

---

# EFFETS DES MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DU COUVERT FORESTIER SUR LE BILAN HYDRIQUE, L'ÉTAT HYDRIQUE DES ARBRES ET LA CROISSANCE

---

G. AUSSENAC - A. GRANIER - Nathalie BRÉDA

---

Dans un écosystème forestier cohabitent différents végétaux (ligneux et herbacés) qui sont en compétition pour la lumière, l'eau, les éléments minéraux. Ils sont, selon les cas, répartis en plusieurs strates d'importance variée. La dynamique de développement du système l'amène dans un état de pseudo-équilibre au sein duquel les individus qui subsistent s'accroissent du niveau d'énergie, de l'eau et des éléments minéraux disponibles. En réalité, le système évolue en permanence : des individus disparaissent, d'autres apparaissent mais dans une apparente stabilité. Un changement brutal d'origine naturelle ou artificielle dans la structure du couvert se traduit par des modifications des caractéristiques du milieu physique qui vont avoir des conséquences plus ou moins rapides sur le fonctionnement écophysique global des arbres et du peuplement considéré (Bréda, 1994). Aussi la connaissance des conséquences des modifications du couvert a-t-elle une importance particulière d'une part pour la compréhension du fonctionnement général de l'écosystème forestier et d'autre part pour la gestion sylvicole des peuplements (Aussenac, 1975).

Dans le schéma-type du bilan hydrique d'un peuplement forestier standard, il existe trois niveaux d'interface : le couvert principal constitué pour l'essentiel par les arbres dominants et co-dominants, le sous-bois arbustif et herbacé et enfin le sol, qui interviennent (interception des précipitations, stockage de l'eau, transpiration, évaporation) plus ou moins selon les situations climatiques et le type de peuplement. À un âge donné et dans des conditions de sol et de climat déterminées, l'évapotranspiration est maximale lorsque le couvert des peuplements est fermé ; en effet, dans ce cas, l'interception des précipitations et la transpiration sont elles aussi maximales. L'enlèvement total ou partiel du couvert se traduit par une baisse de l'évapotranspiration, avec pour conséquence une augmentation de la teneur en eau du sol et, selon les cas, une augmentation de l'écoulement ou la création d'une nappe temporaire dans le sol.

La disponibilité en eau dans le sol, et donc le niveau de contrainte hydrique (mesurée par le potentiel hydrique de base) pendant la saison de végétation, conditionnent l'assimilation carbonée et la croissance des arbres. Plusieurs études ont d'ailleurs permis de connaître les niveaux de potentiels hydriques limitants pour différentes essences forestières (Aussenac, 1992). Nous nous attacherons, à partir des résultats obtenus par différents auteurs, à montrer comment la gestion du couvert forestier — "élimination ou limitation des strates herbacées et arbustives, dépressages et éclaircies" — rend possible l'amélioration des disponibilités en eau et la croissance des arbres.

**INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION AU SOL SUR LE BILAN ET L'ÉTAT HYDRIQUE DES PEUPELEMENTS**

Dans le bilan hydrique général des écosystèmes forestiers, l'influence de la végétation au sol est souvent sous-estimée car peu étudiée ; négligeables dans les peuplements à couverts très denses comme les pessières artificielles par exemple, les strates herbacées et arbustives jouent un rôle non négligeable dans le bilan hydrique des peuplements à couvert principal plus clair tels que les pineraies, les chênaies ou même les douglasaies. L'enlèvement partiel ou total de ces strates a pour conséquence une baisse de l'interception des précipitations et un abaissement de la compétition pour l'eau.

La figure 1 (ci-dessous), établie à partir des travaux de Roberts *et al.* (1980), montre l'importance de la transpiration de la Fougère aigle dans la transpiration totale d'un peuplement de Pin sylvestre de 45 ans. On remarque en particulier que, pendant les périodes sèches, la réduction de transpiration concerne davantage les arbres que la Fougère. Des résultats (tableau I, ci-dessous) du même type ont été trouvés par Loustau et Cochard (1991) dans un peuplement de Pin maritime âgé de 20 ans à sous-bois constitué de Molinie.

Figure 1  
**VARIATION SAISONNIÈRE DE LA TRANSPARATION D'UN SOUS-ÉTAGE DE FOUGÈRES (*PTERIDIUM AQUILINUM*) ET DE L'ÉTAGE ARBORÉ CONSTITUÉ DE PINS SYLVESTRES**  
 (d'après Roberts *et al.*, 1980)

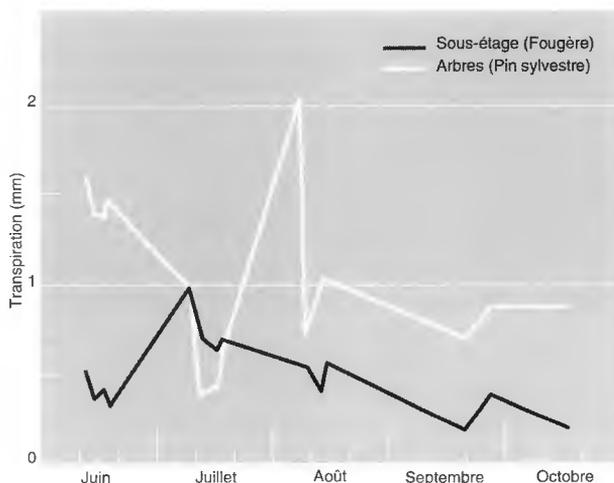


Tableau I **Évapotranspiration journalière du sous-étage et des pins, de l'ETP et du rapport de transpiration des deux strates dans un peuplement de Pins maritimes dans les Landes**  
 (d'après Loustau et Cochard, 1991)

Date	1988 (année humide)				1989 (année sèche)				
	28 juillet	10 août	30 août	5 oct.	13 juin	2 juillet	21 juillet	6 sept.	28 sept.
Évapotranspiration									
sous-étage (mm/j) . . . . .	1,41	0,91	0,58	0,40	1,09	1,09	0,89	0,63	0,36
Transpiration pins (mm/j) . . .	3,88	2,66	1,91	0,85	2,10	1,21	0,45	0,19	1,20
ETP (mm/j) . . . . .	6,17	3,33	4,15	2,88	3,20	3,54	6,20	5,14	1,93
ET/ETP . . . . .	0,23	0,27	0,14	0,14	0,34	0,31	0,14	0,12	0,19
ET/Tr . . . . .	<b>0,36</b>	<b>0,34</b>	<b>0,30</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>	<b>0,90</b>	<b>1,97</b>	<b>3,31</b>	<b>0,30</b>

Price *et al.* (1986) ont montré (figure 2, ci-dessous) dans un peuplement de Douglas âgé de 32 ans que l'enlèvement du sous-bois avait un effet significatif sur le potentiel hydrique, la conductance stomatique et la photosynthèse. La croissance des arbres est aussi très affectée puisque ces auteurs ont mesuré une augmentation de la surface terrière ( $m^2/ha$ ) de 39 % par rapport au témoin.

Petersen *et al.* (1988) (figure 3, ci-dessous) dans un peuplement de Douglas âgé de 10 ans notent aussi que le potentiel hydrique est fortement augmenté par l'enlèvement du sous-bois.

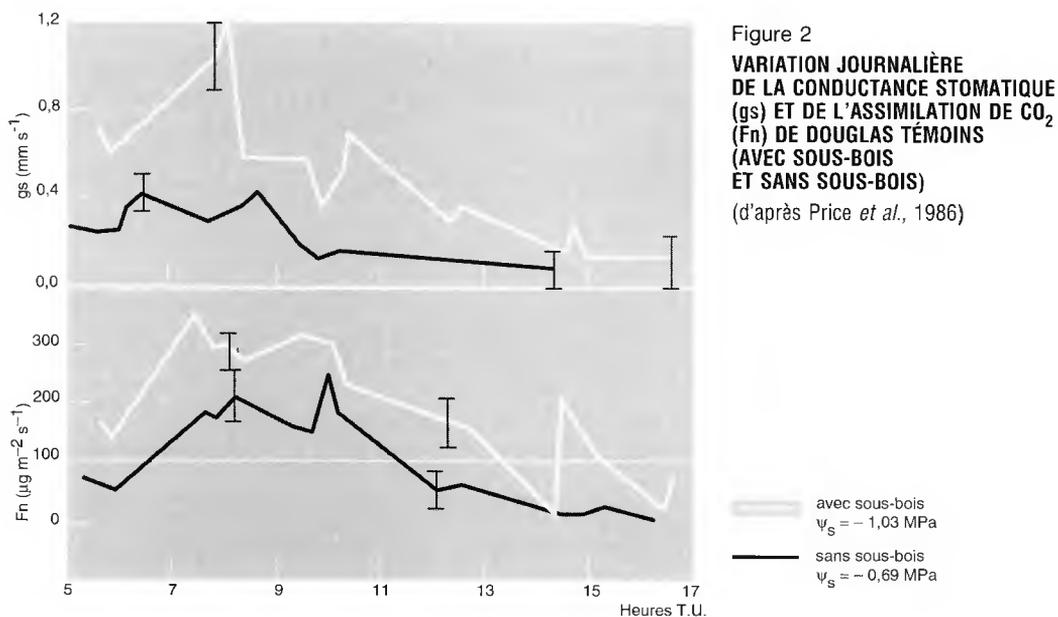
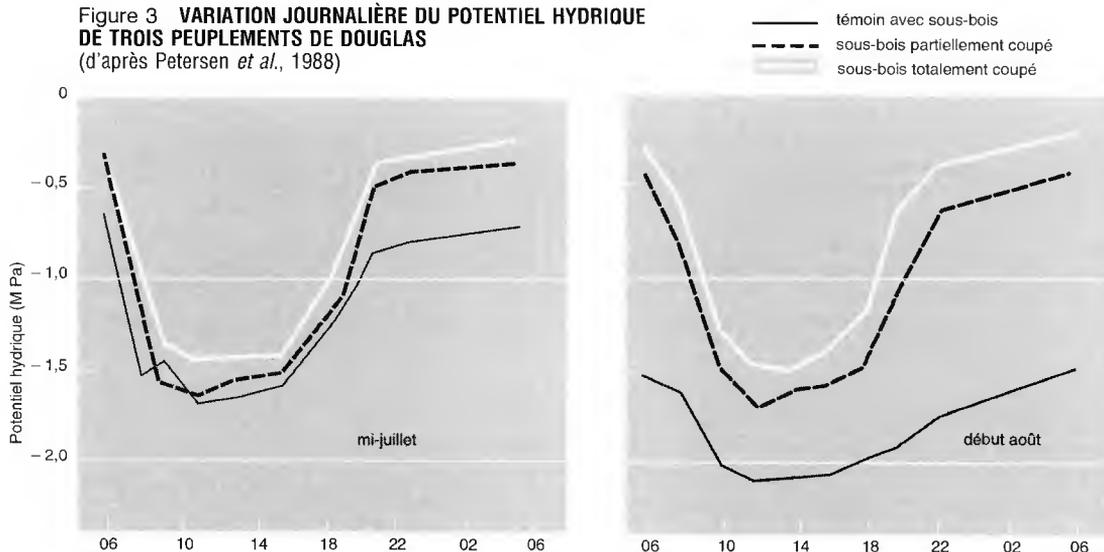


Figure 3 **VARIATION JOURNALIÈRE DU POTENTIEL HYDRIQUE DE TROIS PEUPLLEMENTS DE DOUGLAS**  
 (d'après Petersen *et al.*, 1988)



## INFLUENCE DES ÉCLAIRCIES SUR LE BILAN HYDRIQUE, L'ÉTAT HYDRIQUE ET LA CROISSANCE DES ARBRES

Les éclaircies constituent des opérations primordiales pour la sylviculture. Traditionnellement, elles sont définies uniquement sur la base de critères dendrométriques (nombre d'arbres à l'hectare et hauteur des arbres). Les données disponibles permettent maintenant d'envisager une autre définition des éclaircies sur des bases écophysiologicals et notamment hydriques (Aussenac, 1987 ; Bréda, 1994). L'enlèvement d'une partie des arbres d'un peuplement se traduit par des changements microclimatiques qui entraînent des modifications notables dans le fonctionnement écophysiological des arbres :

- au niveau des phénomènes de photosynthèse et de transpiration,
- au niveau de la croissance, de la forme et de l'importance des houppiers.

Au-delà de l'augmentation de l'éclaircissement dont l'un des effets directs est notamment d'augmenter la photosynthèse nette (Helms, 1964), l'éclaircie se traduit par une amélioration notable de la disponibilité en eau dans le sol et, par voie de conséquence, par une diminution de l'importance et de la durée du stress hydrique, comme on peut le voir par exemple pour un peuplement de Douglas âgé de 19 ans (figures 4, ci-contre et 5, p. 58) (Aussenac et Granier, 1988) et pour un peuplement de Chêne de 34 ans (figure 6, p. 58) (Bréda *et al.*, 1994).

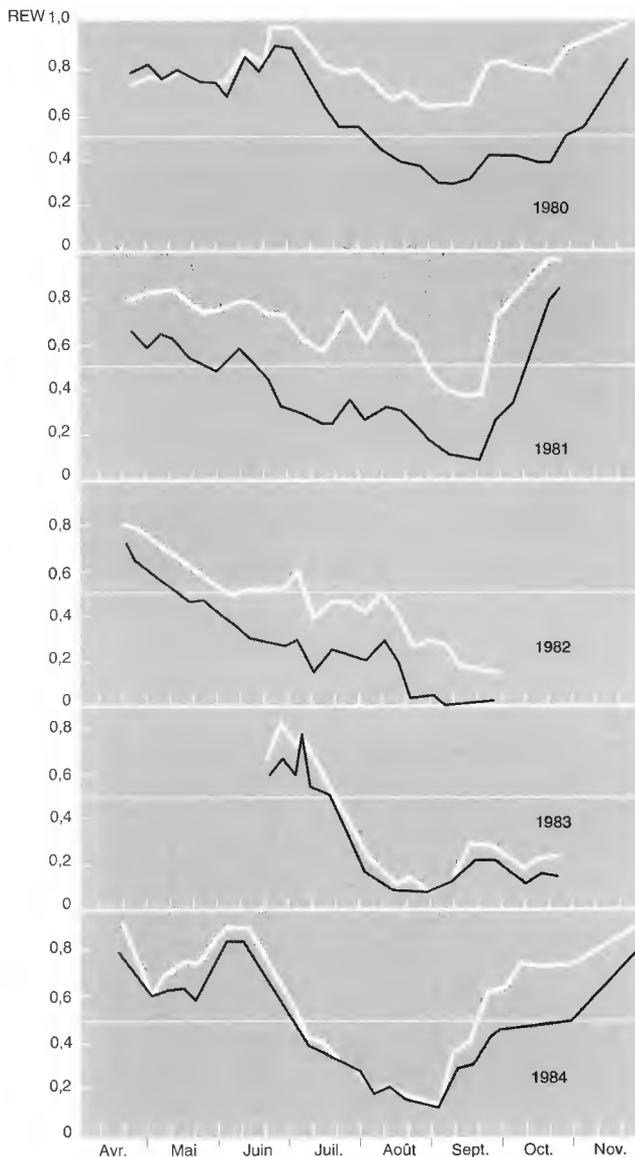


Figure 4  
**ÉVOLUTION SAISONNIÈRE ET ANNUELLE  
 DE LA RÉSERVE RELATIVE EN EAU (REW)  
 DE DOUGLAS (TÉMOINS ET ÉCLAIRCIS)  
 APRÈS UNE ÉCLAIRCIE EFFECTUÉE EN 1980**  
 (d'après Aussenac et Granier, 1988)

— placeau éclairci  
 — placeau témoin

Figure 5

**ÉVOLUTION SAISONNIÈRE ET ANNUELLE DU POTENTIEL HYDRIQUE DE BASE DE DOUGLAS (TÉMOINS ET ÉCLAIRCIS) APRÈS UNE ÉCLAIRCIE EFFECTUÉE EN 1980**  
(d'après Aussenac et Granier, 1988)

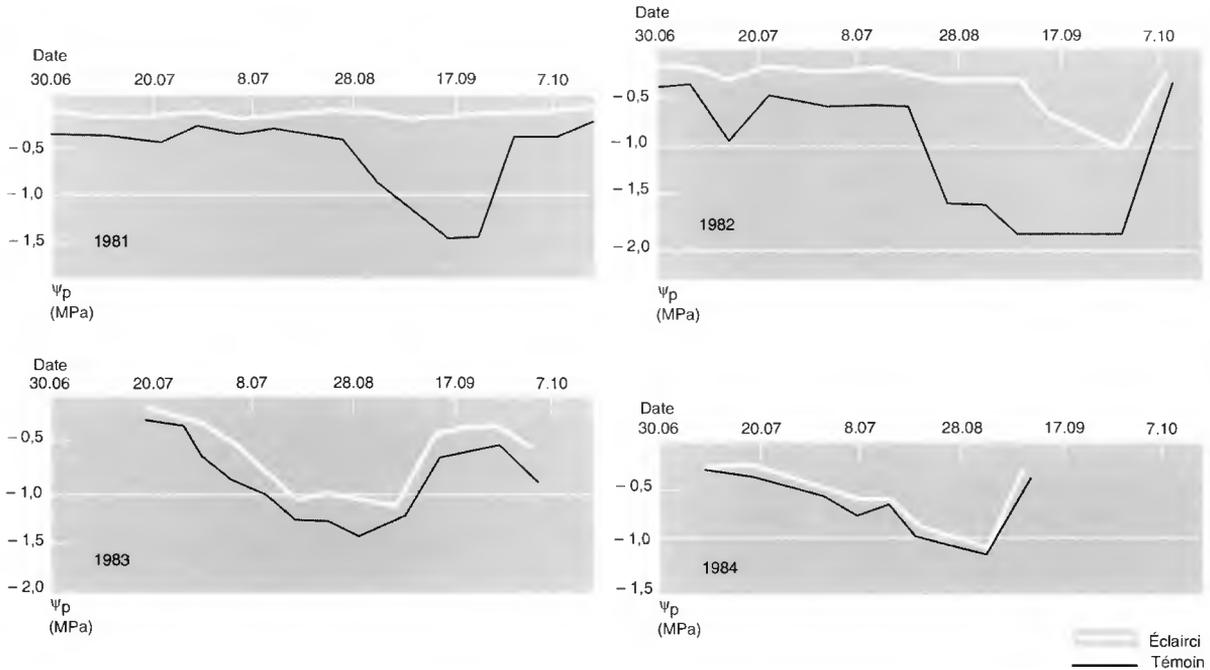
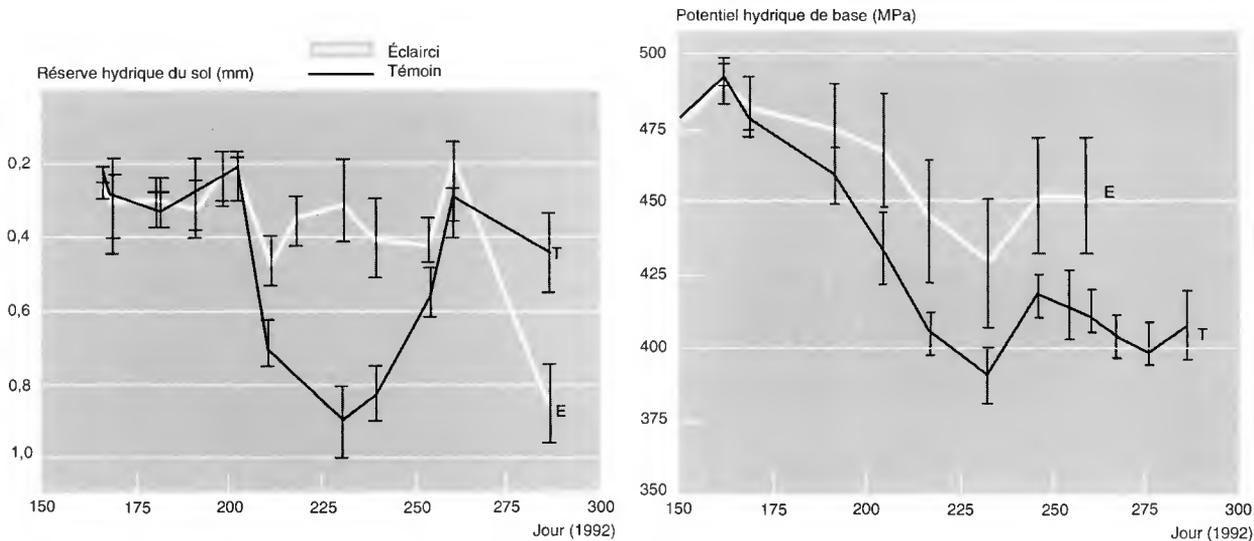


Figure 6

**ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DU POTENTIEL HYDRIQUE DE BASE MOYEN DE CHÊNES SESSILES TÉMOINS ET ÉCLAIRCIS ET DE LA RÉSERVE HYDRIQUE DU SOL CALCULÉE SUR 1,50 M D'ÉPAISSEUR**  
(d'après Bréda *et al.*, 1994)



Cette diminution de contrainte hydrique a une influence notable sur la conductance stomatique et la capacité de photosynthèse (figure 7, ci-dessous) (Bréda *et al.*, 1994). Donner et Running (1986) (figure 8, ci-dessous) montrent qu'une différence de 0,3 MPa sur les potentiels de base minima se traduit par une augmentation de 21 % de la photosynthèse nette d'un peuplement de *Pinus contorta* de 49 ans.

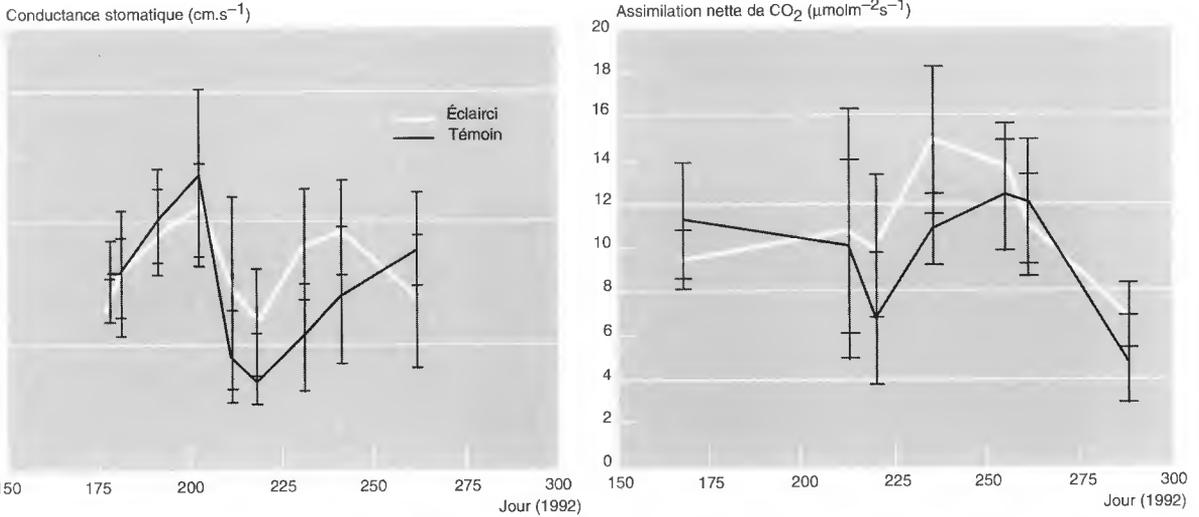
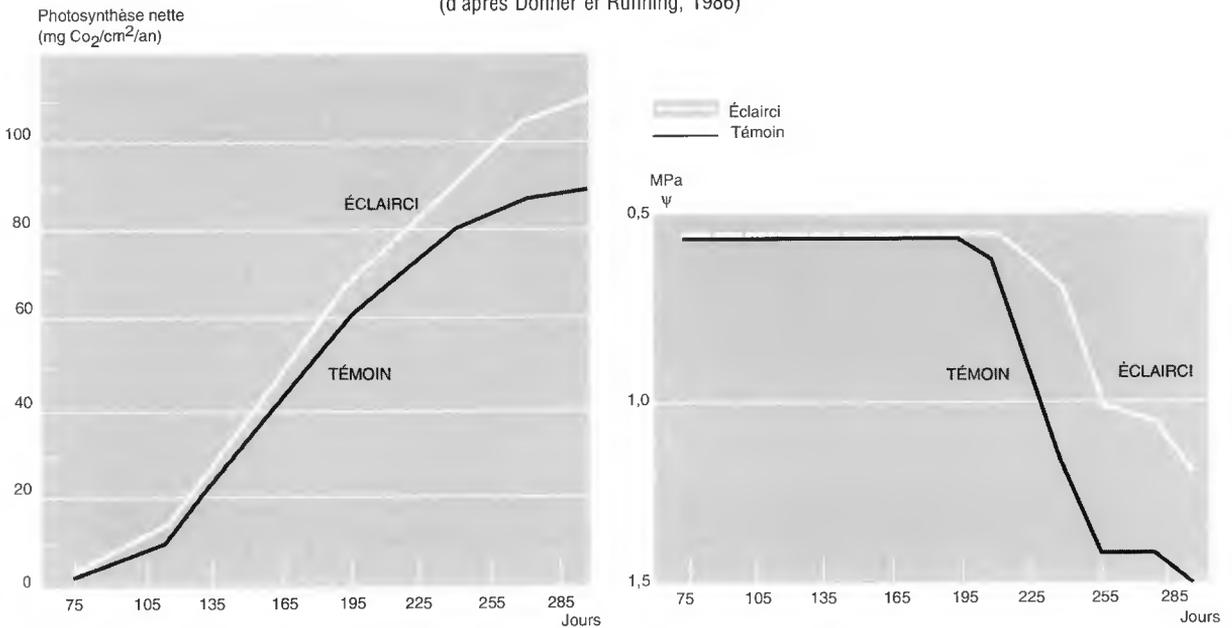


Figure 7 **SUIVI SAISONNIER DE LA CONDUCTANCE STOMATIQUE ET DE L'ASSIMILATION NETTE DE CO<sub>2</sub> (MESURÉE SUR 20 FEUILLES DU TIERS SUPÉRIEUR DE LA COURONNE) DE CHÊNES SESSILES TÉMOINS ET ÉCLAIRCIS** (d'après Bréda, 1994)

Figure 8 **EFFET DE L'ÉCLAIRCIE SUR LE POTENTIEL HYDRIQUE DE BASE ET LA PHOTOSYTHÈSE NETTE DE DEUX PEUPELEMENTS DE PINUS CONTORTA** (d'après Donner et Running, 1986)



L'augmentation de photosynthèse se traduit essentiellement par une augmentation de croissance en circonférence des arbres. Cette augmentation se produit dès la première année qui suit l'ouverture du couvert, comme on a pu le mettre en évidence chez le Douglas (figure 9, ci-dessous) (Aussenac *et al.*, 1982) et chez le Chêne (figure 10, ci-dessous) (Bréda *et al.*, 1994). Elle est le résultat d'une vitesse de croissance plus grande et d'une durée plus importante de la période d'accroissement. Le gain de croissance dépend du rang social des arbres. Chez le Douglas, ce sont les arbres co-dominants qui ont le plus bénéficié de l'éclaircie alors que chez le Chêne l'effet est moins net : ce sont les arbres les plus gros qui ont été principalement concernés.

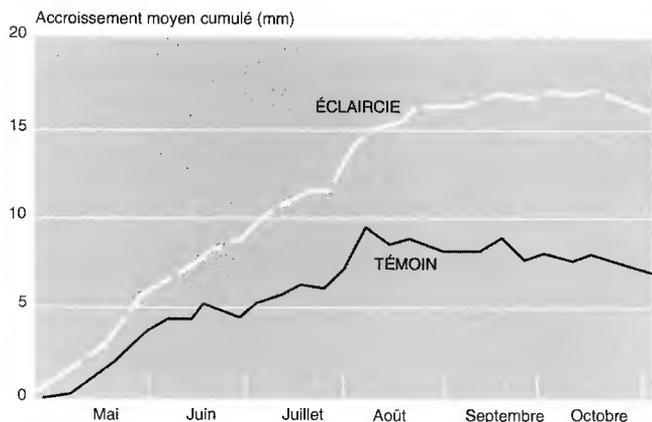


Figure 9  
**EFFET DE L'ÉCLAIRCIE  
 SUR L'ACCROISSEMENT  
 EN CIRCONFÉRENCE MOYEN  
 (SAISON DE VÉGÉTATION SUIVANTE)  
 DE DEUX PEUPELEMENTS DE DOUGLAS  
 (TÉMOIN ET ÉCLAIRCIE)**  
 (d'après Aussenac et Granier, 1982)

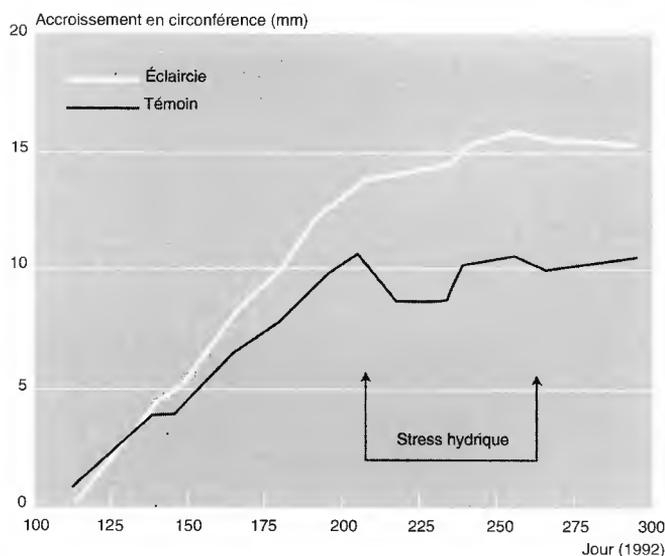


Figure 10  
**EFFET DE L'ÉCLAIRCIE  
 SUR L'ACCROISSEMENT  
 EN CIRCONFÉRENCE MOYEN  
 (SAISON DE VÉGÉTATION SUIVANTE)  
 D'UN ÉCHANTILLON  
 DE CHÊNES DOMINANTS  
 DU PEUPELEMENT  
 (28 témoins et 21 éclaircis ;  
 circonférence initiale supérieure  
 à 400 mm)**  
 (d'après Bréda *et al.*, 1994)

De fait, l'amélioration de la disponibilité en eau est transitoire dans la mesure où les arbres restant après éclaircie recolonisent l'espace disponible et reconstituent un couvert fermé. Chez le Douglas, au bout de 4 à 5 ans, il n'y a plus de différences entre le fonctionnement hydrique du peuplement éclairci et celui du témoin (figures 4 et 5, pp. 57 et 58).

## CONCLUSIONS

L'élimination du sous-bois et l'éclaircie améliorent l'état hydrique, la photosynthèse et la croissance, mais les résultats des travaux de différents auteurs — Sucoff et Hong (1974) sur *Pinus resinosa*, Whitehead *et al.* (1984) sur Pin sylvestre, Kelliher *et al.* (1986) sur Douglas, Gregg *et al.* (1990), Whitehead *et al.* (1991) sur *Pinus radiata*, Stogsdill *et al.* (1992) sur *Pinus taeda* — montrent que l'ampleur de cet effet dépend de l'espèce et de l'âge des arbres, de l'importance de l'intervention, des conditions de milieu (réserve utile du sol) et des conditions climatiques (importance et régime des précipitations).

Dans le cas des éclaircies, l'âge et l'espèce, par la dynamique de reconstitution de l'indice foliaire et du développement des systèmes racinaires, conditionnent la vitesse de retour à un fonctionnement normal (couvert fermé).

G. AUSSENAC - A. GRANIER - Nathalie BRÉDA

Unité d'Écophysiologie forestière

INRA

F-54280 CHAMPENOUX

## BIBLIOGRAPHIE

- AUSSENAC (G.). — Couverts forestiers et facteurs du climat : leurs interactions, conséquences écophysiologiques chez quelques résineux. — Nancy : Université de Nancy I. — 234 p. (Thèse de Doctorat es Sciences).
- AUSSENAC (G.). — Écologie, écophysiologie et sylviculture. — *Naturalia Monspelienis*, Série Botanique, vol. 56, 1992, pp. 3-25.
- AUSSENAC (G.). — Effets de l'éclaircie sur l'écophysiologie des peuplements forestiers. — *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 138, 1987, pp. 685-700.
- AUSSENAC (G.), GRANIER (A.). — Effects of thinning on water stress and growth in Douglas-fir. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 18, n° 1, 1988, pp. 100-105.
- AUSSENAC (G.), GRANIER (A.). — Quelques résultats de cinétique journalière du potentiel de sève chez les arbres forestiers. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 35, n° 1, 1978, pp. 19-32.
- AUSSENAC (G.), GRANIER (A.), NAUD (R.). — Influence d'une éclaircie sur la croissance et le bilan hydrique d'un jeune peuplement de Douglas [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 12, n° 2, 1982, pp. 222-231.
- BLACK (T.A.), TAN (C.S.), NNYAMAH (J.U.). — Transpiration rate of Douglas Fir Trees in thinned and unthinned Stands. — *Canadian Journal of Soil Science*, 60, 1980, pp. 625-631.
- BRÉDA (N.). — Analyse du fonctionnement hydrique des Chênes sessile (*Quercus petraea*) et pédonculé (*Quercus robur*) en conditions naturelles ; effets des facteurs du milieu et de l'éclaircie. — Nancy : Université Henri-Poincaré - Nancy I, 1994. — 59 p. + publications (Thèse de Doctorat).
- BRÉDA (N.), GRANIER (A.), AUSSENAC (G.). — Effects of thinning on soil water balance and trees water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea*). — *Tree Physiology*, 1994, sous presse.
- DONNER (B.L.), RUNNING (S.W.). — Water stress response after thinning *Pinus contorta* in Montana. — *Forest Science*, vol. 32, 1986, pp. 614-625.
- GRANIER (A.). — Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 42, n° 2, 1985, pp. 193-200.

- GREGG (B.), HENNESSEY (T.C.), DOUGHERTY (P.M.). — Water relations of Loblolly pine trees in southeastern Oklahoma following precommercial thinning. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 20, n° 9, 1990, pp. 1508-1513.
- HELMS (J.A.). — Apparent photosynthesis of Douglas fir in relation to silvicultural treatment. — *Forest Science*, vol. 10, 1964, pp. 432-442.
- KELLIHER (F.M.), BLACK (T.A.), PRICE (D.T.). — Estimating the effects of understory removal from a Douglas Fir Forest using a two-layer canopy evapotranspiration model. — *Water Resources Research*, 22, 1986, pp. 1891-1899.
- KELLIHER (F.M.), WHITEHEAD (D.), MCANENEY (K.J.), JUDD (M.J.). — Partitioning Evapotranspiration into Tree and Understorey Components in 2 young *Pinus radiata* D. Don Stands. — *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 50, n° 3, 1990, pp. 211-227.
- LOUSTAU (D.), COCHARD (H.). — Utilisation d'une chambre de transpiration portable pour l'estimation de l'évapotranspiration d'un sous-bois de Pin maritime à Molinie [*Molinia coerulea* (L.) Moench.]. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 48, n° 1, 1991, pp. 29-45.
- MORIKAWA (Y.), HATTORI (S.), KIYONO (Y.). — Transpiration of a 31 year old *Chamaecyparis obyusa* Endl. stand before and after thinning. — *Tree Physiology*, 2, 1986, pp. 105-114.
- OREN (R.), WARING (R.H.), STAFFORD (S.G.), BARRETT (J.W.). — Twenty-four years of Ponderosa Pine growth in relation to canopy leaf area and understory competition. — *Forest Science*, vol. 33, n° 2, 1987, pp. 538-547.
- PETERSEN (T.D.), NEWTON (M.), ZEDAKER (S.M.). — Influence of *Ceanothus velutinus* and associated forbs on the water stress and stemwood production of Douglas-Fir. — *Forest Science*, vol. 34, 1988, pp. 333-343.
- PRICE (D.T.), BLACK (T.A.), KELLIHER (F.M.). — Effects of salal understory removal on photosynthesis rate and stomatal conductance of young Douglas fir tree. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 16, 1986, pp. 90-97.
- ROBERTS (J.), PYMAR (C.F.), WALLACE (J.S.), PITMAN (R.M.). — Seasonal changes in leaf area, stomatal and canopy conductances and transpiration from Bracken below a Forest canopy. — *Journal of Applied Ecology*, 17, 1980, pp. 409-422.
- STOGSDILL (W.R.), WITTWER (R.F.), HENNESSEY (T.C.), DOUGHERTY (P.M.). — Water use in thinned Loblolly Pine plantations. — *Forest Ecology and Management*, vol. 50, n° 3-4, 1992, pp. 233-245.
- SUCOFF (E.), HONG (S.G.). — Effects of thinning on needle water potential in Red Pine. — *Forest Science*, vol. 20, 1974, pp. 25-29.
- TAN (C.S.), BLACK (T.A.), NNYAMAH (J.U.). — A simple model of transpiration applied to a thinned Douglas-fir stand. — *Ecology*, vol. 59, n° 6, 1978, pp. 1221-1229.
- WHITEHEAD (D.), JARVIS (P.G.), WARING (R.H.). — Stomatal conductance, transpiration, and resistance to water uptake in a *Pinus sylvestris* spacing experiment. — *Canadian Journal of Forest Research*, 14, 1984, pp. 692-700.
- WHITEHEAD (D.), KELLIHER (F.M.). — A canopy water balance model for a *Pinus radiata* stand before and after thinning. — *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 55, n° 1-2, 1991, pp. 109-126.