

LA FERTILISATION RAISONNÉE

par: *André Pettigrew agr.*

Présenté lors du deuxième *Colloque sur la production des arbres de Noël au Québec*

le 19 février 1994

Le thème de la fertilisation peut se regarder sous plusieurs facettes. En effet, on peut l'aborder en décrivant les éléments essentiels à la croissance de l'arbre, des quantités à appliquer afin d'obtenir une croissance optimale, d'ailleurs plusieurs études ont été faites vu sous cet angle, dont les plus connues au Québec sont celles de M. J.-M. Veilleux et les chercheurs du Centre de foresterie des Maritimes, au début des années 80. On peut également la regarder à partir d'une vision plus générale, soit les notions fondamentales que devraient contenir un plan de fertilisation. C'est l'approche que j'ai choisi pour cette présente conférence. Toutes les expériences qui seront citées, à l'exception d'une, concerne le sapin baumier puisque c'est principalement cet arbre qui est cultivé chez-nous.

Cette approche est d'autant plus importante dans la production d'arbres de Noël, puisque contrairement à la majorité des autres productions agricoles, la récolte ne se fait pas après quelques mois mais plutôt une dizaine d'années plus tard. Il est facile d'apporter des mesures correctives dans un champ labouré pour l'année suivante mais c'est plus difficile dans une culture permanente comme c'est le cas dans les plantations d'arbres de Noël. À l'occasion, j'ai constaté que certains problèmes reliés à la fertilisation auraient été plus faciles et plus économiques à corriger avant qu'après la plantation des arbres.

LES CINQ PRINCIPES

Au début des années 1970, N.A. Richard et A. Leaf ont élaboré cinq principes généraux dont devraient tenir compte toute bonne régie de fertilisation dans la production des arbres de Noël. Vingt ans plus tard avec l'évolution des techniques de production, du coût des engrais et des contraintes environnementales, ces principes sont peut-être plus actuels qu'ils ne l'étaient au moment de leur publication. Certes, on ne vous écrira pas sur votre sac d'engrais ces principes, mais les connaître vous permettra d'intervenir efficacement dans la régie de la fertilisation.

1. Comprendre les règles qui régissent la disponibilité des éléments fertilisants et les besoins de nutrition de l'arbre.

Dans le cadre de cet exposé, faute de temps, il n'est pas possible d'élaborer sur toutes les interactions parfois complexes qui régissent la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante. Je me permettrai de faire quelques rappels pour vous souligner l'importance de ce principe. La structure physique d'un sol est un facteur important dans la fertilisation. À titre d'exemple, soulignons que par sa structure, un sol de type sableux retient moins ces éléments que l'argile ou qu'un limon (loam). Lors d'une fertilisation trop forte, le risque est élevé de voir les éléments migrés en profondeur, en les rendant moins disponibles pour les arbres tout en favorisant une pollution diffuse. À l'inverse, si l'argile retient mieux ces éléments, ce type de sol est généralement plus humide; pour cette raison, on n'a pas tendance à les utiliser dans la culture du sapin puisqu'il ne tolère pas les excès d'eau.

La matière organique a un rôle important dans le sol; un sol riche en matières organiques peut compenser pour la faiblesse de sa structure. La matière organique a un rôle de régulateur en association avec les microorganismes du sol dans le captage et la redistribution des éléments aux racines. Cette redistribution du sol à la plante ne peut se faire sans l'activité des organismes vivant dans le sol, du plus gros au plus petit, (vers, bactéries et champignons). Un sol contenant peu de matières organiques, même fertilisé, peut devenir problématique puisque l'échange d'éléments nutritifs se fait plus difficilement. Un sol trop élevé en matières organiques peut également devenir néfaste; en libérant trop d'azote, il favorise la croissance excessive, diminue l'ancrage des racines au sol, la hantise de tous les sapins.

Un sol peut être carencé pour un ou plusieurs éléments à cause de la pauvreté même du sol, mais aussi d'autres facteurs physiques comme l'excès d'humidité, l'aération, la compétition avec les mauvaises herbes, etc. La carence peut provenir également de facteurs biochimiques, c'est le cas de l'interaction négative de certains éléments comme le potassium et le magnésium ou de la forme chimique de l'élément dans le sol. À titre d'exemple, soulignons que dans les Cantons de l'Est, nos sols sont pauvres en phosphore disponible malgré le fait que ces sols contiennent des quantités de phosphore dépassant le 1 000 kilogrammes à l'hectare mais la structure chimique qui lie ces molécules ne permet pas leur assimilation facile par la plante. Si un jour un magicien pouvait trouver une recette pour rendre tout le phosphore assimilable que nos sols contiennent, les montagnes de résidus issus des mines d'amiante deviendraient des vraies mines d'or; actuellement, seul l'action des microorganismes du sol et le temps sont les magiciens qui libèrent graduellement le phosphore en petites quantités.

2. Connaître les disponibilités du sol et les besoins de l'arbre

C'est une vérité tout à fait simple en soi mais dont on oublie parfois l'importance. La fertilité d'un sol évolue dans le temps; elle dépend de sa nature, son origine mais aussi de l'action des êtres humains. Il est fréquent de rencontrer deux champs voisins mais de richesses fort différentes selon le degré de fertilisation qu'ils ont reçu avec le temps. Un champ fertilisé pendant vingt ans et l'autre en friche, il va de soi, que la production ne sera pas identique.

La qualité du site a parfois un impact aussi important que la fertilisation en elle-même; le tableau I nous en donne un exemple. Ces données sont tirées des essais que M. Veilleux a fait à la fin des années 1970 dans la région de Sherbrooke. Pour deux sites où une même application d'engrais a été faite, il a constaté que la croissance n'était pas identique. Le sol B est un sol plus riche que le sol A, le tableau nous indique également qu'une fertilisation donne de meilleurs résultats que sans application (témoin) peu importe la qualité du sol.

Une fertilisation raisonnée ne peut se calculer sans connaître les besoins de l'arbre. Aujourd'hui, il est relativement facile de connaître la quantité des éléments disponibles dans un sol donné. En effet, au cours des cinquante dernières années, les recherches entreprises ont permis d'en arriver à un consensus reconnu par la majorité des intervenants. Les connaissances sur les besoins du sapin baumier n'ont pas atteint le même niveau. Nous pouvons l'expliquer par le fait qu'un certain nombre de travaux ont été fait en fonction de la forêt ou de plantations forestières; de plus, le nombre de recherches sur la culture des arbres de Noël étant limité, il faut parfois interpréter les résultats en tenant compte du contexte où cette recherche fut effectuée. Les travaux entrepris ici et par nos voisins limitrophes nous permettent quand même de mieux connaître les principaux besoins; nous reviendrons un peu plus loin sur cet item.

TABLEAU I

Accroissement de la flèche et des ramilles dans deux types de sol différents en cm

PARTIE DE L'ARBRE	TÉMOIN	MOYENNE SUR 3 ANS	TYPE DE SOL
<i>Flèche terminale</i>			
A	19,9	24,9	sable - loameux
B	27,8	35,2	loam - sableux
<i>Ramilles latérales</i>			
A	22,3	25,6	sable - loameux
B	27,4	32	loam - sableux
<i>Ramilles adventives</i>			
A	6,8	8,6	sable - loameux
B	11,4	12,6	loam - sableux

Connaître la disponibilité du sol et les besoins sont deux facteurs complémentaires si on veut élaborer une fertilisation raisonnée. Trop c'est comme pas assez, le juste milieu vous appartient; il doit se faire à partir de la connaissance que vous avez dans vos plantations et des règles qui régissent la fertilisation. Les outils de base demeurent votre expérience, l'observation visuelle suivie des analyses du sol et des aiguilles.

À ce moment-ci, je me permets de faire un rappel sur les applications de correction. Dans un sol très pauvre, n'essayez pas de corriger ces sols rapidement, un sol pauvre capte rapidement les éléments comme une éponge mais sa redistribution vers les plantes n'est pas aussi rapide et est partielle. L'exemple du phosphore est le plus démonstratif à cet égard; il vaut mieux apporter des corrections sur plusieurs années que sur un an ou deux ans. D'ailleurs, au début de la croissance des arbres les besoins nutritifs étant moindres, la quantité d'éléments à fournir l'est également. Le point économique demeure également important; dans la production des arbres de Noël, le revenu vient dix ans après la plantation, n'oublions pas qu'un dollar investi en 1994 sera augmenté à 1,79 \$ lorsque vous vendrez votre arbre en l'an 2004. L'approche du "tranquillement, pas vite, le petit train va loin" me semble plus appropriée que "embarque dans ma Corvette" lorsqu'on veut augmenter le bilan de fertilité d'un sol pauvre.

Idéalement, l'analyse de sol devrait se faire un an avant la plantation. Elle a comme objectif de connaître les caractéristiques des éléments fertilisants du sol, de connaître son pH, son pourcentage de matières organiques et parfois la quantité d'éléments mineurs. Cette analyse sert donc à faire certaines corrections avant la plantation, elle peut être très utile après la plantation si une carence quelconque se développe, elle permet de confirmer un diagnostic visuel

ou les résultats obtenus par une analyse foliaire. C'est un outil qui facilite notre diagnostic et qui permet d'évaluer si la carence est due à un manque d'éléments dans le sol ou si nos recherches doivent aller vers des problèmes physiologiques de l'arbre ou des maladies fongiques.

L'analyse foliaire ou des aiguilles détermine la concentration des éléments contenus dans le feuillage. C'est un outil privilégié qui devrait être encouragé puisqu'il permet de connaître les besoins de l'arbre et d'évaluer sa réponse vis-à-vis les applications d'engrais. Elle décèle les carences, la surconsommation d'engrais; avec les années, elle permet de suivre l'évolution des éléments contenus dans l'arbre et de prévoir ainsi des carences éventuelles. C'est donc de la prévision plutôt que de la guérison. Il peut confirmer votre diagnostic visuel, à savoir que les aiguilles petites et jaunâtres sont peut-être dues à un manque d'azote, déceler un surplus d'azote qui est un indice de surconsommation, il nous indique qu'il faudra peut-être diminuer les quantités et ainsi, éviter des dommages de gel aux bourgeons ou des croissances excessives.

Les normes ou standards sont établis soit à partir du pourcentage de matières sèches contenues dans les cellules ou le rapport d'azote sur les éléments majeurs. C'est un peu l'approche que les chercheurs du Centre forestier des Maritimes préconisent; ils partent du principe que comme l'azote est l'élément principal que contiennent les cellules, les autres éléments devraient s'ajuster selon la quantité de l'azote. Les tableaux II et III reflètent ces approches.

TABLEAU II

Besoins nutritifs

Normes des analyses foliaires du sapin baumier au Nouveau-Brunswick

SITUATION	% N	P/N	K/N	Mg/N
Carence sévère	<1,4	0,08	<0,20	<0,04
Carence modérée	1,4-1,59	0,08-0,089	0,20-0,29	0,04-0,05
Critique	1,6-1,8	0,09-0,10	0,30-0,35	0,051-0,06
Adéquate	1,8-2	>0,10	>0,35	>0,06
Surplus	>2	--	--	--

Tiré de Brian D.K. Hatch (1988)

TABLEAU III

Besoins nutritifs

Analyses foliaires pour le sapin baumier % de matière sèche

	SELON BRUNS (1973)	SELON SHELTON (1992)
Azote	1,5	1,25 - 1,5
Phosphore	0,19	0,18
Potassium	0,72	0,5
Calcium	0,62	0,5
Magnésium	0,10	0,1
Soufre	--	,08
Fer	--	50 PPM
Manganèse	--	60 PPM
Zinc	--	20 PPM
Cuivre	--	5 - 6 PPM
Bore	--	--

3. Établir le type et la quantité d'engrais à appliquer

Connaître les interactions du sol, sa richesse, les besoins des arbres nous indiquent les principales voies que devrait prendre la fertilisation raisonnée. D'autres paramètres doivent s'ajouter afin d'évaluer les quantités à étendre

Lorsqu'une carence est démontrée pour un élément et que les autres sont acceptables, il est aisé d'apporter une correction rapidement en appliquant une quantité plus élevée pour celui-ci et en gardant la quantité constante pour les autres éléments, tel que prévu. Si un élément a une carence évidente et que un ou plusieurs autres éléments sont sur la limite du tolérable, effectuer un apport supplémentaire pour cet élément risque de ne pas apporter les corrections espérées puisque la croissance optimale serait limitée non pas par l'élément carencé et corrigé mais par les autres qui à la limite du tolérable passeraient à un seuil inférieur à cause de la demande croissante de la plante. Le graphique I nous démontre bien l'effet d'un ajout par rapport à un autre élément.

La quantité d'engrais à appliquer n'est pas seulement un calcul mathématique, elle demande une réflexion. Le résultat dépend des pratiques culturales comme le mode d'épandage, la présence de mauvaises herbes, les apports de fumier, etc.

Ce qui importe, ce n'est pas le taux d'application mais ce qui est disponible pour les arbres, la fertilisation a un rôle important mais ce n'est pas le seul. Les types d'engrais influencent la productivité, le volume, la physiologie de la plante ou la vie microbienne du sol. C'est le cas de l'azote sous la forme d'urée qui demeure plus volatile que le nitrate d'ammonium et qui par temps froid, devient moins disponible pour la plante. L'apport du phosphore par le super phosphate devient une bonne source d'approvisionnement de soufre (12 %) et de calcium (20 %) en le comparant au super phosphate triple qui contient 1,5 % de phosphore et 14 % de calcium.

De plus, l'engrais a une importance sur la physiologie de l'arbre et influence la dynamique des populations de ravageurs. R. Carrow et R.E. Betts ont démontré que la population de pucerons lagnières sur de jeunes sapins de Vancouver est, à la cinquième génération, 16,5 % plus élevée tandis que sur les arbres non fertilisés, elle augmentait de 5,4 % et avec l'application de nitrate d'ammoniac, elle était de 1,4 % fois plus élevée. Il semble que le cycle évolutif des pucerons subit l'influence des différents types de concentration des acides aminés contenus dans les différentes diètes, selon la forme d'engrais appliqué. Le graphique 2 et le tableau IV nous démontrent ce phénomène.

TABLEAU IV

Présence du puceron lagnière dans le sapin de Vancouver selon le type de fertilisation

	ÉTABLISSEMENT
Témoin	67,7
Urée	70,5
Potassium avec nitrate d'ammonium	65,4
Calcium avec nitrate d'ammonium	62,9
Nitrate d'ammonium	49,2
Nitrate de calcium	61,6

Tiré de J.R. Carrow et R.E. Betts.

Dans une même approche, G. Shaw et Al Durzan ont démontré que selon le type de fertilisant et la quantité appliquée, le contenu nutritif des aiguilles était modifié et avait un impact sur la population de la tordeuse d'épinette dans les sapins. C'est ce que résume le tableau V.

TABLEAU V**Effets de la fertilisation sur la survie des larves de tordeuse mâles chez le sapin baumier**

TRAITEMENT	% DE SURVIE DES LARVES	POIDS EN MG DES PUPES
Urée élevée - Potassium faible	40,2 (a,b)	72,0 (a)
Urée élevée - Potassium élevé	35,8 (b)	69,8 (a,b)
Urée faible - Potassium faible	42,4 (a,b)	69,0 (a,b)
Urée faible - Potassium élevé	38,0 (b)	64,7 (a,b)
Acétate d'ammonium élevé - Potassium faible	37,6 (b)	67,5 (a,b)
Nitrate de calcium élevé - Potassium faible	56,6 (a)	74,4 (a)
Contrôle	30,8 (b)	62,6 (b)

Le type de fertilisation a également un effet sur la microflore du sol. J.P. Tétrault et Al ont démontré que l'application d'urée en forêt avait provoqué une réduction du nombre moyen des mycorrhizes qui sont des champignons bénéfiques impliqués dans la nutrition et la protection des arbres contre certaines maladies. Notons que certaines applications de l'urée étaient passablement élevées, de 12 à 336 kilogrammes par hectare, trois années après l'équilibre était refait.

La description de ces résultats nous permet de mieux saisir l'importance dans la forme des engrais à choisir. L'intérêt d'appliquer des engrais dans la production des arbres de Noël est reconnu, ses impacts négatifs le sont parfois moins, les connaître permet une meilleure régie culturale.

4. Connaître la période idéale de fertilisation lors de la saison de croissance ainsi que les besoins dans la vie de l'arbre

La période, et le nombre d'application (synchronisation) des fertilisants a une grande influence sur les résultats. Est-il préférable de fertiliser tôt ou tard le printemps, de faire une ou deux applications? Une fertilisation tôt au printemps permet de rendre les éléments disponibles dès le départ de la croissance des arbres. Voilà une approche raisonnée, mais dans un sol sableux où l'humidité est élevée comme c'est souvent le cas au printemps, lorsque l'application est trop hâtive, nous augmentons le lessivage des engrais, surtout si la pluie se met de la partie. Au printemps, c'est l'explosion de la végétation; c'est vrai pour le sapin mais également pour tous les mauvaises herbes. Dans une plantation où l'application d'herbicides n'aurait pas réussi, la population des mauvaises herbes

devient si élevée qu'il y a de bonnes probabilités qu'elles profitent de l'application des engrais avant vos arbres. À l'inverse, un printemps qui s'annonce chaud et sec, une application hâtive permettra de compenser pour la diminution de croissance à venir et que plus le taux d'application est fait, plus la croissance de l'arbre en profite.

La fertilisation devra s'ajuster à vos besoins, à vos priorités et en fonction de l'âge de vos arbres. Une fertilisation au printemps permet d'influencer la croissance en hauteur des arbres; une fertilisation à la mi-juin n'aura probablement peu d'impacts sur la croissance en hauteur mais augmentera la longueur des aiguilles, sa couleur et favorisera une meilleure rétention. Une fertilisation quelques semaines plus tard, à la fin de juin, n'aura pas d'influence sur la longueur des aiguilles mais son impact se fera sur la couleur et le développement des bourgeons.

La synchronisation doit tenir compte de l'âge de la plantation, c'est-à-dire ces trois stages qui sont: l'établissement, la croissance et la finition. Au début, nous voulons que les arbres s'établissent rapidement afin d'éviter le plus de stress possible. Durant cette période, à cause de leur jeune âge, les dangers de mortalité sont plus élevés dus à la compétition des mauvaises herbes, le gel et la présence des rongeurs. À ce stage, la fertilisation devra être optimale, c'est le **secret de la réussite**. Bien établir ses arbres évite une multitude de stress et permet d'accélérer la croissance au moment voulu puisque le système racinaire sera bien établi et développé.

Durant le stage de la croissance, le suivi dans la fertilisation devra être constant mais avec une fertilisation moins rigoureuse, il faut ajuster les quantités selon la réponse de l'arbre afin d'éviter des croissances excessives et le développement des branches indésirables. Le stage de la finition demeure un moment critique pour l'arbre; la fertilisation doit être adéquate et soutenue, la qualité du feuillage est essentielle. C'est une période économique importante et de satisfaction pour le propriétaire.

Au niveau du nombre d'applications, deux à trois applications lorsque c'est possible du début de mai au début de juin sont à recommander. Ainsi, les quantités d'engrais sont partagées; l'engrais est mieux assimilé par l'arbre, tout en diminuant les pertes par le lessivage.

5. Le pH joue un rôle important dans la nutrition des arbres

Même si les avis sont partagés à savoir quel est le pH idéal, (indice de mesure de l'acidité du sol) la majorité des intervenants s'entendent pour dire qu'un sol trop acide réduit l'absorption des éléments du sapin baumier.

Les effets négatifs d'un sol acide agissent à plusieurs niveaux; ils diminuent l'activité des microorganismes, comme nous l'avons vu antérieurement,

essentielle au développement de la vie dans un sol et dans l'absorption de certains minéraux comme l'azote. Les microorganismes jouent un rôle important dans la minéralisation des matières organiques et donc, dans l'établissement d'une bonne structure du sol; une diminution de la population de la flore microbienne dans un sol acide empêche donc la minéralisation.

L'acidité rend les éléments essentiels moins disponibles aux plantes. C'est le cas des éléments majeurs comme l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Elle a par contre l'effet contraire sur la majorité des éléments mineurs comme le cuivre, le zinc, le bore, le fer et le manganèse en les rendant plus accessibles; elle rend également plus accessibles les éléments mineurs toxiques comme l'aluminium et le manganèse qui sont absorbés involontairement par la plante. L'application de chaux agricole est recommandée afin de neutraliser l'acidité du sol. En plus de corriger les effets négatifs mentionnés de l'acidité d'un sol, il est un apport important de calcium. Pour les sols pauvres en magnésium, ce qui est le cas dans la majorité des sols des Cantons de l'Est, on devra appliquer de la chaux dolomitique qui contient entre 3 et 12 % de magnésium selon l'origine. Comme ce magnésium devient disponible graduellement dans le sol avec les années, le milieu profite d'un apport continu de cet élément, ce qui n'est pas toujours le cas avec le magnésium contenu dans les engrais.

RÉSUMÉ

Pour résumer notre discussion, nous avons élaboré l'importance de cinq critères lorsque l'on parle de fertilisation raisonnée. Notre propos peut se résumer à l'effet que la disponibilité des éléments fertilisants pour la plante dépend d'un ensemble de facteurs qui sont les interactions biologiques et chimiques dans le sol et du type de sol. Il faut connaître également les besoins nutritionnels de l'arbre et les caractéristiques du milieu qui rendent disponibles les éléments de nutrition; de plus, le type et la quantité d'engrais, la période d'épandage sont des facteurs à retenir, le degré d'acidité du sol (pH) a un rôle important dans l'absorption des éléments. **Le succès en fertilisation ne dépend pas d'une grande action, mais de petits gestes associés les uns aux autres.**

DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE

Je ne voudrais pas terminer ma conférence sans mettre un peu de concret. Dans les lignes qui vont suivre, j'aimerais vous faire part de ma réflexion personnelle ainsi que de quelques travaux de recherche effectués. Il est approprié de vous rappeler qu'étant donné que nous travaillons avec du matériel vivant, et parce que l'environnement bioclimatique est un élément très variable dans le temps et les régions, les recommandations qui suivent sont d'ordre général et dans l'approche d'une fertilisation raisonnée, vous devez les adapter à votre entreprise.

Connaître ses champs avant de planter, cela implique qu'un an avant la plantation, de préparer ses champs par :

- les aménagements qui vont permettre d'améliorer le travail dans les plantations ou la structure du sol, soit le drainage, le nivellement, l'épierrement, etc.;
- prendre l'analyse de sol et commencer à apporter les corrections nécessaires au niveau de la fertilisation; vous trouverez en annexe une méthodologie tant pour l'analyse de sol que foliaire;
- faire les amendements s'il y a lieu, soit la chaux, l'apport de matières organiques, compost, etc.

Un rapport de fumure organique est toujours suggéré, afin d'apporter non seulement de la matière organique mais une série d'éléments majeurs et mineurs qui sont utiles au développement de la plante. De plus cet apport fournit un inoculum important de microorganismes vivant dans le sol. S'il s'agit de fumier, il faut faire attention que celui-ci ne contienne pas trop de graines de mauvaises herbes. Après la préparation, on devra semer une couverture végétale afin de contrôler les mauvaises herbes et éviter l'érosion du sol.

Idéalement, un site propice à la culture des arbres de Noël devrait se situer dans les barèmes suivants

- c'est un limon sableux à limon (loam). Le pH se situe entre 5,5 et 6, il devrait tendre vers un pH 6, puisque pendant la dizaine d'années que dure la croissance le sol s'acidifie naturellement avec le temps;
- le phosphore disponible se situe à 150 kilogrammes à l'hectare;
- le potassium disponible se situe à 250 kilogrammes par hectare;
- le magnésium disponible plus grand 150 kilogrammes/hectare.
- le calcium disponible plus grand que 1 050 kilogrammes/hectare;

TABLEAU VI

Normes recommandées pour un sol dans la culture du sapin baumier

ÉLÉMENTS (Kg/ha)	SELON HALLET	SELON J.-M VEILLEUX
Phosphore	105 - 150	150- 200
Potassium	350	240
Magnésium	134 - 538	225
Calcium	675 - 2 240	900
C.E.C.	10 et plus	--
% de matières organiques	4,5	3 à 6

Tiré de B.D.K. Hatch et J.-M. Veilleux.

RECOMMANDATION

Plusieurs recherches ont été entreprises au cours des années afin de déterminer les types d'application idéals dans les plantations; c'est le cas de Burns au New Hampshire, de Dickman dans le Maine, de J.-M. Veilleux au Québec et des chercheurs du Centre de foresterie des Maritimes. Bien qu'il existe des différences entre les uns et les autres, il y a une constante entre le résultat. Pour ces raisons, parce qu'elles sont aussi plus récentes et se situent mieux dans notre contexte de production, je n'ai retenu que les travaux de J.-M. Veilleux et du Centre de foresterie des Maritimes.

À la première année de la plantation, il est admis qu'il n'est pas nécessaire de fertiliser si les amendements de correction ont été apportés. J.-M. Veilleux déconseille la fertilisation azotée pour les deux premières années. Si on doit faire une application, le taux maximal devrait se situer à 50 grammes par plant avec un démarreur du type 7:27:12 ou de 5:18:10. La quantité d'azote dans le démarreur ne devrait pas dépasser 5 grammes par plant.

Les travaux, qui furent effectués par le Service canadien des forêts dans les Maritimes, ont fait ressortir que la différence de croissance était négligeable au cours des trois premières années dans les sites ayant ou n'ayant pas reçu une application d'engrais. Selon Estabrooks, malgré cette observation, il est probable que certaines réactions comme la croissance des racines a été stimulée par les applications d'engrais. Si un apport d'engrais doit se faire, il doit être appliqué trois semaines après le repiquage avec un engrais à faible teneur en azote du type 5:20:10 + Mg à des quantités de 20 grammes par arbres épandu en bandes

de 10 à 15 centimètres de la tige. Si le programme commence à la deuxième année, la formule est 10:10:10 avec Mg. Estabrooks souligne également que certains arbres, à cause de leurs limites physiologiques ou de la présence d'une quantité suffisante d'éléments nutritifs dans le sol, les applications d'engrais n'ont pas donné une croissance supérieure comparée aux témoins

LES ANNÉES SUBSÉQUENTES

À la 3^e année, J.-M. Veilleux souligne que l'azote pourra être appliqué dans les quantités de 10 à 40 grammes par arbre, le phosphore et le potassium à des quantités de 5 à 20 grammes par arbres inclus dans des formules commerciales du type 8:4:13 ou 10:10:10 ou 13:13:13; la dose initiale serait de 100 grammes par plant et augmentée avec l'âge des arbres. Selon l'évaluation des arbres dans la plantation, le traitement sera répété sur une base annuelle ou à tous les deux ans. Il recommande de fractionner la quantité d'engrais en deux ou trois applications entre le mois de mai et de juin.

Estabrooks recommande d'appliquer une dose de 30 grammes d'engrais par arbre de type 10:10:10 + magnésium par arbre si un traitement annuel est fait, et lors de deux traitements annuels d'appliquer à chacun des traitements 20 grammes par arbre. Pour les années subséquentes, la proportion d'azote devra être augmentée pour atteindre un ratio de 18:7:7 ou de 22:5:5. Les quantités sont augmentées graduellement pour atteindre environ 120 grammes par arbre lorsqu'ils arrivent à la maturité.

CONCLUSION

La fertilisation raisonnée demande une série d'actions. Au départ, c'est l'exploitant(e) qui fixe les règles que doit prendre la fertilisation; il tient compte de ses objectifs, des contraintes liées à l'entreprise qu'elles soient physiques ou économiques. La connaissance de l'évolution de ses sols, ses caractéristiques propres, ses qualités, ses défauts ainsi que l'évolution sont les facteurs importants dans cette prise de décision. Toute fertilisation raisonnée doit se faire en complémentarité avec son conseiller en fertilisation qui de par son expérience ainsi que les échanges qu'il a avec les autres intervenants, il est en mesure de conseiller adéquatement. Cette discussion doit se faire à partir des résultats obtenus par l'analyse du sol et du feuillage de votre plantation.

Planter un arbre dans un sol, la nature le fait depuis des millions d'années. Dans la culture des arbres de Noël, nous demandons en plus de la performance, à mon avis la qualité d'un sol au départ est aussi importante que la fertilisation que vous allez appliquer. Malheureusement, un sol pauvre ne devient pas du jour au lendemain un sol riche, il faut du temps, de l'énergie et a un coût. **Choisir et préparer son sol avant la plantation est peut-être le meilleur conseil de cette conférence.**

ANNEXE I

ÉCHANTILLONNAGE

Échantillonnage du sol

Comme je l'ai souligné auparavant, l'échantillonnage du sol devrait se prendre un an avant la plantation des sapins en plein champ. Il est recommandé de répéter l'analyse à tous les trois à quatre ans afin de suivre l'évolution des éléments fertilisants dans le sol.

MÉTHODOLOGIE

Avant la plantation

À l'aide d'une sonde ou d'une pelle ronde et d'un sceau, prélevez un peu de sol sur l'épaisseur normale du labour (15 à 20 centimètres). Effectuez entre 10 et 15 traitements en différents points du champ en le parcourant en zigzags. À chaque prise d'échantillon, prenez le même volume de terre, enlevez les déchets de culture ou de végétation visibles. Bien mélangez la terre recueillie et remplissez un contenant spécifique pour les analyses de sol (disponible au MAPAQ ou auprès de vos fournisseurs réguliers), évitez de manipuler le sol avec les mains.

Si la topographie, la texture du sol diffèrent passablement dans le champ, il est préférable de séparer cette superficie en sections identiques, à la condition que les superficies le justifient.

Dans une plantation établie

Comme le consensus n'est pas établi, ma façon de procéder consiste à prendre les échantillons dans le dernier tiers extérieur de la zone de recouvrement des branches. Afin d'atténuer l'effet de fertilisant résiduel, on devrait doubler le nombre d'échantillons, en prendre soit de 20 à 30 et effectuer l'échantillonnage à l'automne. Dans une plantation où les arbres sont déjà établis, il est préférable de prendre les échantillons avec une sonde plutôt qu'une pelle, l'efficacité en sera meilleure.

LES ANALYSES FOLIAIRES

Même si les paramètres d'échantillonnage diffèrent légèrement d'un chercheur à un autre, il semble se dégager une constante dans les recommandations.

J.-M. Veilleux, du Québec, recommande de prendre les échantillons à l'automne de la mi-septembre à la fin d'octobre dans le tiers supérieur de la cime, ce sont les aiguilles de l'année qui sont échantillonnées. Un échantillonnage de dix à vingt arbres par station est recommandé.

J.E. Shelton, de la Caroline du Nord, suggère d'échantillonner lorsque l'arbre est en dormance, soit à la fin du développement des bourgeons et avant le débourrement le printemps suivant. Les échantillons sont pris sur la pousse latérale, au milieu de l'arbre, à partir des aiguilles de l'année.

B. Hatch, du Nouveau-Brunswick, suggère que la période de prise d'échantillons idéale serait le mois d'octobre mais acceptable jusqu'au mois de décembre. Un échantillonnage d'une plantation devrait comprendre entre 10 et 15 échantillons. Ils doivent se prendre sur le premier tiers supérieur des cimes (in the top on top of the crown). Il souligne qu'il ne faut pas prendre la flèche terminale (leader) dans l'échantillonnage.

En résumé, les échantillons doivent se prendre lorsque l'arbre est en dormance, à l'automne et au niveau du tiers supérieur de l'arbre sur les branches latérales à partir des aiguilles de l'année. Afin d'obtenir un groupe homogène, entre 15 et 20 échantillons seraient représentatifs pour assurer un suivi et une continuité dans la fertilisation; il serait préférable de prendre des analyses à tous les deux ans ou lorsque tout symptôme anormal apparaît sur le feuillage et que l'on soupçonne une carence d'un élément.

RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Comparative foliar analysis of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphores, potassium and lime. V.R. TIMMER and E.L. STONE, Soil Sci. Soc. Am.J. Vol 42, 1978, p. 125-130

Cultural practices fertilizing and foliar analyses of balsam Fir Christmas trees. New Hampshire Agric. Exp. Sta, Sta. Ball, 501 30 p.

Culture du sapin baumier dans des champs et en forêt pour la production d'arbres de Noël. G.F. ESTABROOKS. Rapport d'information M-X-164 F, Service canadien des Forêts - Maritimes.

Effects of different foliar applied Nitrogen - fertilizers on balsam woolly aphids. S. Roderick CARROW and Robert E. BETTS. Can. J. for res.3, 122 (1973).

Efficient christmas tree fertilization. Norma, A. RICHARDS and Albert L. LEAF, Americann christmas tree journal, May 1971, p. 11-15.

Essai de fertilisation dans des plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël. J.-M. VEILLEUX. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche forestière, rapport interne no. 246.

Fertilisation de plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël. Essais au moment de la plantation par J.-M. VEILLEUX. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche, mémoire no 87, 1985.

Fertilisation de plantations de sapin baumier cultivé pour la production d'arbres de Noël. II Essais au début de la cinquième saison de croissance par J.-M. VEILLEUX, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche, mémoire no 89, 1986.

Fertilizing fraser fir, James E. SHELTON, Colloque provincial: sapin, culture, Un art à raffiner, mars 1992, p. 59-65.

Free amino acids in grand fir needles and the effects of different forms of foliar applied nitrogen. Can J. For, Re J.R. CARROW, Vol. 3 no 4 (1973), p. 465-471.

Growth response of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphores, potassium and lime. V.R. TIMMER and D.G. EMBREE, Can J. for res. Vol 7, 1977, p. 441-446.

Instruction relatives à l'échantillonnage des sols et des tissus végétaux (culture des arbres e Noël), J.M. Veilleux, Ministère de L'Énergie et des Ressources, Service de la recherche (Terres et Forêts), rapport interne no 237.

Nitrogen fertilization and mycorrhizae of balsam fir seedlings in natural stands.
J.-P. TÉTREAU, B. BERNIER and J.A. FORTIN. Naturalite canadien 105:
461-466 (1978).

Phytophthora root rot and fertilization damage in Christmas tree plantations by
E.G. KUHLMAN and Carol G. WELLS. American Christmas tree journal, p. 17-
20. May 1971.

Soils and foliage analysis; tool for the Christmas tree grower. Brian D.K. HATCH.
The forest extension service of New Brunswick operational note 1987: 06.
1987.09.04