

Les pratiques sylvicoles peuvent-elles améliorer l'économie d'eau?

par Jerome K. VANCLAY

Quatre éléments sur les relations eau/forêt sont bien connus et font consensus, mais sont en contradiction avec l'idée souvent partagée que l'arbre utilise l'eau au détriment des captages d'eau (ex. DIJK & KEENAN 2007) :

- les arbres transpirent des quantités d'eau relativement importantes que l'on considère souvent comme "perdues" (FARLEY *et al.* 2005, JACKSON *et al.* 2005) ;
- les noyaux de condensation produits par les canopées forestières (O'DOWD *et al.* 2002, SPRACKLEN *et al.* 2008) signifie que les forêts peuvent jouer un rôle important dans la formation des nuages ;
- l'atmosphère retient relativement peu d'humidité (DUAN *et al.* 1996, TREGONING *et al.* 1998), établissant une limite à la quantité d'eau transpirée qui peut être retenue dans l'atmosphère ;
- la plupart de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère ne se déplace pas très loin avant de retourner sur la terre sous forme de précipitations (BOSILOVICH & CHERN 2006, FITZMAURICE 2007).

Les contradictions apparentes parmi ces quatre points conduisent à la question suivante : quel est le sort de toute l'eau qui est "perdue" par les arbres si celle-ci n'est pas retenue dans l'atmosphère, se déplace peu et a la capacité d'être condensée au dessus des forêts ? L'évapotranspiration est-elle une "perte" ou bien retourne-t-elle à proximité, au sol, sous forme de précipitations ? Ce sont des questions importantes, mais elles sont rarement posées parce que bien peu de chercheurs adoptent une vision large de l'écosystème incluant l'atmosphère, et une approche focalisée sur l'arbre en tant qu'individu, peut conduire à des conclusions différentes (et potentiellement contradictoires).

Une de ces visions réductrices et simplistes consisterait à considérer que l'utilisation d'eau dépend de l'âge de la plantation. Plusieurs méta-analyses ont illustré la relation entre l'utilisation d'eau et l'âge (ex., FARLEY 2005, JACKSON *et al.* 2005), et alors qu'une relation existe avec certitude, cela ne relève pas nécessairement d'une relation de causalité, mais peut simplement être la conséquence d'effets combinés avec d'autres paramètres tels que la surface foliaire, la hauteur de l'arbre ou la rugosité de la canopée (VANCLAY 2009). Certains diront que cette subtilité ne doit pas être prise en compte, puisque la corrélation avec l'âge est bien utile pour la prédition, mais la distinction est d'une grande importance dans la pratique, parce que les gestionnaires forestiers peuvent changer ces derniers (par exemple, la surface foliaire, la rugosité du couvert) plus facilement que l'âge des plantations qui peut être contrainte par les enjeux de production forestière.

Le rapprochement entre utilisation de l'eau et modèles de croissance des arbres fondés sur l'âge, a fait croire à beaucoup de personnes qu'il y a une relation directe entre l'eau consommée et la production de bois, mais la quantité d'eau impliquée dans la photosynthèse reste faible et la plupart de l'eau utilisée par les arbres sert au transport des nutriments et au refroidissement de l'arbre. Une observation plus précise du développement des plantations suggère une meilleure explication par un rapprochement entre structure du couvert (rugosité/hétérogénéité) et utilisation de l'eau.

L'équation de Penman-Monteith propose une approche théorique alternative pour examiner l'utilisation de l'eau (IRMAK *et al.* 2005), en utilisant une méthode du bilan énergétique plutôt qu'une corrélation empirique. L'équation de Penman-Monteith révèle qu'une grande proportion de l'eau utilisée est transpirée les jours à faible humidité et de grand vent, et que l'utilisation potentielle d'eau est bien corrélée avec l'humidité relative, la vitesse du vent et la rugosité de la canopée (ou résistance aérodynamique). Les forestiers ne peuvent pas facilement contrôler l'humidité, mais peuvent par contre influencer la vitesse du vent et la rugosité du couvert. L'agriculture et l'horticulture se sont appuyées pendant des décennies sur la gestion du vent avec brise-vent (par exemple, CLEUGH 1998), et les mêmes principes peuvent être appliqués

pour créer des plantations économies en eau.

Un indice selon lequel l'utilisation d'eau peut être réduite par des brise-vent internes provient de modèles de gestion de l'eau dans les forêts naturelles d'eucalyptus dans lesquelles la structure du couvert varie considérablement entre les vieux peuplements irréguliers (présentant des arbres «brise-vent») et les repousses équiennes (sans brise-vent, par exemple, VERTESSY *et al.* 1998). Ainsi, il semble possible que des «brise-vent» internes à une plantation puissent conduire à une forêt économique en eau, comme c'est le cas des vieilles forêts. Le nombre et la disposition des arbres brise-vent nécessaires dans une plantation pour réduire la «soif» des arbres reste une question de recherche intéressante. La sélection attentive d'espèces peut être nécessaire pour assurer des économies d'eau en complément de la disposition de brise-vent intérieurs, et en s'assurant que cela ne déplace pas le problème vers un autre. Les espèces diffèrent considérablement dans leur capacité à contrôler les stomates, avec certaines espèces présentant un équilibre hydrique très frugal, tandis que d'autres restent à la merci des éléments (JONES 1998, WHITEHEAD et BEADLE 2004).

Il est prouvé que les peuplements d'essences mixtes offrent des avantages hydrologiques parmi d'autres. FORRESTER (2007, 2010) a signalé une plus grande efficacité productive (ratio de la transpiration/l'assimilation) dans les plantations d'espèces mixtes par rapport aux peuplements purs. Un peuplement d'*Acacia mearnsii* pur atteint 1406 (± 302) ML/m, mais réduit à 882 (± 98) ML/m quand il est mélangé avec *Eucalyptus globulus*. Il semble probable que les ports différents de ces deux espèces aient contribué à créer cet effet, comme l'eucalyptus a tendance à être haut et étroit, tandis que l'acacia a tendance à être plus court et plus large, offrant un avantage mutuel : l'eucalyptus, le plus grand, fournit un abri pour les acacias, et l'acacia, plante légumineuse, fournit de l'azote aux eucalyptus.

Un autre élément susceptible de modifier l'économie de l'eau à travers la structure de la canopée est la nature de la «couche limite» entre atmosphère et canopée, qui influence la façon dont l'air ambiant des arbres se mélange à l'atmosphère. Les plantations équiennes ont une couche limite très différente de celle des plantations d'espèces mixtes et des forêts anciennes, et cela se

réflète dans leur régime hydrique. La structure de la canopée est importante puisqu'elle affecte l'aérodynamique, en particulier la turbulence et la couche limite. Heureusement, il est relativement facile pour les gestionnaires forestiers de manipuler la structure de la canopée grâce à la sélection des espèces et des régimes d'éclaircie. Cependant, de nombreuses plantations sont relativement petites, et les effets de bordure sont importants (WUYTS *et al.* 2009). Il est clair que la transpiration improductive peut être réduite en adoucissant les bords des plantations grâce à l'élagage et à l'éclaircie, en évitant les interruptions inutiles dans la canopée, et probablement avec des haies pour créer des bordures plus aérodynamiques (VANCLAY 2009).

Les lecteurs ne doivent pas avoir l'impression qu'il est trop difficile et peu pratique de limiter la perte d'eau des plantations par la sylviculture. Bien qu'il reste un grand besoin de recherche dans ce domaine (VANCLAY 2009), des solutions pratiques existent, et les "meilleurs paris" peuvent être mis en œuvre immédiatement. Ces solutions ne sont pas universelles, et des approches réfléchies sont nécessaires pour adapter les espèces, les sites et la sylviculture aux résultats hydrologiques souhaités dans chaque cas particulier.

J.K.V.

Références

- Bosilovich, M.G. and J.-D. Chern, 2006. Simulation of water sources and precipitation recycling for the MacKenzie, Mississippi, and Amazon River Basins. *J. Hydrometeor*, 7, 312–329.
- Cleugh, H.A., 1998. Effects of windbreaks on air-flow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems* 41(1):55-84.
- Dijk, A.I.J.M.van, Keenan, R.J., 2007. Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management* 251:1-9.
- Duan, J., Bevis, M., Fang, P., Bock, Y., Chiswell, S., Businger, S., Rocken, C., Solheim, F., van Hove, T., Ware, R., McClusky, S., Herring, T.A. and King, R.W., 1996. GPS Meteorology: Direct estimation of the absolute value of precipitable water. *J. Appl. Meteor.*, 35, 830–838.
- Farley, K.A., E.G. Jobbágy and R.B. Jackson, 2005. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy, *Global Change Biology* 11:1565–1576.
- Fitzmaurice, J.A., 2007. A critical analysis of bulk precipitation recycling models. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering.
- Forrester, D.I., 2007. Increasing water use efficiency using mixed species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia*. *The Forester* 50(1):20-21.
- Forrester, D.I., S. Theiveyanathanc, J.J. Collopya and N.E. Marcar, 2010. Enhanced water use efficiency in a mixed *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* plantation *Forest Ecology and Management* 259:1761-1770.
- Irmak, S., Howell, T.A., Allen, R.G., Payero, J.O., Martin, D.L., 2005. Standardized ASCE Penman-Monteith: Impact of sum-of-hourly vs. 24-hour timestep computations at reference weather station sites. *Transactions of the ASAE* 48(3):1-15.
- Jackson, R.B., E.G. Jobbágy, R. Avissar, S.B. Roy, D.J. Barrett, C.W. Cook, K.A. Farley, D.C. le Maitre, B.A. McCarl and B.C. Murray, 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* 310:1944–1947.
- Jones, H.G., 1998. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 49:387–398.
- O'Dowd, C.D., P. Aalto, K. Hmeri, M. Kulmala & T. Hoffmann, 200. Aerosol formation: Atmospheric particles from organic vapours. *Nature* 416, 497-498.
- Spracklen, D.V., K.S. Carslaw, M. Kulmala, V.-M. Kerminen, S.-L. Sihto, I. Riipinen, J. Merikanto, G.W. Mann, M.P. Chipperfield, A. Wiedensohler, W. Birmili, and H. Lihavainen, 2008. Contribution of particle formation to global cloud condensation nuclei concentrations. *Geophysical Research Letters*, 35:L06808, doi:10.1029/2007GL033038
- Tregoning, P., R. Boers, D. O'Brien and M. Hendy, 1998. Accuracy of absolute precipitable water vapor estimates from GPS observations, *J. Geophys. Res.*, 103, 28,701–28.
- Vanclay, J.K., 2009. Managing water use from plantations. *Forest Ecology and Management* 257:385-389.
- Vertessy, R., F. Watson, S. O'Sullivan, S. Davis, R. Campbell, R. Benyon and S. Haydon, 1998. Predicting water yield from mountain ash forest catchments. CRC Catchment Hydrology Industry Report 98/4, 46 pp.
- Whitehead, D., Beadle, C.L., 2004. Potential regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. *Forest Ecology and Management* 193:113-140.
- Wuyts, K., A. De Schrijver, F. Vermeiren and K. Verheyen, 2009. Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered. *Forest Ecology and Management* 257:679-687.

Jerome K. VANCLAY
D.Sc.For.
Professor of
Sustainable
Forestry Head
School of
Environmental
Science and
Management
Southern Cross
University
PO Box 157, Lismore
NSW 2480, Australia
Tél. +61 2 6620 3147
Fax +61 2 6621 2669
j.vanclay@bigpond.com