des véhicules ainsi que la vitesse du vent. La zone de dégâts sévères est située de chaque côté de l'autoroute. La tolérance des conifères de la ligne de plantation la plus exposée (ligne 1) aux embruns de sel de

déglacement dans chaque zone de dégâts est présentée au tableau 2. Parmi les espèces faisant partie de ce dispositif, *Picea pungens* et *Picea engelmannii* sont les plus tolérantes aux embruns salins lorsqu'elles sont localisées aux abords de l'autoroute.

Les dégâts (brunissement et perte des aiguilles) affectent la capacité photosynthétique et la croissance des arbres jusqu'à ce qu'ils aient atteint une hauteur et un développement de la masse foliaire suffisamment importants pour rétablir le rapport entre celle-ci et la hauteur de l'arbre nécessaire à une croissance normale. Les hauteurs moyennes à 15 ans des espèces dans les zones de dégâts sévères et faibles sont inférieures respectivement de 46 et 16 p. 100 à la hauteur dans la zone de dégâts très faibles. Les espèces à croissance rapide ou plus tolérantes ont plus de facilité à rétablir l'équilibre masse foliaire/hauteur pour une croissance normale. La hauteur moyenne à 15 ans des conifères pour chaque zone de dégâts et toutes les provenances est présentée au tableau 3.

À part les espèces comme *Picea pungens*, *Picea engelmannii* et *Pinus nigra* (tableau 2) d'autres espèces, un peu moins tolérantes (2-3) et très peu affectées par la dessiccation hivernale des aiguilles ou le gel des bourgeons et des pousses, peuvent servir avantageusement dans la zone de dégâts sévères même si la résistance au sel n'est pas totale. Une croissance rapide (*Larix spp.* sauf *L. sibirica*) et une diversité dans le port, la densité des branches et la coloration des aiguilles compensent pour les dégâts observés. Aux abords des voies secondaires ou même des autoroutes lorsque les arbres sont plus éloignés du revêtement ou partiellement protégés des embruns salins par une ou plusieurs lignes de plantation d'espèces plus tolérantes, les espèces classées 2-3 ont un comportement intéressant.

Rapport produit

VALLÉE, G., 1980. *Problématique de l'aménagement de la végétation en bordure des routes*. Rapport interne, 11 pages.

BEAUDOIN, R., 1992. *Observations sur la tolérance aux embruns salins d'espèces ligneuses en plantation aux abords des autoroutes*. 30 pages (Rédaction terminée, rapport envoyé pour publication en 1992 dans *The Forestry Chronicle*).

Recommandations

La concurrence herbacée et surtout la présence des rongeurs nécessitent le travail du sol avant la plantation et durant les premières années de croissance pour la réussite de la culture des plants de petites dimensions en bordure des voies de communication. De plus, l'installation de "cafétérias" à mulots l'année de la plantation s'avère importante pour bien protéger les plants.

Tableau 2. Tolérance des conifères de la ligne de plantation la plus exposée (ligne 1) aux embruns de sel de déglacement dans chaque zone de dégâts.

Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<i>Picea pungens</i>	1-2	1	1
<i>Picea engelmannii</i> ¹	1-2	-	-
<i>Pinus nigra</i> var. <i>austriaca</i>	1-2-3	1	1
<i>Larix laricina</i>	2-3	1	-
<i>Larix eurolepis</i>	-	1	1
<i>Larix leptolepis</i>	2-3	1	1
<i>Larix sibirica</i>	2-3	1	1
<i>Larix decidua</i>	2-3	1	1
<i>Picea glehnii</i> ¹	2-3	1	1
<i>Picea rubens</i>	2-3	1	1
<i>Picea mariana</i>	2-3	1	1
<i>Abies fraseri</i>	2-3	1	-
<i>Picea glauca</i>	2-3	-	1
<i>Thuja occidentalis</i>	3-4	1	1
<i>Abies balsamea</i>	3-4	-	1
<i>Picea abies</i>	3-4	1-2	-
<i>Pinus montana</i>	3-4	1-2	1
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> ²	3-4	1-2	1
<i>Pinus sylvestris</i>	3-4	1-2	1
<i>Pinus banksiana</i>	4	2-3	-
<i>Pinus resinosa</i>	4	-	1
<i>Picea jezoensis</i> ¹	4	-	1
<i>Abies alba</i> ¹	4	-	1
<i>Pseudotsuga menziesii</i> ¹⁻²	4	2-3	1
<i>Picea sitchensis</i> ¹⁻²	4	3-4	-
<i>Pinus strobus</i>	4	1-2	1

¹ Gels des bourgeons ou des pousses

² Dessiccation hivernale


Tableau 3. Hauteur moyenne, en mètres, à 15 ans des conifères dans chaque zone de dégâts

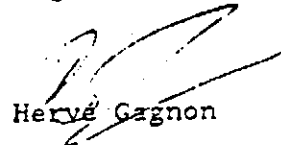
Espèce	Zone de dégâts		
	Sévères	Faibles	Très faibles
<i>Picea pungens</i>	2,7	2,3	2,0
<i>Picea engelmannii</i>	1,6	-	-
<i>Pinus nigra</i> var. <i>austriaca</i>	4,6	4,3	5,2
<i>Larix laricina</i>	5,3	7,6	-
<i>Larix eurolepis</i>	-	9,3	7,8
<i>Larix leptolepis</i>	8,4	-	11,3
<i>Larix sibirica</i>	3,0	4,3	4,8
<i>Larix decidua</i>	7,2	8,7	10,0
<i>Picea glehnii</i>	1,6	2,7	2,5
<i>Picea rubens</i>	2,9	3,0	3,4
<i>Picea mariana</i>	2,9	4,5	4,5
<i>Abies fraseri</i>	2,3	3,4	-
<i>Picea glauca</i>	3,3	-	4,7
<i>Thuja occidentalis</i>	1,5	2,5	2,4
<i>Abies balsamea</i>	3,7	-	5,0
<i>Picea abies</i>	3,0	3,9	5,7
<i>Pinus montana</i>	2,6	2,4	2,7
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>	3,5	4,2	4,4
<i>Pinus sylvestris</i>	4,3	4,9	5,2
<i>Pinus banksiana</i>	4,3	4,7	-
<i>Pinus resinosa</i>	4,8	4,3	6,3
<i>Picea jezoensis</i>	1,0	-	1,5
<i>Abies alba</i>	1,2	-	-
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2,0	3,7	4,1
<i>Picea sitchensis</i>	1,3	1,7	-
<i>Pinus strobus</i>	2,9	6,0	6,7

Travail à faire

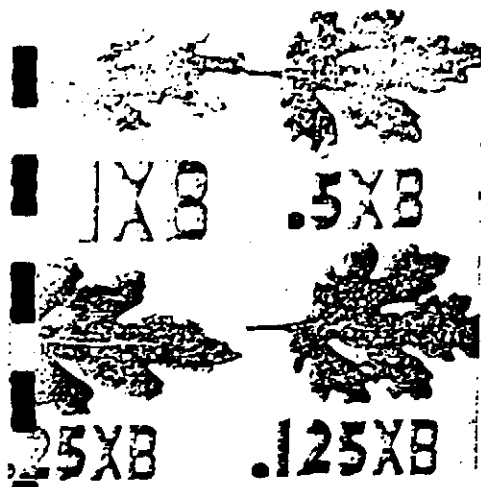
Entretiens et observations s'il y a lieu.


Gilles Vallée


Roger Beaudoin


Hervé Gagnon

Le 3 janvier 1992



...and ...
...and ...
...in ...

...and ...
...and ...
...Paris et al. (14) report that growth and flower diam is reduced with increased applied B. Older leaves might well have been inactivated by some B concn applied in the current investigation.

Optimum foliar B standards for chrysanthemum range from 25 to 200 ppm (3, 11). Levels established in the present investigation by the addition of various B concn generally exceeded all optimal ranges except Lunt, et al., (12). Oertli and Kohl (13) found 3080 - 3790 ppm B in necrotic tissue, 270 - 570 ppm B in chlorotic tissue, and 270 - 330 ppm B in green tissue of chrysanthemum. Necrosis was observed at much lower foliar levels in the present investigation; however, an analysis of the whole leaf was used and this represents widely different B concn (12). No toxic symptoms were seen when leaves averaged less than 136 (1A) to 144 (CF2GN) ppm B. A reduction in growth occurred in plants with leaves containing in excess of 100 ppm B. Kiplinger and Tayama (8) reported injury on roses and carnations at levels exceeding 80 ppm B.

This study shows that B toxicity levels occur over a fairly wide range in chrysanthemum leaves. While the levels given are averages of whole leaf analyses, this information may be useful in chrysanthemum culture management programs employing foliar analysis and in determining environmental pollution resulting from B.

Literature Cited

1. Bradford, G. R. 1966. Boron, p. 33-61. In H. D. Chapman (ed.). Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. of Calif. Div. of Agr. Sci., Riverside, Calif.

2. ...
3. ...
4. ...
5. Eaton, L. M. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *J. Agr. Res.* 69:237-277.
6. Eaton, S. V. 1946. Effect of boron deficiency and excess on plants. *Plant Physiol.* 15:95-107.
7. Heuterman, G. A., C. G. Woodbridge, and E. W. Kalin. 1973. Boron levels in stems, leaves, and flower parts of carnation. *HortScience* 8:126-127.
8. Kiplinger, D. C., and H. K. Tayama. 1970. Foliar analysis information for floral crops. *Ohio Florists' Assoc. Bul.* 493:2-9.
9. Kohl, H. C., and J. J. Oertli. 1961. Distribution of boron in leaves. *Plant Physiol.* 36:420-424.
10. Kubota, J., and V. A. Lazar. 1971. X-ray emission spectrograph: Techniques and uses for plant and soil studies. p. 67-81. In L. M. Walsh (ed.). Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue. *Soil Soc. of Am., Inc., Madison, Wis.*
11. Lunt, O. R., A. M. Kofranek, and J. J. Oertli. 1963. Deficiency and symptoms and mineral nutrient levels in 'Good News' chrysanthemums. *Florist Rev.* 132(3430):13.
12. Oertli, J. J. 1960. The distribution of normal and toxic amounts of boron in leaves of rough lemon. *Agron. J.* 52:530-532.
13. _____, and H. C. Kohl. 1961. Some considerations about the tolerance of various plant species to excessive supplies of boron. *Soil Sci.* 92:243-247.
14. Parks, R. Q., C. B. Lyon, and S. L. Hood. 1944. Some effects of boron supply on the chemical composition of tomato leaflets. *Plant Physiol.* 19:404-419.
15. Walters, W. E., and C. A. Conover. 1969. Chrysanthemum production in Florida. *Fla. Univ. Agr. Expt. Sta. Bul.* 730. 64 p.
16. Woltz, S. S. 1956. Studies on the nutritional requirements of chrysanthemums. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 69:352-356.

4. Chrysanthemum leaf injury, without regard to leaf size, with increments of B applied. Upper (left to right) 100, 50; lower, 25, 13 ppm B.

tolerance in plants.

Symptoms of B toxicity on chrysanthemums were similar to those described by other workers (1, 5, 6, 13) on various plants. Interveinal necrotic blotches on mature leaves were the prominent symptom in the December to March experiment. A burned or scorched leaf margin was the primary symptom of B toxicity in the April to May experiment. Upper leaves exhibited interveinal chlorosis in both experiments. Bradford (1) stated that B toxicity occurs in 2 stages: an early stage consisting of tip yellowing, and a moderate or acute stage involving progressive necrosis of the leaves beginning as chlorotic yellowing at the top or margins or both of the leaf and finally spreading between lateral veins toward the midrib. The second stage, which later produces a burned appearance on the leaf, was the stage observed in the present study. Oertli and Kohl (13) and Kohl and Oertli (9) reported that a relationship between veination and pattern of injury existed

Sensitivity of Roadside Trees and Shrubs to Aerial Drift of Deicing Salt¹

G. P. Lumis², G. Hofstra³ and R. Hall³
University of Guelph, Guelph, Ontario

Abstract. Specific injury symptoms were observed on 75 deciduous and coniferous species growing adjacent (8 to 40 m) to roadways and exposed to aerial drift of deicing salt. Susceptible deciduous species (*Cornus stolonifera* Michx., *Fagus sylvatica* Lhrb.) exhibited twig dieback, evidence of previous dieback and inhibition of flowering while damage to conifers (e.g. *Pinus strobus* L., *Pinus occidentalis* L.) was evident

as needle browning, premature needle abscission and twig dieback. Plants with resinous buds, submerged buds and needle cuticular wax seemed resistant to damage. A distinction between runoff of salty water and aerial salt spray is important when assessing plant damage.

There are many reports on the sensitivity of woody plants to injury from deicing salt applied to roadways. Most of the studies were carried out on plants growing in soil with increased levels of salt (NaCl and/or CaCl₂) due

either to proximity to a roadway or experimental salinization. The injury ratings described (1, 2, 4, 6) mostly relate to salt affected soil and differed considerably from initial roadside observations in Ontario. Hofstra & Hall (5) have shown that aerial drift of deicing salt (NaCl) is also an important contribution to plant damage in the roadside environment. Thus, a study was undertaken to define and characterize aerial salt injury symptoms, and to rank the plants in order to their resistance to injury.

During the spring of 1970 and 1971 observations were made of plant damage along Highway 6 from Fergus to Hamilton, Highway 401 from Woodstock to Bowmanville, Highway 400 from Toronto to Barrie, Highway 403 east of Highway 6 and the Queen

Received for publication April 18, 1973.
¹ Department of Horticultural Science.
² Department of Environmental Biology.



Fig. 1. "Red Osier" dogwood branch with new growth arising only from 2 year old wood.

to injury by salt spray (3, 7). In several factors, such as the amount of spray, salt content, and the amount of exposure, plants with thick cuticular wax, horse chestnut, and *Alnus* were resistant to injury, as were those with buds submerged in the water (e.g. black locust and honey locust). Plants with these characteristics were injured to a lesser extent than many other species. Within the genus *Rhamnus* the species with naked buds (*R. frangula*) was injured to a greater extent than *R. cathartica* which has scaly buds. Injury on plants of blue spruce appeared to be related to the amount of needle cuticular wax; as the amount of wax increased injury decreased.

Plants growing adjacent to roadways are exposed to salt spray drift. Highway salt has been shown to be a causal factor in plant damage since a relationship between tissue salt content and visual injury has been established (3, 7). Clearly, some species are much more susceptible to injury than others and this should be used as a guide to select plants for highway and landscape use.

Literature Cited

1. B. G. B. (1971). Leaf injury to trees and shrubs by salt spray. *Phytopathology* 61:1021-1025.
2. B. G. B. (1972). Leaf injury to trees and shrubs by salt spray. *Phytopathology* 62:1021-1025.
3. Hoff, R. G., Hofstra, G., and G. E. Lusk. 1972. Effects of 10 mg salt on eastern White Pine. Foliar injury, growth suppression and seasonal changes in foliar concentration of sodium and chloride. *Can. J. For. Res.* 2:244-249.
4. Hanes, R. E., J. W. Zelazny, and E. C. Blaser. 1970. Effects of deicing salts on water quality and biota. Hyw. Res. Board, Nat. Acad. Sci. Rpt. 91.
5. Hofstra, G., and R. Hall. 1971. Injury to roadside trees: leaf injury on Pine and White Cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride. *Can. J. Bot.* 49:613-622.
6. Holmes, F. W., and J. H. Baker. 1966. Salt injury to trees. II. Sodium and chloride in roadside Sugar Maples in Massachusetts. *Phytopathology* 56:633-636.
7. Smith, W. H. 1970. Salt contamination of White Pine planted adjacent to an interstate highway. *Plant Dis. Rpt.* 54:1021-1025.

Screening Chemicals for Controlling Growth and Flowering of *Forsythia intermedia* Zabel¹

Kenneth C. Sanderson²

Auburn University Agricultural Experiment Station
Auburn, Alabama

Abstract. Of several materials tested on forsythia, *G*-cyclopropyl- α -(4-methoxyphenyl)-5-pyrimidinemethanol (ancymidol) proved to be the safest and most effective height control treatment.

Use of growth retardants is a commercially accepted practice on herbaceous floricultural crops (12), but these materials have generally been unsuccessful on woody ornamentals. Exceptions include suppression of vegetative growth and floral formation and flowering of azaleas and camellias with specific retardants (5, 14, 15); increased flower and fruit formation in some woody cultivars with retardants (7); internode shortening, branching and loss

of lateral bud dormancy in citrus seedlings by morphactins (6), and prevention of overgrowth of trees and shrubs by maleic hydrazide (11). The differences in species susceptibility, material penetration, inactivation, and duration of effectiveness in experiments designed to control the growth and flowering of woody ornamentals in the landscape and nursery by chemicals has been noted by Sachs and Maire (9). This research was initiated to screen 7 chemicals (Table 1) for their effects on growth and flowering of *Forsythia intermedia*.

Rooted cuttings, 15 to 20 cm long, were transplanted in 15 cm x 16.5 cm (2.5 liter) nursery cans, containing pasteurized sandy loam soil, imported sphagnum peat moss and perlite (1:1:1) during the first week of July, 1970. Plants were grown outside under field conditions.

Two experiments, drenches and sprays, were started on August 13, 1970. Treatments and application rates are presented in Table 2. The decision to use a material as a drench or spray at a specific concentration was based on information supplied by preliminary

experimentation on various plants, manufacturers recommendations, and the literature. A check was included in each experiment. Drenches were applied directly to the media surface. Spray treatments were applied to runoff with a high volume, low pressure, hand sprayer with approx 1 ml being applied per cm of plant height (20-50 ml per plant). Experiments were designed as randomized blocks consisting of 3 replications with 5 plants per treatment. Growth observations were made throughout the experiments, however, plant height was recorded at 5 weeks and 11 months after treatment.

Plant height. Plants drenched with 3 mg ancymidol exhibited the greatest retardant effect after 5 weeks and differed in height from all the other drench treatments (Fig. 1 and Table 2). Height of plants treated with 2,951 mg chlormequat were similar to untreated

Table 1. Growth regulators and code names or abbreviations.

Chemical name	Code name
<i>G</i> -cyclopropyl- α -(4-methoxyphenyl)-5-pyrimidinemethanol	ancymidol
2,4 dichlorobenzyl-tributyl phosphonium chloride	CBBP
2-chloroethyltrimethyl ammonium chloride	chlormequat
2-chlorofluorene-carbonic acid-(a) methyl ester	BAY-102613
Succinic acid 2,2 dimethylhydrazide	SADH
(2-chloroethyl) phosphonic acid	ethephon
Ethyl hydrogen 1-propylphosphonate	NIA 10637

¹Received for publication April 26, 1973.

²Appreciation is expressed to Anchem Products, Inc., Ancher, Pa., for furnishing ethephon; to Ethicon Products Co., Indianapolis, Ind., for ancymidol; to Niagara Chemical Division, ICI Corp., Middleport, N. Y., for NIA 10637, and to Vero Beach Laboratories, Inc., Vero Beach, Fla., for BAY 102613. The assistance of R. M. Patterson, plant analyst, W. C. Martin, Jr., growth regulator analyst, and Patricia B. Wyatt, technician, is greatly appreciated.