

Influence du travail du sol sur la stabilité des peuplements

synthèse bibliographique

par **Philippe Van Lerberghe**

IDF – Antenne de Toulouse
7, chemin de la Lacade, 31320 Auzesville-Tolosane

Les façons culturales peuvent améliorer la stabilité des arbres ou, au contraire, provoquer une instabilité précoce des peuplements. L'effet constaté dépend du type du sol et de la méthode utilisée.

D'une manière générale, la stabilité et la résistance des arbres aux effets du vent, en particulier dans des sols peu propices à l'enracinement profond comme les sols indurés, les gleys et les sols tourbeux, dépendent du profil de sol cultivé et du développement consécutif de l'architecture racinaire des arbres.

Effets des façons culturales sur les rendements

Des recherches ont démontré que les façons culturales sur des sites nouvellement mis en culture et caractérisés par des sols podzoliques tourbeux, des sols indurés (alios à horizon cimenté), des gleys tourbeux ou des sols tourbeux amélioreraient la croissance par rapport aux plantations sans façon culturale (Zehetmayr, 1954 ; 1960). Des résultats d'expérience intermédiaires comparant des façons culturales plus intensives avec ou sans sous-solage sur des landes et autres sols indurés suggèrent que celles-ci peuvent augmenter les rendements « de façon proportionnelle au volume des sols remaniés » (Taylor, 1970). Thompson (1984) se base sur ces éléments pour suggérer des gains potentiels d'une classe de production pour l'épicéa de Sitka et le pin de Murray plantés dans quatre types de sols préparés par un labour profond au lieu d'un labour à espacement standard peu profond. Il suggère également que la hauteur finale des peuplements sur gleys et sols tourbeux non indurés est moindre (Miller, 1985) après un labour à versoir simple qu'avec un labour à versoir double (double billon à dérayure centrale obtenu par 2 versoirs opposés).

Des études de croissance à plus long terme de massifs ayant bénéficié de différents types de façons culturales, notamment sur des *landes* (Thomson et Neustein, 1973 ; Wilson et Pyatt, 1984) ont démontré que différentes interventions à différentes étapes de croissance peuvent entraîner des changements notables en termes de classes de production. D'autres expériences concernant des landes à couche concrétionnée ont également montré de tels changements (Quine, 1987).

Pour la croissance en hauteur, Wilson et Pyatt (1984) distinguent des réponses en trois phases aux façons culturales. Les 10 premières années sont marquées par une croissance rapide, souvent caractérisée par une réponse importante aux façons plus intenses. La deuxième phase se produit pendant le stade initial de formation des perches et peut être marquée par une croissance plus lente et une inversion des tendances de croissance précédentes. La troisième phase se produit à partir de 20 ans environ, où l'on observe des différences de hauteur limitées, mais une amélioration en termes de surface terrière et de cubage. Ces évolutions peuvent traduire l'influence de facteurs de limitation de croissance inhérents aux sites, par exemple l'humidité disponible ou le rythme du cycle d'azote. Les avantages des façons culturales intensives pendant la première phase s'expliquent vraisemblablement

par les effets positifs des façons sur la température du sol, la mobilisation précoce d'azote ou le moment et l'intensité de la repousse de la végétation concurrente (callunes).

Sur des sols à horizons indurés et pauvres (alios), on a observé, pour des pins sylvestres âgés de trente ans, une production en cubage sensiblement plus importante sur les surfaces ayant bénéficié d'un labour en plein à moyenne profondeur (33 cm) que sur celles travaillées par un labour en lignes avec versoir. Le labour en plein peu profond a donné des résultats moins bons que le labour en plein à moyenne profondeur, tandis que les effets d'un sous-solage complémentaire étaient négatifs. Sur le même site, le cubage produit par un mélange de mélèzes du Japon et de pins de Murray augmente pour les deux types de labour en plein par rapport au labour par lignes à moyenne profondeur.

Sur lande podzolique, un labour en plein à 30-40 cm de profondeur a donné un meilleur rendement pour des pins sylvestres et des pins de Murray qu'un labour avec versoir simple (Mason, 1996). Par rapport aux pins plantés sans intervention préalable, la surface terrière des pins sylvestres plantés sur un labour par lignes augmente de 47%, et de 64% sur sol intégralement labouré. Après 30 ans, les différences dues aux façons culturales représentaient une augmentation équivalente à 2 classes de production (de 6 à 8).

Pour les gleys et les sols tourbeux, les façons culturales ne semblent pas influencer la classe de production, mais elles peuvent sensiblement influencer la stabilité des arbres. Une comparaison effectuée en Irlande (Hendrick, 1989) entre différentes façons culturales sur gleys à nappe phréatique superficielle ne dégage aucune différence significative dans la surface terrière des épicéas de Sitka au bout de 16 ans environ. Cependant, les façons culturales augmentent la surface terrière d'environ 50% par rapport aux plantations sans aucune intervention culturale. La production d'un reboisement d'épicéas de Sitka en sol tourbeux peu profond en Irlande du Nord, mesurée au bout de seize ans, était nettement plus importante pour les arbres plantés sur butte que pour ceux plantés directement sur sol non travaillé. Par ailleurs, le doublement de l'intensité de drainage a provoqué une réaction de croissance supplémentaire, mais non significative (Schaible et Dickson, 1990).

Une façon culturale minimale est indispensable pour assurer des rendements satisfaisants dans les sols aux caractéristiques très défavorables. Cependant, en termes d'augmentation de la classe de production, le type d'intervention n'est significatif que pour les *sols podzoliques et à croûte indurée*, et ce, uniquement pour les pins et mélèzes (Wilson et Pyatt, 1984). Des résultats plus anciens indiquant qu'un labour intensif profond peut faire passer le rendement d'épicéas de Sitka plantés seuls à la classe supérieure (Thompson, 1984) n'ont pas été confirmés. Taylor (1991) recommande de replanter ces sites en pins ou en mélèzes seuls, ou avec un mélange d'épicéas de Sitka et de pins sylvestres, pour éviter les arrêts de croissance chez les épicéas en cas de carence importante en azote.

L'influence des types d'interventions culturales sur la croissance en hauteur et la surface terrière est généralement faible dès lors que la canopée se ferme, et beaucoup moins significative que leur impact sur le développement des racines et la stabilité des arbres. Par la suite, la croissance dépend davantage des autres caractéristiques permanentes du site, comme la configuration générale de la nappe phréatique, l'exposition, l'altitude, la disponibilité en nutriments ou le stress dû à la sécheresse.

Une façon culturale minimale est indispensable pour assurer une croissance et des rendements satisfaisants sur des sols aux caractéristiques défavorables. Cependant, le type d'intervention a généralement peu d'effet sur la croissance des arbres.

Impact des façons culturales sur la forme et le développement des racines

Les façons culturales ont une influence profonde sur la forme et le développement des racines puisqu'elles touchent de nombreux aspects de l'environnement racinaire, à savoir : l'humidité et la

température du sol, l'espace entre les pores et la concentration en oxygène, la répartition des matières organiques, la mobilisation des substances nutritives et la configuration physique des sols en surface.

Ces effets varient suivant la technique employée, la nature des caractéristiques défavorables des sols et les caractéristiques des essences.

Sols à horizon induré (alios)

Une étude de l'enracinement des épicéas de Sitka, des mélèzes du Japon et de trois essences de pins plantés sur des landes - généralement à horizon cimenté - labourées en plein ou par lignes a été menée par Yeatman (1955). Les réponses varient suivant les essences mais, dans tous les cas, les racines exploitent uniquement les sols poreux et bien aérés dans les parties remaniées du profil.

Thomson et Neustein (1973) observent un enracinement moins profond et moins étendu sur les sols labourés en lignes que ceux ayant bénéficié d'un labour en plein. Par ailleurs, l'extension des racines superficielles est beaucoup plus importante sur un labour en plein à profondeur moyenne (30-40 cm) que sur un labour en plein peu profond (15-25 cm).

Dans le cas des labours en lignes, les racines ont tendance à s'aligner le long des sillons de labour (Yeatman, 1955 ; Wilson et Pyatt, 1984) ou de la dérayure des billons, ce qui entraîne un risque de basculement pour les essences ayant un rapport pousses/racines élevée (Edwards *et al.*, 1963 ; Thomson et Neustein, 1973 ; Mason, 1985).

Par ailleurs, Yeatman (1955) observe que sur les sols labourés en plein ou bénéficiant de façons culturales intensives profondes et/ou de sous-solage, la répartition des racines dans le profil cultivé est plus équilibrée, favorisant le développement de racines descendantes primaires et secondaires à partir de longues racines latérales.

De même, Ross et Malcolm (1982) font état d'une amélioration de l'enracinement de mélèzes du Japon et d'épicéas de Sitka plantés en mélange dans un sol à horizon induré après un travail du sol profond et en plein : les racines étaient bien réparties sur l'ensemble du profil, sans alignement particulier.

Le développement racinaire était remarquablement rapide sur ces sols bénéficiant de façons culturales intensives, atteignant une profondeur de 60-65 cm en deux ans et demi et une extension horizontale allant jusqu'à 250 cm en trois ans et demi dans l'horizon à 20-30 cm.

Gleys et sols tourbeux

L'enracinement asymétrique observé sur des sols à horizon induré après un labour en lignes est encore plus marqué pour les gleys et les sols tourbeux.

Savill (1979) a observé des épicéas de Sitka à enracinement exagérément asymétrique dans des gleys fins à nappe phréatique peu profonde en hiver (20-25 cm) et labourés à faible profondeur au verso simple. Les racines qui poussaient en travers des sillons de labour étaient peu nombreuses et de faible diamètre. Même les rigoles de drainage réalisées pour l'assainissement du site de plantation présentaient un obstacle significatif à l'enracinement.

Coutts *et al.* (1990) ont observé qu'après un labour à verso simple en sol tourbeux profond, les pins de Murray comme les épicéas de Sitka présentaient une forte tendance à développer des racines dans la crête de labour et non dans la surface d'origine (tandis que des racines fourchues se développaient au bord des sillons). L'enracinement des pins de Murray était plus profond que pour les épicéas, mais plus asymétrique.

Hendrick (1989) a observé une évolution semblable de l'enracinement d'épicéas de Sitka dans des gleys fins à nappe superficielle labourés au verso double (2 billons de part et d'autre d'une dérayure

profonde). Une comparaison des systèmes racinaires dans des sols labourés et des sols ayant bénéficié d'un drainage - taupe montre que, dans ces derniers, les racines présentent davantage de symétrie et d'enracinement vertical. Des études sur des pins de Murray dans des gleys en Alberta au Canada ont montré un enracinement plus profond de 5 cm après rippage profond qu'en l'absence d'intervention (Nadeau et Pluth, 1997).

Des études du système racinaire d'épicéas de Sitka sur gleys tourbeux ont montré que la présence d'une souche proche de la position du plant (plantation « sur souche ») empêche le développement uniforme de son système racinaire avec pour effet une asymétrie marquée tandis que les arbres plantés loin des souches de la rotation précédente ou sur buttes présentaient des racines moins profondes mais plus symétriques (Quine *et al.*, 1991 ; Quine, 1990). L'enracinement des arbres sur buttes était plus profond et plus équilibré lorsque les buttes contenaient des matières organiques. Une forte asymétrie du système racinaire d'arbres plantés « sur souche » et sans buttage a également été constatée sur des sites de type similaire (Prest *et al.*, 1991).

Une forte asymétrie des systèmes racinaires peut se présenter dans des gleys labourés ou encore dans des sols tourbeux où l'entretien du système de drainage et l'ameublissement en profondeur ont été insuffisants. Les systèmes racinaires des épicéas de Sitka sont plus profonds et plus symétriques sur des gleys fins à nappe superficielle assainis par drainage-taupe. En sol tourbeux profond et bien drainé, l'enracinement des pins de Murray et des épicéas de Sitka peut être profond même en cas d'asymétrie initiale (Pyatt, 1990b).

Les différentes techniques culturales peuvent donc avoir une influence considérable sur la symétrie des systèmes racinaires.

Effets des façons culturales sur la stabilité

L'instabilité due aux façons culturales peut se révéler pendant la phase juvénile du développement des arbres (Edwards *et al.*, 1963 ; Mason, 1985 ; Pfeifer, 1983).

Dans une expérience classique de la Forestry Commission en forêt de Teindland (Ecosse) concernant une plantation de pin de Murray sur sol induré, 22 à 29% des tiges d'arbres de huit ans plantés au fond des sillons résultant d'un labour par lignes s'ébranlaient au vent, par rapport à 3-5% seulement plantés sur labour en plein (Edwards *et al.*, 1963). D'autres résultats de cette expérience montrent des effets significatifs sur la qualité verticale des tiges à l'âge de 20 ans (Thomson et Neustein, 1973). Plus de 50% des pins de Murray plantés sur des labours peu profonds à sillon unique présentaient des tiges inclinées par le vent, par rapport à 20% environ sur des sols labourés en plein. La rectitude des tiges de pins sylvestres était moins influencée par les façons culturales, mais l'incidence en cas de labour par lignes était cinq fois plus élevée que sur labour en plein.

Les racines disposées face au vent ont une importance majeure pour l'ancrage d'arbres à racines superficielles (Coutts, 1983b, 1986). Ces racines représentent le deuxième facteur de résistance au basculement après le sol lui-même et, si leur développement est freiné par la présence de sillons, l'ancrage est considérablement affaibli.

Des études de déracinement entreprises par Booth et Maynard (1972) ont montré que le moment du basculement pour des épicéas de Sitka de 44 ans plantés en sol tourbeux profond est deux fois plus rapide lorsque les sillons sont espacés de 1,2 m qu'avec des sillons espacés de 4,1 m.

D'autres résultats indiquant l'importance d'une extension ininterrompue des racines sur *gleys humides* à nappe superficielle apparaissent dans une étude du déracinement après tempête dans une plantation d'épicéas de Sitka âgés de 23 ans (Savill, 1976). Les plantations sans travail du sol préalable n'étaient pratiquement pas affectées (0,4% déracinés), tandis que pour des peuplements mesurant 1 m de moins en hauteur dominante et plantés sur labour, le taux de déracinement atteignait 23%, avec 9% d'arbres

supplémentaires rendus instables. La limitation de la croissance racinaire par les sillons de labour a été identifiée comme facteur responsable de ces importantes différences de stabilité.

Fraser (1962) a attiré l'attention sur l'importance de la profondeur d'enracinement pour la résistance au basculement, en suggérant que 15 cm de profondeur supplémentaire augmentent la résistance de 25 %. Hinson et al. (1970) ont montré que le drainage - taupe, seul ou avec labour (Quine, 1988), abaisse davantage le niveau de la nappe phréatique que le labour seul (Hendrick, 1989) et augmente la profondeur de l'enracinement. Hendrick observe que la résistance au déracinement d'épicéas de Sitka âgés de 12-15 ans plantés sur *gleys à nappe superficielle* est supérieure de 43 à 90% sur des sols assainis par drainage-taupe que sur des labours à double versoir.

Une meilleure stabilité serait assurée par une plus grande rigidité du plateau racinaire (caractéristique des essences à enracinement superficiel) grâce à une augmentation de la profondeur d'enracinement, surtout si le plateau contient une proportion plus importante de matières minérales. Les systèmes racinaires peu profonds peuvent augmenter en poids en fonction d'une augmentation appropriée de la largeur et la symétrie du plateau (Coutts, 1986). En principe, le drainage-taupe et la plantation sur buttes sont les seules interventions pouvant augmenter la stabilité sur *gleys* et sols tourbeux. Les labours sur *gleys* et les labours profonds sur sols tourbeux affaiblissent la résistance au déracinement en limitant le rayon des plateaux racinaires tout en favorisant un développement asymétrique (Coutts *et al.*, 1990).

Le rôle des façons culturales lors d'opérations de reboisement sur sols humides déjà labourés pour une première rotation est particulièrement problématique. Des études limitées indiquent que lorsque les dérayures se combent de feuilles et autres résidus, l'extension latérale des racines est meilleure que dans la première rotation. Cependant, le développement latéral est inhibé en cas d'accumulation d'eau provoquée par un drainage insuffisant lors du labour précédent (labour suivant les courbes de niveau, par exemple). Une nouvelle opération de drainage est nécessaire pour réduire l'accumulation d'eau ainsi que le buttage des trous de plantation entre les billons.

Les façons culturales peuvent améliorer les conditions d'enracinement et favoriser la stabilité des arbres, mais elles ont aussi des inconvénients. Ainsi, elles n'augmentent pas sensiblement la profondeur de l'enracinement dans les *gleys à nappe superficielle* sur terrain pentu. Cependant, un buttage à la pelle mécanique avec drainage intensif sur les *gleys* tourbeux à pente douce (0-30°) peut abaisser la nappe phréatique et favoriser ainsi un enracinement plus profond et une meilleure stabilité.

Les racines charpentières principales sont déterminées dans les 6 à 8 premières années de croissance, et les façons culturales sont un facteur critique de leur répartition. Les techniques culturales qui apportent des améliorations marginales en début de croissance peuvent menacer la stabilité des arbres à long terme v

Références bibliographiques

- BOOTH T.C., MAYHEAD G.J., 1972. *Report on project to study lodgepole pine rooting systems and stability*. Report on Forest Research 1972, 65-66. HMSO, London.
- COUTTS M.P., 1983. Root architecture and tree stability. *Plant and Soil*, 71, 171-188.
- COUTTS M.P., 1986. Components of tree stability in Sitka spruce on peaty gley soil. *Forestry*, 59(2), 173-197.
- COUTTS M., WALKER C., BURNAND A., 1990. Effects of establishment method on root form of lodgepole pine and Sitka spruce and the production of adventitious roots. *Forestry*, 63(2), 143-159.
- EDWARDS M.V., ATTERSON J., HOWELL R.S., 1963. *Wind loosening of young trees on upland heath*. Forestry Commission Forest Record 50. HMSO, London.
- FRASERS A., 1962. Soil and roots as factors in tree stability. *Forestry*, 35(2), 117-127.
- HEINDRICK E., 1989. The effect of cultivation method on the growth and root anchorage of Sitka spruce. *Irish Forestry*, 46(1), 19-28.
- HINSON W.H., PYATT D.G., FORT D., 1970. *Drainage studies, Halwill Forest, Devon*. Report on Forest Research 1970, 88-89. HMSO, London.
- MASON E.G., 1985. Causes of juvenile instability of *Pinus radiata* in New Zealand. *New Zealand Journal of Forest Science*, 15, 263-268.
- MASON W.L., 1996. The effects of soil cultivation techniques on vegetation communities and tree growth in an upland pine forest. 2. Tree growth. *Scottish Forestry*, 50, 70-76.
- MILLER K. F., 1986. *Windthrow hazard classification*. Forestry Commission Leaflet 85. HMSO, London.
- NADEAU L.B., PLUTH D.J., 1997. Spatial distribution of lodgepole pine and White spruce seedling roots 10 years after deep tillage of a Gray Luvisol. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 1606-1613.
- PFEIFER A.R., 1983. *Factors that contribute to basal sweep in lodgepole pin*. Irish Forestry.
- PREST G.I., QUINE, C.P., CAMEROUN, A.D., 1991. Winfthrow of five year old Sitka spruce on an upland restocking site. *Scottish Forestry*, 45(2), 120-128.
- PYAT D.G., 1990. Long term prospects for forests on peatland. *Scottish Forestry*, 44(1), 19-25.
- QUINE C.P., 1987. *Cultivation, site preparation and drainage*. Report on Forest Research 1987, 24-25. HMSO, London., Edinburgh.
- QUINE C.P., 1988. *Cultivation, site preparation and drainage*. Report on Forest Research 1988, 18. HMSO, London., Edinburgh.
- QUINE C.P., 1990. *Planting at stump - preliminary evidence of its effect on root architecture and tree stability*. Forestry Commission research Information Note 169. Forestry Commission, Edinburgh.
- QUINE C.P., BURNAND A., 1991. Early growth and root architecture of Sitka spruce in relation to cultivation on a peaty ironpan afforestation site. *Scottish Forestry*, 45(3), 175-182.
- QUINE C.P., BURNAND A., COUTTS M.P., REYNARD B.R., 1991. Effects of mounds and stumps on root architecture of Sitka spruce on a peaty gley restocking site. *Forestry*, 64(4), 385-401.
- ROSS S.M., MALCOM D.C., 1982. Effects of intensive forestry ploughing practices on an upland heath soil in SE Scotland. *Forestry*, 55, 155-171.
- SAVILL P.S., 1976. The effects of drainage and ploughing on surface water gleys on rooting and windthrow of Sitka spruce in Northern Ireland. *Forestry*, 49, 133-134.
- SCHAIBLE R., DICKSON X., 1990. Effects of drainage intensity and planting position on the growth and nutrition of second rotation Sitka spruce on shallow peat. *Irish Forestry*, 47, 19-27.
- TAYLOR G.G.M., 1970. *Ploughing practice in the Forestry Commission*. Forestry Commission Forest Record 73. HMSO, London.
- THOMPSON D.A., 1984. *Ploughing of forest soils*. Forestry Commission Leaflet 71, HMSO, London.
- THOMSON J., NEUSTEIN S.A., 1973. An experiment in intensive cultivation of an upland heath. *Scottish Forestry*, 27, 211-221.
- WILSON K.W., PYATT D.G., 1984. An experiment in intensive cultivation of an upland heath. *Forestry* 57(2), 117-141.
- YEATMAN C.W., 1955. *Tree root development on upland heaths*. Forestry Commission Bulletin 21. HMSO, London.
- ZEHETMAYR J.W.L., 1954. EXPERIMENTS ON TREE PLANTING IN PEAT. Forestry Commission Bulletin 22, HMSO, London.
- ZEHETMAYR J.W.L., 1960. *Afforestation of upland heaths*. Forestry Commission Bulletin. HMSO, London.

