

SIMULATION ET SYLVICULTURE DU DOUGLAS

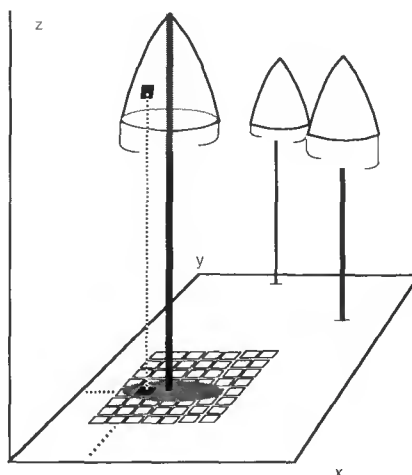
J.-M. OTTORINI *

Le système de simulation SimCoP — un acronyme pour "Simulateur de Croissance et de Développement de Conifères en Peuplement" — a été développé pour permettre d'évaluer les effets de divers traitements sylvicoles sur des peuplements de Douglas [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. Ce simulateur exploite de nombreuses informations détaillées sur la croissance individuelle des arbres, établies au moyen d'analyses de tiges et de branches, provenant d'un échantillon d'arbres abattus (Ottorini, 1991), suivant des principes très proches de ceux présentés antérieurement par Mitchell (1975).

PRINCIPES DE LA SIMULATION

Le simulateur de croissance est un ordinateur programmé pour remplir cette fonction. Dans le simulateur, la position de chaque arbre est connue, et la surface périphérique de son houppier topographiée (figure 1, ci-dessous). Cette représentation permet de tenir compte des irrégularités et des dissymétries du houppier provenant du développement concurrent des arbres voisins.

Figure 1
**TOPOGRAPHIE DES HOUPPIERS DANS LE SYSTÈME
DE SIMULATION : un ensemble de cotes
de la surface périphérique du houppier
est mémorisé pour chaque arbre**



* avec la collaboration technique de R. Canla et M. Ravart.

La prise en compte de ces détails évite les imprécisions qu'introduirait un surcroît de simplifications. La représentation topographique des houppiers est un aspect statique du simulateur. Il faut, cependant, pouvoir rendre compte de l'expansion radiale du houppier d'un arbre relative à son accroissement en hauteur (figure 2a, ci-contre). Cet aspect cinétique détermine le gain d'espace d'un arbre sur un autre (figure 2b, ci-contre). Pour reproduire ce mouvement, le simulateur met en jeu des ramifications qui tendent à occuper l'espace à la fois radialement et latéralement (figure 2c, ci-contre).

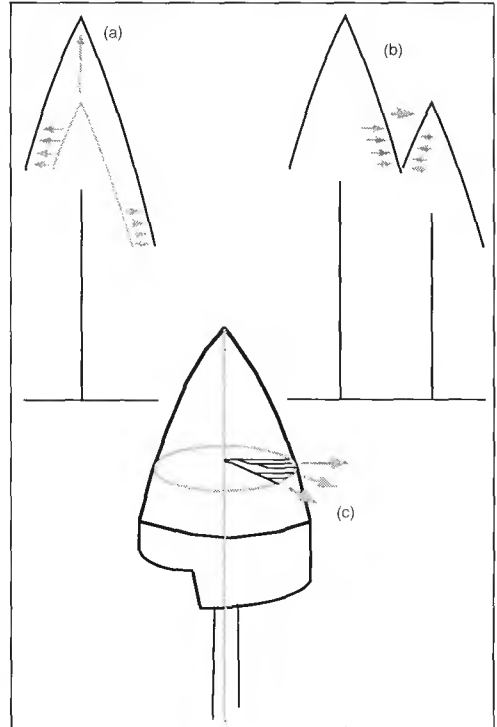


Figure 2

L'EXPANSION RADIALE DU HOUPPIER D'UN ARBRE LIÉE À UN ACCROISSEMENT DE LA HAUTEUR (a) DÉTERMINE LES RELATIONS DE CONCURRENCE ENTRE ARBRES VOISINS (b). Un dispositif basé sur un ensemble de ramifications permet au simulateur de reproduire cette expansion radiale (c)

Dans sa partie en croissance libre, la forme et les dimensions du houppier d'un arbre sont déterminées par son rayon (BL) à une distance donnée (L) de l'apex de la tige (figure 3, ci-dessous). Les relations établies entre la position d'une branche et certaines de ses caractéristiques conduisent à une expression de BL en fonction de L, qui détermine la forme et les dimensions de la partie du houppier en croissance libre. Cette équation permet donc aussi d'établir le développement du houppier en fonction de l'élongation de la tige (figure 2a, ci-dessus).

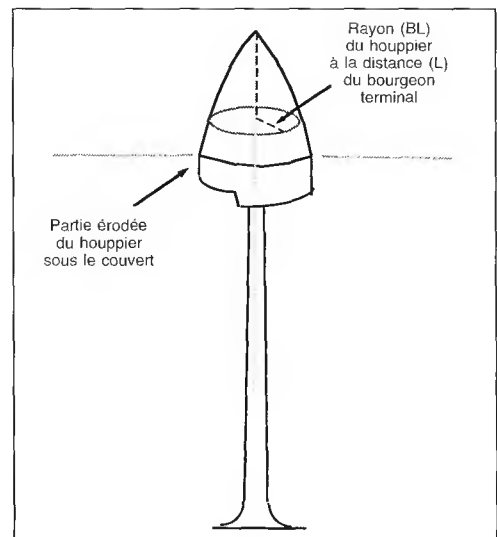


Figure 3

DANS SA PARTIE EN CROISSANCE LIBRE, LE RAYON (BL) DU HOUPPIER D'UN ARBRE À LA DISTANCE (L) DE L'APEX DE LA TIGE EST DÉTERMINÉ PAR LES PARAMÈTRES D'UNE RELATION ENTRE L ET BL

Le volume foliaire (FV) d'un arbre est le volume de la partie du houppier occupée par le feuillage. Une relation a été obtenue pour exprimer l'accroissement volumique annuel (BI) de la tige en fonction du volume foliaire (FV), conformément aux données provenant des mesures (figure 4, ci-dessous).

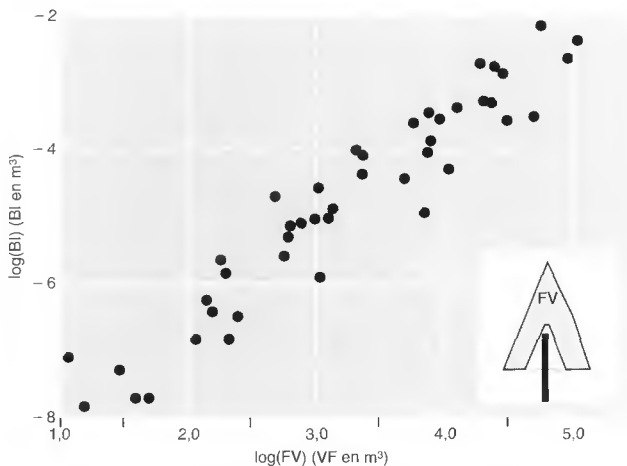


Figure 4

L'ACCROISSEMENT VOLUMIQUE ANNUEL (BI) DE LA TIGE D'UN ARBRE EST LIÉ AUX DIMENSIONS DE SON HOUPPIER, ET, EN PARTICULIER, AU VOLUME (FV) DU HOUPPIER OCCUPÉ PAR LE FEUILLAGE VIVANT

Cette relation s'avère plus précise si l'on fait de plus intervenir le statut concurrentiel de l'arbre ; on mesure ce statut par le rapport FV/FV_{max} , où FV_{max} est le volume foliaire potentiel que le houppier aurait atteint si l'arbre n'avait pas eu de concurrence. Pour chaque arbre d'un peuplement, la relation est exploitée par le système de simulation de façon à déterminer la valeur de l'accroissement volumique annuel de la tige en fonction des dimensions atteintes par le houppier.

La surface du cerne d'accroissement annuel observé sur la section transversale d'une tige d'un arbre varie schématiquement d'une façon typique. De l'apex à la base de la tige, cette surface augmente avec un taux constant jusqu'à la base du houppier, puis se stabilise pour augmenter à nouveau dans la région de l'empatement (figure 5, ci-dessous) ; ce schéma de variation est connu sous le nom de "loi de Pressler" (Larson, 1963). Le système de simulation répartit le volume d'accroissement annuel de la tige suivant ce schéma de variation ; la forme de la tige d'un arbre résulte de l'accumulation des accroissements annuels dans ces conditions.

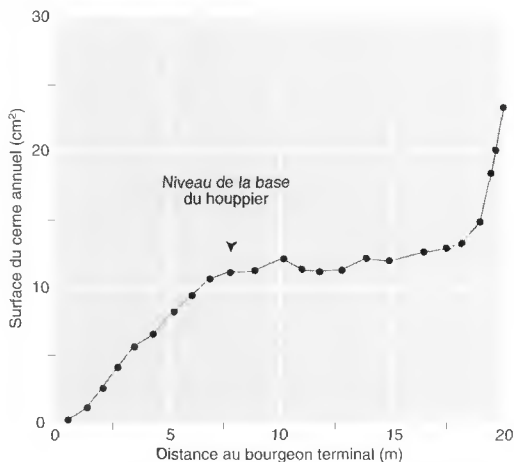


Figure 5

ON OBSERVE QUE LE VOLUME (BI) D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA TIGE D'UN ARBRE EST RÉPARTI SUR LA LONGUEUR DE LA TIGE DE TELLE FAÇON QUE LA SURFACE DU CERNE ANNUEL SUIT LA LOI DE PRESSLER. Celle-ci est respectée par le simulateur

Comme le montrent les observations réalisées sur deux arbres qui avaient le même potentiel initial de croissance en hauteur (figure 6, ci-dessous), une importante réduction de la longueur relative du houppier, par la concurrence des arbres, provoque une réduction de la croissance en hauteur qui est une cause majeure de mortalité dans les peuplements non éclaircis. Les simulations tiennent compte de ces effets.

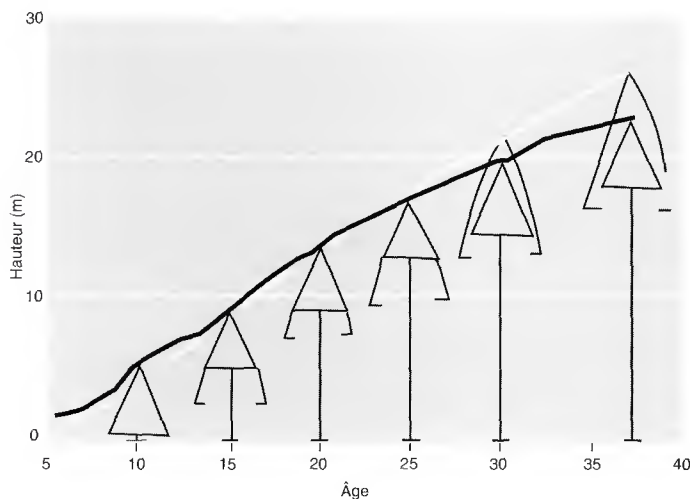


Figure 6
LA RÉDUCTION DE LA CROISSANCE EN HAUTEUR CONSÉCUTIVE AUX EFFETS D'UNE FORTE CONCURRENCE EST MISE EN ÉVIDENCE PAR DEUX ARBRES DE MÊME POTENTIEL INITIAL, POUR LESQUELS LES EFFETS DE CONCURRENCE ONT ÉTÉ DIFFÉRENTS

Muni de données de base sur la croissance individuelle, pour chaque arbre d'un peuplement, le simulateur de croissance suit un schéma de dépendance des phénomènes de croissance et de développement établi d'après un modèle biologique (figure 7, ci-dessous).

Le potentiel de croissance variable d'une population d'arbres peut être établi par la mesure précoce de peuplements, avant que les effets de la concurrence ne se fassent ressentir sur la croissance en hauteur.

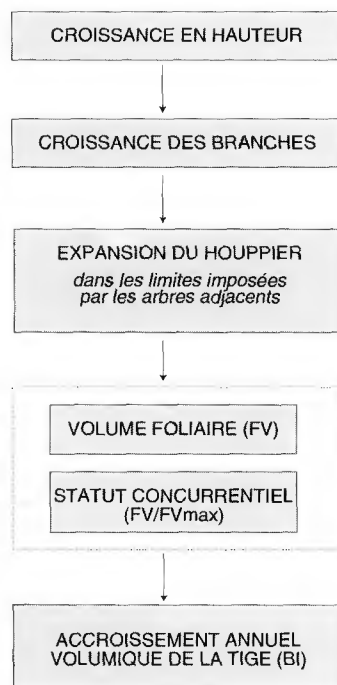
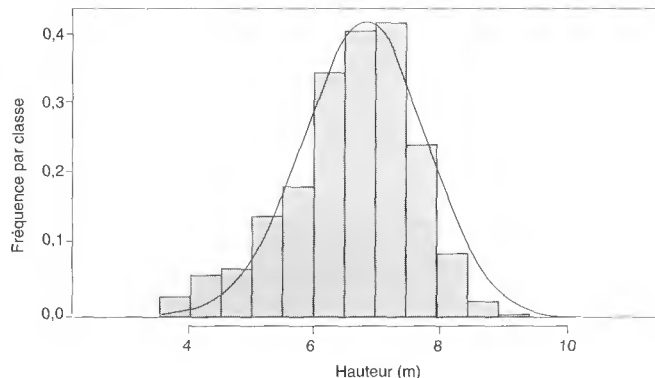


Figure 7
SCHÉMATISATION DES PROCESSUS DE CROISSANCE UTILISÉE POUR LE SIMULATEUR

Figure 8
**HISTOGRAMME DE LA HAUTEUR
 DES ARBRES À 13 ANS
 DANS L'EXPÉRIENCE D'AMANCE,
 ET COURBE NORMALE AJUSTÉE**



Cet histogramme des hauteurs à 13 ans, basé sur les données de l'expérience d'Amance (Oswald et Pardé, 1976 ; Oswald, 1984), montre une distribution approximativement normale des potentiels de croissance en hauteur (figure 8, ci-dessus). En utilisant une distribution normale ajustée à ces observations, le simulateur attribue un potentiel initial de croissance particulier à chaque arbre d'un peuplement.

Une simulation peut être à tout moment interrompue pour observer la carte des surfaces de projection des houppiers, et marquer une éclaircie (figure 9, p. 102) ; le cours de la simulation peut alors être repris avec suppression des arbres désignés pour l'éclaircie. Les résultats d'une simulation consistent en un ensemble détaillé d'informations individuelles sur chaque arbre du peuplement, mais une synthèse de ces données est aussi obtenue sous la forme d'une classique table de production.

VALIDATION DU SIMULATEUR

Des simulations ont été basées sur les spécifications de traitements de l'expérience d'espacement et d'éclaircie d'Amance — interrompue à l'âge de 39 ans —, située sur une station de productivité comparable à celle de la classe II du Douglas dans le Nord-Est du Massif Central (Décourt, 1967). Les caractéristiques des traitements des placettes de cette expérience sont les suivantes :

- Densités initiales :
 - A : 1,5 m x 1,5 m,
 - B : 2 m x 2 m,
 - D : 3 m x 3 m.
- Éclaircies sélectives fortes à 21, 27 et 31 ans.
- Éclaircies systématiques d'une diagonale sur deux à 21 ans.

La combinaison des espacements initiaux et des éclaircies donne des placettes aux traitements suivants :

- A1 : pas d'éclaircie
- B2 : éclaircie systématique
- B4 : éclaircies sélectives
- D1 : pas d'éclaircie
- D2 : éclaircie systématique
- D4 : éclaircies sélectives

Seules les placettes A1, D1 et D2 ont été utilisées pour l'étalonnage des paramètres.

Figure 9

**CARTES DES SURFACES DE PROJECTION DES HOUPIERS
OBTENUES PAR SIMULATION POUR UNE PLACETTE PLANTÉE
À LA DENSITÉ DE 1 500 TIGES À L'HECTARE**

La première carte est celle de la placette à 15 ans, la seconde est celle de la placette à 25 ans ;
les houpiers plus sombres sont ceux des arbres marqués en éclaircie.

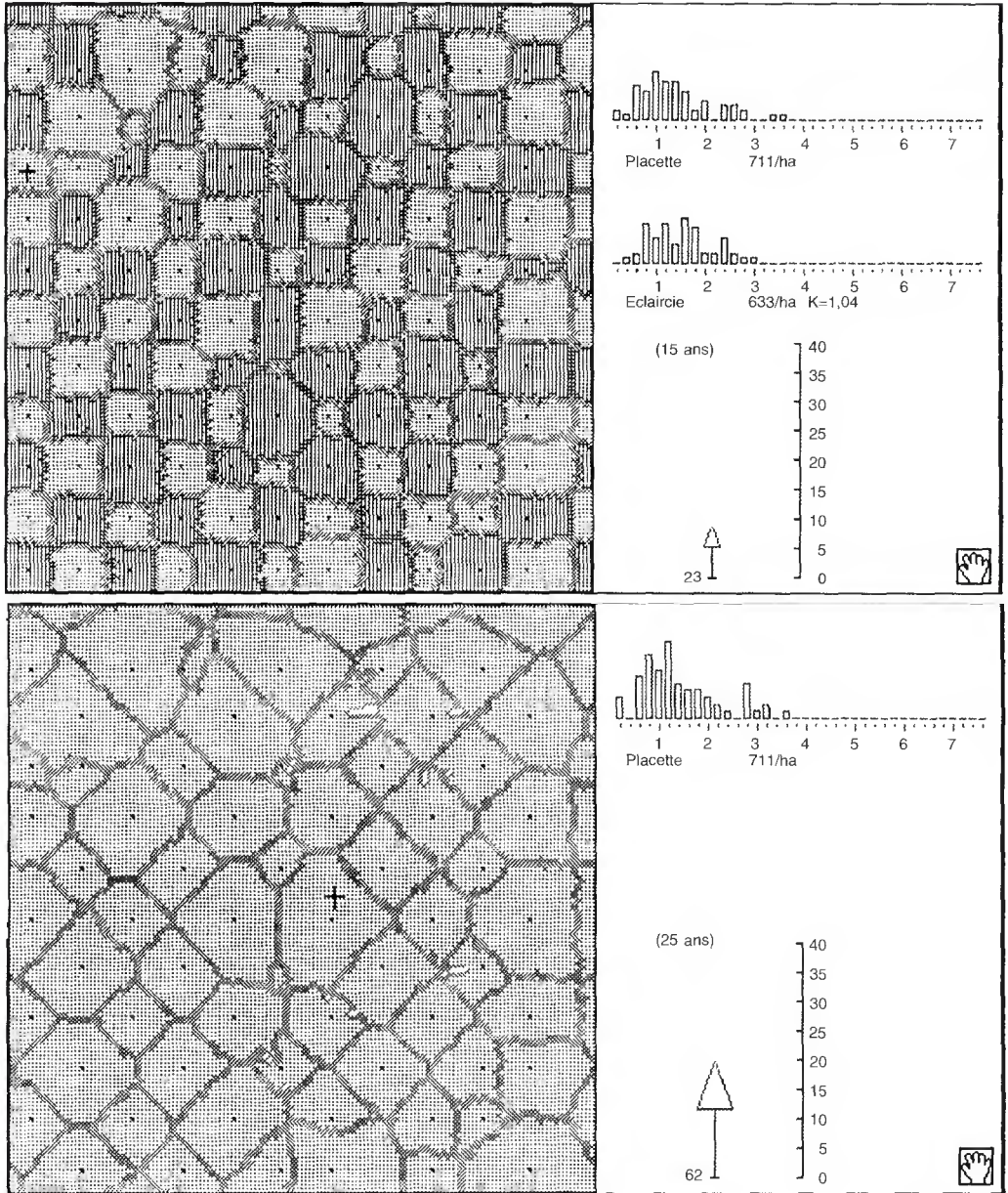
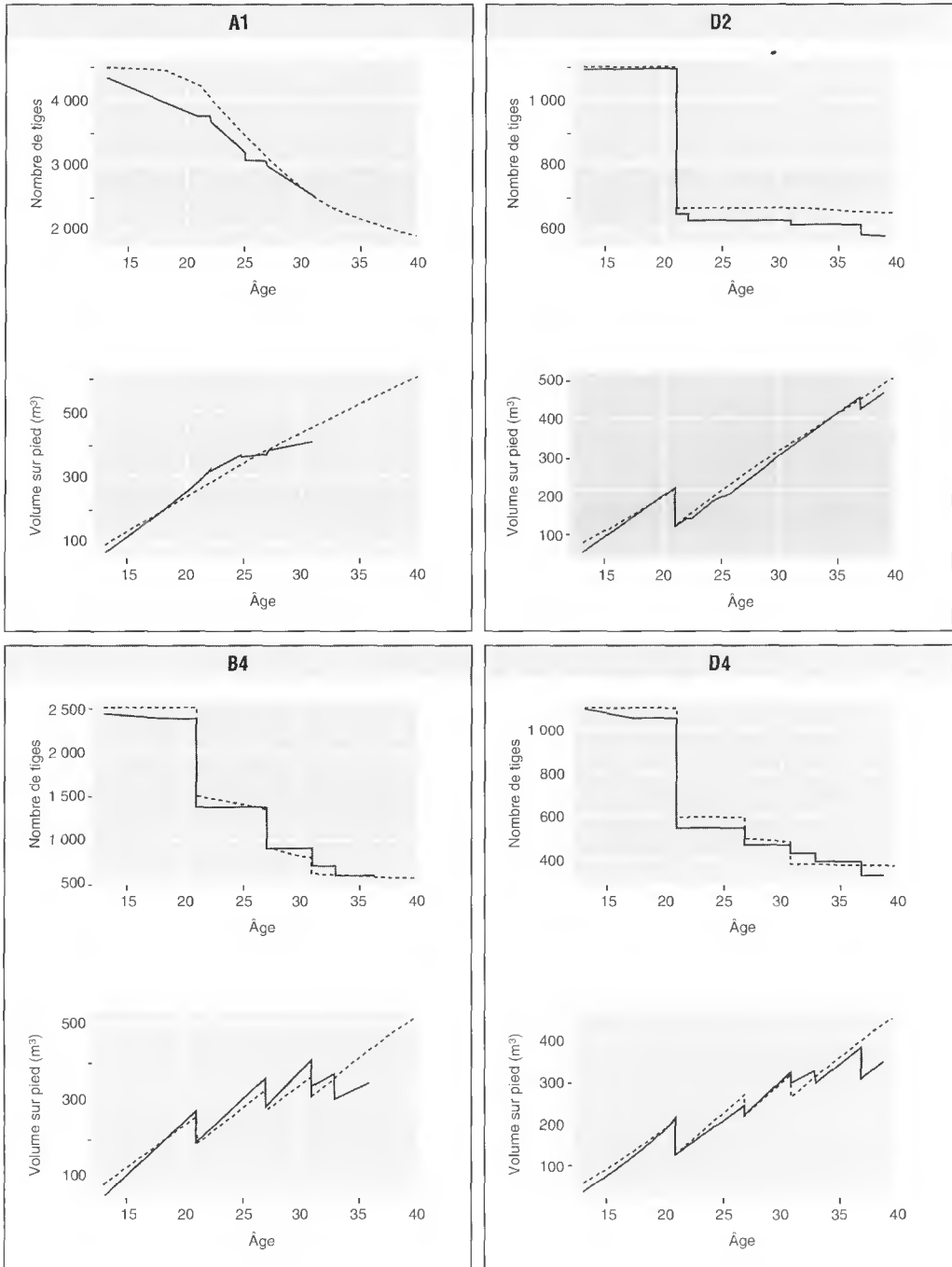


Figure 10

**ÉVOLUTION DU NOMBRE DE TIGES ET DU VOLUME SUR PIED
POUR LES PLACETTES, A1, D2, B4 ET D4 DE L'EXPÉRIENCE D'AMANCE**

Les observations sont figurées en traits pleins, et les résultats de simulations en pointillés



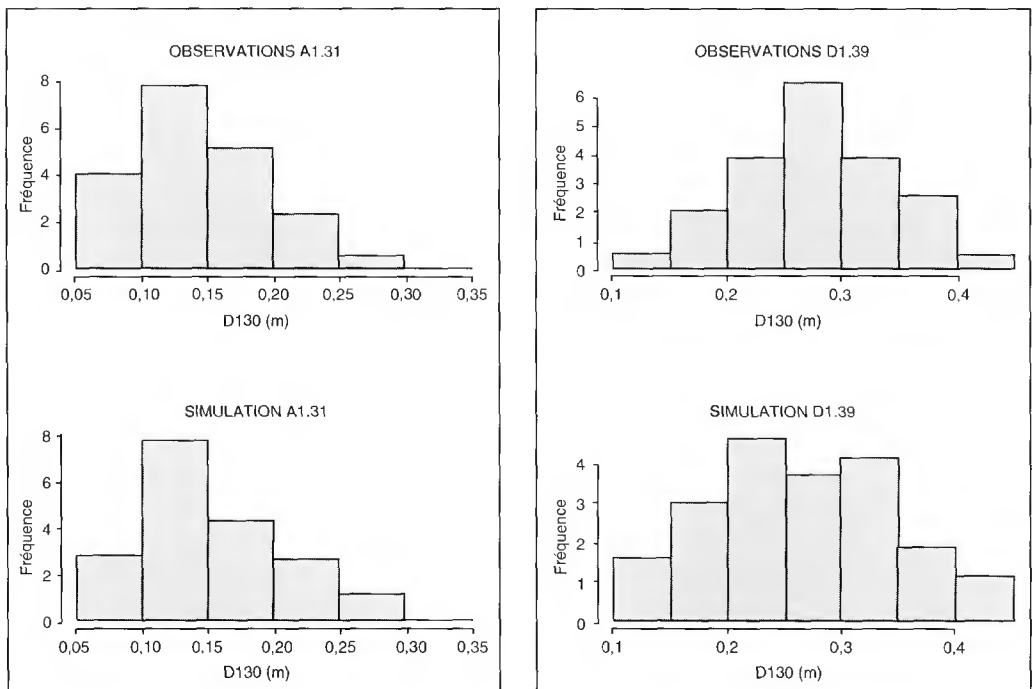
L'évolution du nombre de tiges et du volume sur pied est présentée ici (figure 10, p. 103 pour les placettes A1, B4, D2, D4).

La comparaison des histogrammes de diamètres provenant des observations et des simulations (figure 11, ci-dessous) est présentée pour les placettes A1 à 31 ans, et D1 à 39 ans.

Pour le système de simulation, le diamètre à 1,30 m est un point particulier du profil d'une tige qui est totalement pris en compte ⁽¹⁾.

Figure 11

**HISTOGRAMMES DES DIAMÈTRES À 1,30 M DES TIGES SUR PIED POUR LES PLACETTES A1 (31 ANS)
ET D1 (39 ANS) DE L'EXPÉRIENCE D'AMANCE,
BASÉS SUR LES OBSERVATIONS ET LES SIMULATIONS CORRESPONDANTES**



DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Si ces résultats sont globalement satisfaisants, quelques différences de détails existent entre observations et simulations. Les accidents (chablis), qui n'ont pas été simulés, sont à l'origine de certaines différences ; d'autres ont pour cause des facteurs particuliers qui ne présentent pas d'intérêt à être

(1) L'auteur répondra volontiers aux lecteurs qui souhaiteraient obtenir une information plus détaillée.

Réalisations

reproduits ; enfin, certains comportements des simulations, qui s'avèreraient inexacts au cours d'autres comparaisons avec des observations expérimentales, pourraient être corrigés par un réajustement de paramètres.

Le Douglas étant une essence pour laquelle on prévoit des scénarios de traitements très variés, la mise au point des détails de ces sylvicultures, et la comparaison de leurs productions en assortiment de produits, à un horizon plus éloigné que ne le permettent les essais existants, sont les premières applications prévues du simulateur de croissance, qui pourrait donner des indications utiles sur ces questions.

J.-M. OTTORINI

Unité Croissance, Production et Qualité des Bois

INRA

F-54280 CHAMPENOUX

BIBLIOGRAPHIE

- DÉCOURT (N.). — Le Douglas dans le Nord-Est du Massif Central. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 24, 1967, pp. 45-54.
- LARSON (P.R.). — Stem form development of forest trees. — *Forest Science Monograph*, 5, 1963, 42 p.
- MITCHELL (K.J.). — Description and growth simulation of Douglas-fir stands. — Victoria (British-Columbia, Canada) : Canadian Forestry Service, Department of the Environment, 1971. — 34 p. (Internal Report BC-25).
- MITCHELL (K.J.). — Dynamics and Simulated Yield of Douglas-fir. — *Forest Science Monograph*, vol. 17, 1975, 39 p.
- OSWALD (H.). — Production et sylviculture du Douglas en plantations. — *Revue forestière française*, vol. XXXVI, n° 3, 1984, pp. 268-278.
- OSWALD (H.), PARDÉ (J.). — Une expérience d'espacement de plantation de Douglas en forêt domaniale d'Amance. — *Revue forestière française*, vol. XXVIII, n° 3, 1976, pp. 185-192.
- OTTORINI (J.-M.). — Growth and development of individual Douglas-fir in stands for applications to simulation in silviculture. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 48, 1991, pp. 651-666.