

B A PB 1173/1

MODÉLISATION DU BILAN DE L'EAU D'UNE FORÊT. APPLICATION À UNE FUTAIE DE CHÊNES*

par Jerzy NIZINSKI*, Dominique MORAND* et Bernard SAUGIER*

* Laboratoire d'Écologie Végétale, Bât. 362, Université de Paris-Sud — 91405 ORSAY Cedex
** Laboratoire d'Écologie Végétale, Centre ORSTOM, B.P. 1386 — DAKAR, Sénégal

KEY-WORDS : Forest - Water balance - *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. modelling - Stomatal resistance.

SUMMARY (Poster communication)

A simulation of the forest water balance. Application for a mature oak forest

A hydrologic model for the development of the soil-water content in a 120 year-old oak stand (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) is presented with a one day time resolution. The model was conceived for working with daily potential evapotranspiration, throughfall and leaf area index data. It predicts transpiration from the dry canopy and soil-water content. The canopy is considered as a single leaf (the PENMAN-MONTEITH's equation) with entailed measurements of the physiological control of vapour flow from the leaf such as stomatal resistance (porometer), leaf water potential (pressure chamber), leaf area index, root distribution and soil-water potential (tensiometers). The model estimates the daily leaf water potential equalizing absorption and transpiration, that controls of opening of the stomatas which in turn regulate the transpiration flow. The model was tested during the growing seasons of 1981, 1982 and 1983 in the Fontainebleau forest (22000 ha) near Paris (France). Simulated transpiration and soil-water content correlated well with measurements of the soil-water content (neutron probe). The model can be used for the quantification of tree water stress, which has numerous applications such as assessing stand productivity, disease and insect epidemic susceptibility, fire danger rating and nutrient cycling.

DESCRIPTION DU MODÈLE

Nous présentons ici un modèle du bilan d'eau du sol (Fig. 1) où la transpiration est gérée par la relation résistance stomatique (r_s)/potentiel hydrique des feuilles (Ψ_f), mais cette relation n'est pas univoque : elle évolue avec l'âge des feuilles, phénomène jusqu'alors non modélisé. Ce modèle s'inscrit dans la suite des travaux de SAUGIER (1974) inspirés de COWAN (1965) où au moyen d'un bilan hydrique de la plante on régule le flux transpiratoire et où le flux d'eau dans le système sol-plante-atmosphère est conservatif ; dans cette optique, le modèle calcule chaque jour le potentiel hydrique des feuilles qui égalise la transpiration et l'extraction racinaire. Dans cette optique, l'absorption est égale à la transpiration. L'écoulement de l'eau du sol vers les racines, l'absorption de cette eau par les racines d'arbres, la circulation de l'eau dans l'arbre des racines aux feuilles (phase liquide), la diffusion de vapeur d'eau à travers les stomates vers la couche d'air abondant le peuplement (phase vapeur), constituent le flux transpiratoire. L'absorption de l'eau liquide dans l'ensemble du profil du sol est égale :

$$ABS = \sum_{i=1}^n ABS_i (\Psi_s - \Psi_f) / R \quad (\text{mm/j}) \quad (1)$$

avec : ABS - absorption d'eau par les racines d'arbres dans l'ensemble du profil (mm/j) ; n - nombre de strates du profil

du sol ; Ψ_{si} - potentiel hydrique moyen dans la strate i (bars) ; Ψ_f - potentiel hydrique moyen des feuilles d'arbres (bars) ; R - résistance totale sur l'ensemble du trajet sol-arbre correspondant à la somme des résistances suivantes : (a) résistance à la pénétration radiale de l'eau dans les racines, (b) résistance des manchons du sol entourant les racines, (c) résistance à la circulation de l'eau dans le xylème, (d) résistance à la circulation de l'eau dans les nervures des feuilles et les chambres sous-stomatiques (bars/j mm) ; L_i - fraction de la longueur totale des racines présentes dans la strate i.

Le flux de vapeur d'eau à travers les stomates est proportionnel au gradient de pression de vapeur d'eau et inversement proportionnel à la résistance rencontrée. Nous avons adopté la simplification proposée par MONTEITH (1965) : il considère la surface évaporante comme une strate unique dans laquelle la résistance stomatique moyenne du peuplement est considérée comme étant la somme des résistances stomatiques moyennes de LAI-feuilles. Pour estimer la transpiration du couvert nous avons utilisé la formule présentée par MONTEITH (1965), soit :

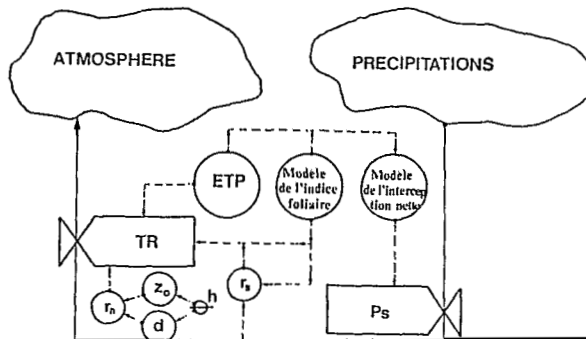
$$TR = ETP / (1 + (\gamma / (\Delta + \gamma)) * (r_s / LAI * r_a)) \quad (\text{mm/j}) \quad (2)$$

avec ETP - évapotranspiration potentielle calculée selon la formule de PENMAN (1948) (mm/j) ; r_a - résistance aérodynamique (s/cm) ; LAI - indice foliaire ; γ - constance psychrométrique (mb/°C) ; Δ - dérivée de la fonction reliant la pression de vapeur d'eau saturante de l'air et la température de l'air. r_s - résistance stomatique moyenne du couvert :

* Texte correspondant à un exposé sur panneau présenté aux Journées de la Société d'Écologie, janvier 1988.



Fonds Documentaire IRD
Cote : B * 24328 Ex : 1



Dans le cas contraire, il y a absorption ; compte tenu de la continuité du flux d'eau dans le système sol-arbre-atmosphère, la somme des extractions d'eau par les racines dans n strates du profil est égale à la transpiration (en reprenant les équations (1) et (2)) :

$$(\Psi_s = \Psi_f)/R \approx ETP / (1 + (\gamma / (\Delta + \gamma)) * (r_s / LAI * r_a)) \quad (\text{mm/j}) \quad (4)$$

Ce qui, après transformation, permet d'estimer le potentiel hydrique des feuilles (Ψ_f), soit :

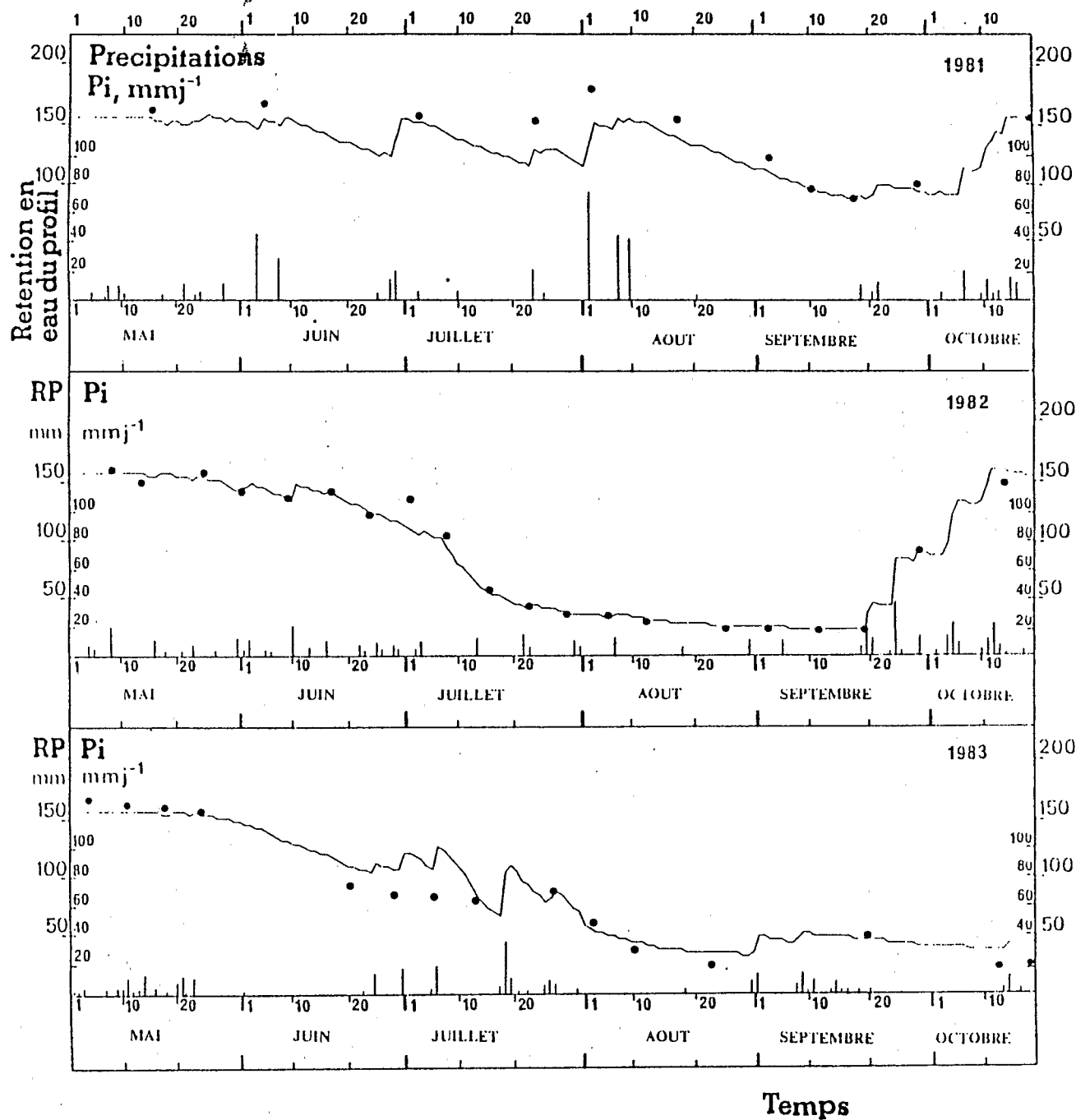


FIG. 2. — Comparaison entre les valeurs calculées (—) et mesurées (●) de la réserve en eau du sol (RP) pour les saisons végétatives 1981, 1982 et 1983 (capacité au champ : 167 mm ; point de flétrissement permanent : 63 mm).

tendance à une surestimation lors des périodes sèches (juin, juillet, août, octobre 1983). Il existe diverses causes possibles à ces différences entre valeurs simulées et valeurs mesurées :

l'eau dans le sol et dans la dalle calcaire, dans le modèle les racines extraieront un volume équivalent mais uniquement dans l'épaisseur du sol ; d'où une extraction dans le sol trop

pouvons supposer que le drainage est beaucoup plus lent que dans le modèle et qu'après une forte pluie provoquant un drainage, un volume d'eau supérieur à la capacité au champ (dépendant de la lame d'eau tombée au sol) reste dans le profil une journée ou plus. Nous donnerons deux exemples : (a) le 01 août 1981 eut lieu un orage de $P_i=70,4$ mm. Les mesures effectuées le 02 août 1981 indiquent $RP=188,5$ mm, soit 22 mm de plus que la rétention en eau du sol à la capacité

Les variations de la résistance stomatique en fonction de l'indice foliaire et de l'âge des feuilles dans des conditions données rendent compte de l'évolution morphologique des feuilles : accroissement progressif du nombre de stomates par unité de surface de feuille, réduction de la pilosité des feuilles, formation d'une couche de cire sur l'ouverture stomatique, phénomènes observés chez *Castanea sativa* et *Quercus petraea* (NIZINSKI *et al.*, 1988c).

