



Environnement
Canada

Service
canadien des
forêts

Environment
Canada

Canadian
Forestry
Service

Biomasse des parties marchandes et non marchandes de la tige

I.S. Alemdag



Rapport d'information PI-X-20 F
Institut forestier national de Petawawa



L'INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

L'Institut forestier national de Petawawa a été formé le 1^{er} avril 1979 par la fusion de la Forêt expérimentale de Petawawa, qui existait depuis plus de 60 ans, et des Instituts d'aménagement forestier et de recherche sur les feux de forêt, installés tous deux à Ottawa.

L'Institut partage avec le reste du Service canadien des forêts l'objectif d'améliorer la gestion et l'exploitation des ressources forestières canadiennes pour les bénéfice, économique et social, de tous les Canadiens. En tant qu'institut national, il met l'accent sur les recherches d'intérêt suprarégional ou demandant des compétences spéciales ou un matériel dispendieux non à la portée des établissements régionaux du SCF. Ces recherches sont souvent effectuées en collaboration étroite avec le personnel des centres régionaux et des services provinciaux des forêts.

Elles se répartissent en deux grands domaines:

INCENDIES DE FORÊT ET TÉLÉDÉTECTION. Chaque année, le feu détruit une superficie importante de la forêt productive canadienne. Les recherches portent surtout sur le comportement des incendies, l'élaboration de nouvelles méthodes de lutte, l'évaluation de matériel d'extinction et de retardateurs, et la mise au point de systèmes informatisés de défense contre les incendies, qui trouvent rapidement des applications dans les services d'incendies dans tout le pays. Les conséquences environnementales et économiques des feux de forêt et l'utilisation de feu comme technique sylvicole en foresterie intensive sont également étudiées.

En télédétection, on s'intéresse à l'application des procédés modernes de télédétection spatiale et aérienne aux problèmes forestiers. À cet égard, le système ARIES d'analyse des images numériques se révèle extrêmement précieux.

GESTION INTENSIVE DES FORÊTS. Au fur et à mesure de l'intensification de la gestion des forêts canadiennes pour répondre à la hausse prévue de la demande, les recherches dans ce domaine prendront de plus en plus d'importance. Un approvisionnement sûr en graines de haute qualité des essences voulues sera nécessaire pour une vaste entreprise de reboisement. Des recherches en génétique pour l'amélioration des arbres sont hautement souhaitables. Il faudra examiner attentivement les incidences environnementales de l'utilisation accrue de toute la partie aérienne de l'arbre, ou de la biomasse, ainsi que d'autres formes de gestion intensive. Les méthodes biotechnologiques permettant d'améliorer le rendement tout en maintenant la productivité sont étudiées.

L'Institut dispose pour ses recherches d'un terrain forestier de 98 km² se trouvant dans la partie nord de la réserve militaire de Petawawa. Les registres des expériences et des placettes d'échantillonnage sont conservés depuis les années 20. La forêt sert également de laboratoire pour les étudiants des écoles locales, et un centre pour les visiteurs y est ouvert pendant l'été.

**BIOMASSE DES PARTIES MARCHANDES ET
NON MARCHANDES DE LA TIGE**

Rapport d'information PI-X-20 F

I.S. Alemdag

Institut forestier national de Petawawa

Service canadien des forêts

Ministère de l'Environnement

1983

•Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1983
N° de catalogue Fo46-11/20-1983F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-92156-9

Des exemplaires de cette publication
peuvent être obtenus à l'adresse suivante:

Centre de distribution des publications
Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Environnement Canada
Chalk River, Ontario
K0J 1J0

This publication is also available in English
under the title Biomass of the Merchantable
and Unmerchantable Portions of the Stem.

Table des matières

1	Résumé/Abstract
1	Introduction
1	Exposé
1	Définitions
2	Raisonnement
3	Méthodes et matériel
3	Données
4	Méthodes
4	Résultats et discussion
4	Résultats des essais
7	Équations à deux dimensions
7	Équations à une dimension
8	Dédutions pour la souche
8	Applications
10	Récapitulation
10	Remerciements
10	Bibliographie
12	Annexe: Tableaux

Figures

2	1. Présentation schématique des parties de la tige considérées pour l'analyse.
3	2. Diagramme illustrant la proposition concernant le rapport des diamètres.
3	3. Distribution des pourcentages observés de la masse anhydre totale pour le bois marchand en fonction des valeurs correspondantes du rapport diamètre au fin bout/diamètre à hauteur de poitrine chez le pin gris.
5	4. Distribution le long d'une droite à 45° des estimations obtenues, exprimées (a) en % MA et (b) en MA, avec le modèle 4 pour le pin gris.
6	5. Distribution le long d'une droite à 45° des estimations obtenues, exprimées (a) en % MA et (b) en MA, avec le modèle 11 pour le pin gris.

- 8 | 6. Comportement de la masse anhydre du bois marchand en pourcentage pour le pin gris: (a) en fonction du rapport dm/d , (b) en fonction de d pour des valeurs fixes de dm , et (c) en fonction de dm pour des valeurs fixes de d .

BIOMASSE DES PARTIES MARCHANDES ET NON MARCHANDES DE LA TIGE

Résumé

Des équations de biomasse ont été établies pour neuf espèces d'arbre. Elles estiment séparément la masse des sections non marchandes (souche et sommet) et marchandes de la tige et tiennent compte de hauteurs variables et de différents diamètres à hauteur marchande. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la masse anhydre de la totalité de l'arbre comprenant l'écorce. Des exemples d'application sont également fournis.

Abstract

Equations for estimating separately the mass of merchantable and unmerchantable (stump and top) portions of the stem for variable top diameters and heights were derived for nine tree species. Results are expressed as percentages of oven-dry mass of the total stem wood plus bark. Examples of application are provided.

INTRODUCTION

Des équations de biomasse ont été établies pour de nombreuses espèces d'arbres de diverses régions du Canada. Sauf peut-être pour quelques exceptions, elles fournissent des estimations de la masse anhydre pour diverses parties de l'arbre, principalement le bois de la tige, l'écorce de la tige, les branches vivantes et les rameaux avec les feuilles (ou les aiguilles). L'estimation de la masse anhydre de l'arbre entier s'obtient soit par sommation de ces diverses estimations ou au moyen d'une équation spéciale. Les estimations obtenues permettent de calculer les résidus bruts laissés dans la forêt ou les dépôts de bois après l'extraction de la partie voulue de l'arbre: le bois de la tige. Toutefois, de meilleures estimations sont nécessaires, car seulement la partie

marchande de la tige est ordinairement employée. Comme le sommet non marchand de la tige représente une source potentielle d'énergie, sa masse devrait également être connue. L'objectif du présent rapport est d'établir des équations pour estimer séparément la masse anhydre de la partie marchande (utilisée) et du sommet (partie résiduelle) de la tige. Une autre partie, la souche, est à examiner avec la partie marchande. Les espèces considérées sont le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.), le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.), l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss), le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.), le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.), le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.), le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.) et le chêne rouge (*Quercus rubra* L.). Tous les échantillons ont été obtenus en Ontario.

I.S. Alemdag est chercheur à l'Institut forestier national de Petawawa dont l'adresse est: Institut forestier national de Petawawa, Service canadien des forêts, Environnement Canada, Chalk River (Ontario) K0J 1J0.

La publication du manuscrit de la version originale anglaise a été approuvée le 8 décembre 1982.

EXPOSÉ

Définitions

Aux fins de l'analyse, nous avons défini la partie marchande de la tige comme la partie d'une longueur minimale de 2,80 m, s'étendant à partir du sol jusqu'à un diamètre au fin bout donné. Cette partie

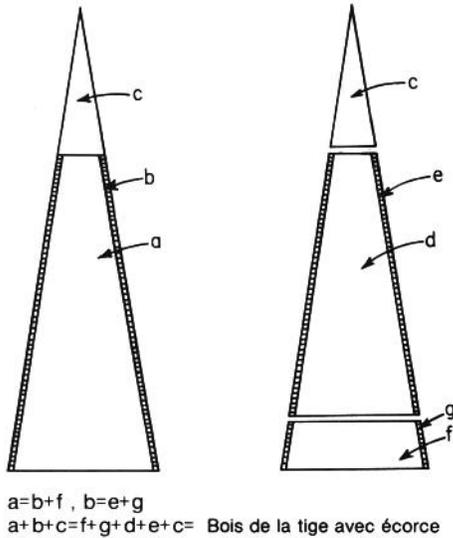


Figure 1. Présentation schématique des parties de la tige considérées pour l'analyse.

a ensuite été divisée en ses deux éléments: le bois (appelé ci-après "bois marchand") et l'écorce (appelée ci-après "écorce marchande"). Le sommet de la tige au-dessus de la partie marchande a été étudié sans distinction du bois et de l'écorce. Nous avons analysé la souche dans la partie marchande en considérant le bois et l'écorce séparément et le bois avec l'écorce. Les diverses parties de la tige sont représentées à la figure 1, où la définition des symboles est la suivante:

- a - bois de la partie marchande de la tige, y compris le bois de souche;
- b - écorce de la partie marchande de la tige, y compris l'écorce de la souche;
- c - bois du sommet de la tige avec écorce;
- d - bois de la partie marchande de la tige à l'exclusion du bois de la souche;
- e - écorce de la partie marchande de la tige à l'exclusion de l'écorce de la souche;
- f - bois de la souche;
- g - écorce de la souche.

La tige entière, bois et écorce, est donc constituée de a, b et c.

Raisonnement

Pour l'analyse, on pourrait exprimer la masse anhydre des trois composantes de la tige (a, b et c) de l'une des deux façons suivantes: (1) en utilisant les valeurs réelles; ou (2) en utilisant les pourcentages pour chaque composante. La première méthode permettrait d'estimer directement la masse anhydre (MA); toutefois, la somme des estimations pour les diverses composantes ne correspondrait pas à la masse anhydre totale de la tige si celle-ci a été calculée au moyen d'équations établies dans des études différentes. La deuxième méthode, par contre, assure qu'une fois les proportions établies, les estimations pour chaque composante vont s'additionner pour correspondre à la masse anhydre totale, quelle que soit la façon dont celle-ci a été déterminée. Comme la masse anhydre totale est souvent la seule valeur de la biomasse dont on dispose, la deuxième méthode a été choisie pour l'analyse. Ainsi, les masses anhydres du bois marchand, de l'écorce marchande et du bois du sommet de la tige avec écorce ont été exprimées en pourcentage de la masse anhydre totale de la tige (% MA), ce qui fait au total 100 %. Les pourcentages ont également été employés pour l'étude de la souche. La méthode a déjà servi à établir les vieilles tables de volume avec quotient de forme (Service des forêts, 1930), et plusieurs chercheurs y ont eu recours pour prévoir les diamètres le long de la tige. Elle a été adoptée par Honer (1965) pour estimer le volume marchand et par Honer et Heger (1971) pour étudier la distribution de la masse et du volume le long de la tige.

Pour que la somme des estimations pour les diverses composantes soit égale à 100 % (estimation pour la tige totale), les équations pour ces composantes doivent reposer sur les mêmes variables. Dans le cas du bois marchand, l'une de ces variables devra être le diamètre au fin bout (ou la hauteur marchande). Toutefois, dans le cas de la souche, le pourcentage de la masse anhydre totale, pour un arbre donné et une hauteur donnée de la

souche, ne varie pas selon l'emplacement du diamètre au fin bout, et il ne peut être estimé à partir des mêmes variables. Par conséquent, nous avons dû étudier la souche séparément.

Après avoir choisi la méthode des pourcentages, nous avons essayé d'établir une relation entre le pourcentage de la masse anhydre totale et le diamètre relatif (rapport du diamètre au fin bout au diamètre à hauteur de poitrine ou dm/d). Notre argumentation est la suivante:

Si l'on suppose que toutes les tiges ont la même forme et sont proportionnellement similaires dans toutes les dimensions (figure 2) et si

$$\frac{DE}{AB} = \frac{GH}{AF} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{h_4}{h_3}, \quad \text{alors}$$

$$\frac{\text{surface DEC}}{\text{surface ABC}} = \frac{\text{surface GHI}}{\text{surface AFI}}$$

Par le même raisonnement, si l'on fait tourner ces surfaces autour de leur axe vertical (Alemdag, 1978), les volumes ainsi créés restent dans les mêmes rapports. Ainsi, si le rapport du diamètre au fin bout au diamètre du bas reste le même, quelle que soit la taille de l'arbre, le rapport du volume au-dessus (ou au-

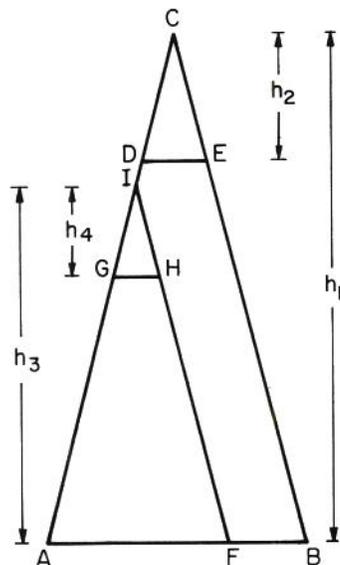


Figure 2. Diagramme illustrant la proposition concernant le rapport des diamètres.

dessous) du diamètre au fin bout à celui de la tige entière reste aussi le même. Le même raisonnement doit s'appliquer dans le cas de la masse anhydre qui est le produit du volume par la masse volumique.

La distribution des valeurs de % MA pour le bois marchand en fonction du rapport dm/d a démontré cette hypothèse (figure 3). Elle indique qu'à une valeur donnée de dm/d correspond une valeur précise de % MA. Elle semble également indiquer fortement une fonction du

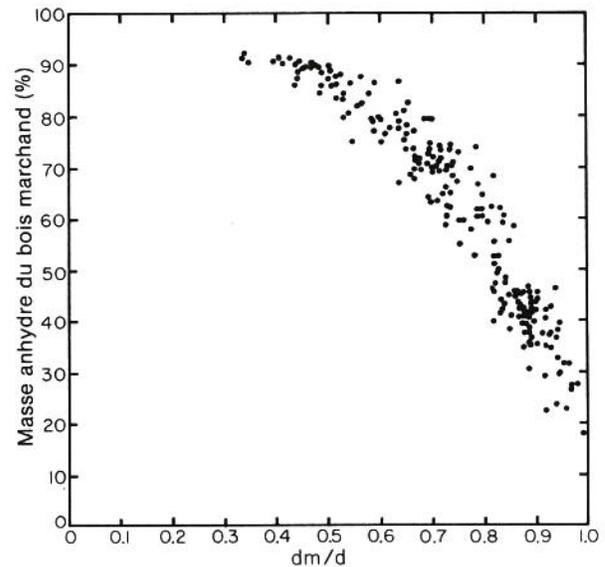


Figure 3. Distribution des pourcentages observés de la masse anhydre totale pour le bois marchand en fonction des valeurs correspondantes du rapport diamètre au fin bout/diamètre à hauteur de poitrine chez le pin gris.

deuxième degré ou une courbe polynomiale de degré 3.

MÉTHODES ET MATÉRIEL

Données

Nous avons employé pour l'analyse les mêmes données qui avaient été utilisées pour l'établissement des équations de la biomasse d'un arbre pour les espèces considérées en Ontario (Alemdag, 1981 et 1982; Alemdag et Horton, 1981; Alemdag

et Stiell, 1982). Tous les arbres poussaient en peuplements naturels sauf les pins rouges qui se trouvaient dans des plantations. Pour chaque arbre échantillon, nous disposons des données suivantes:

- (1) diamètre à hauteur de poitrine avec écorce (d);
- (2) hauteur totale de l'arbre (h);
- (3) diamètre au fin bout de la tige avec écorce (dm) à la hauteur correspondant à un diamètre de 9,1 cm, au 1/3 de cette hauteur et au 2/3;
- (4) hauteur marchande (hm) (du sol jusqu'au niveau du diamètre au fin bout);
- (5) masses anhydres du bois de toute la tige, de l'écorce de toute la tige, du bois au-dessous et au-dessus d'un diamètre au fin bout donné, de l'écorce au-dessous et au-dessus du même diamètre, du bois de la souche pour une souche de 30 cm et de l'écorce de la souche pour une même hauteur de la souche. Les diamètres étaient enregistrés en centimètres; les hauteurs, en mètres; et les masses, en kilogrammes. Le plus petit diamètre au fin bout mesuré était de 9,1 cm, exception faite de quelques diamètres de 8,0 cm. Les valeurs de quelques-unes de ces variables sont présentées au tableau 1*.

Méthodes

Les analyses ont d'abord porté sur le diamètre au fin bout ou ses diverses formes pour exprimer le bois marchand et les autres composantes. Par la suite, nous avons établi une autre série d'équations d'estimation à l'aide de la hauteur correspondant à ce diamètre.

Les équations d'estimation ont été obtenues par régression. Les essais des modèles de régression ont été effectués à l'aide des données sur deux espèces: un résineux, le pin gris, et un feuillu, le bouleau à papier. Les données d'essai du bouleau à papier, tirées de l'ensemble des données sur celui-ci, proviennent d'un emplacement précis, la forêt de recherche de l'Institut forestier national de

Petawawa. Après avoir examiné plusieurs représentations graphiques des variables, nous avons formulé 14 modèles expérimentaux pour estimer le % MA pour le bois marchand, l'écorce marchande et le bois du sommet de la tige avec écorce, et un autre modèle pour le bois de souche avec écorce. Ces modèles sont donnés au tableau 2. Les huit premiers reposent sur le diamètre à hauteur de poitrine, la hauteur de l'arbre et le diamètre au fin bout; les deux suivants, sur le diamètre au fin bout seulement; et les quatre autres, sur le diamètre à hauteur de poitrine, la hauteur de l'arbre et la hauteur marchande. Le modèle s'appliquant à la souche est construit en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et de la hauteur de l'arbre, car il était impossible d'inclure la hauteur de la souche qui est fixe.

Même si les modèles 4 à 8 utilisant dm/d semblaient les plus prometteurs, les autres employant d, dm et h méritaient également d'être éprouvés. Honer (1965) s'est servi de modèles identiques au modèle 6 (mais sans h) et au modèle 11 pour établir ses équations du volume marchand. À remarquer qu'en théorie et en pratique le rapport dm/d est toujours inférieur à 1,0.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les valeurs de la masse anhydre de la souche sont données pour une hauteur constante de 30 cm. Afin d'obtenir des estimations des pourcentages de la souche à divers niveaux, nous avons effectué une analyse géométrique en considérant la souche comme le tronc d'un néloïde et en employant les diamètres observés au niveau du sol et à la hauteur de la souche, ainsi que les diamètres estimatifs de la souche à certains niveaux (Alemdag et Honer, 1977).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Résultats des essais

Les résultats de l'analyse de régression des 15 modèles avec les données d'essai des deux espèces pour le bois marchand et le bois de souche avec écorce sont présentés au tableau 3 sous forme de

*Tous les tableaux se trouvent à l'annexe.

coefficient de corrélation multiple (R^2) et de l'erreur-type d'estimation en pourcentage de la moyenne (ETE (%)). On verra que, pour les deux espèces, les trois premiers modèles estiment de façon peu efficace le bois marchand à partir du diamètre au fin bout. Les modèles 9 et 10 sont encore moins efficaces. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les modèles 4, 5, 6, 7 et 8 contenant une variable sous forme d'un rapport, soit dm/d . Dans tous les cas, cette variable, ou son carré, ou son cube, explique la plus grande partie de la variation (plus de 90 %) de % MA pour le bois marchand. L'introduction de la hauteur de l'arbre dans ces équations n'apporte pas d'amélioration considérable par rapport à dm/d . Dans certains cas, la contribution de la variable hauteur s'est révélée nullement significative. C'était prévisible vu les principes décrits précédemment sur lesquels reposent les modèles.

Comme le degré de corrélation et la justesse des quatre modèles, déterminés par R^2 et ETE(%) sont à peu près aussi

élevés, on pourrait choisir n'importe lequel. Cependant, le modèle 4 nous paraissant supérieur, il a été adopté pour toutes les espèces et tous les groupes d'espèces. Son équation est la suivante:

$$\% \text{ MA} = b_0 + b_1 \cdot (dm/d) + b_2 \cdot (dm/d)^2$$

(Modèle 4)

Nous avons ensuite contrôlé l'homogénéité de la variance des résidus obtenus avec ce modèle en utilisant les valeurs de % MA et de MA pour le bois marchand de l'une des espèces d'essai. Quel que soit le mode d'expression de la masse anhydre, les résidus étaient répartis uniformément le long de la droite de pente zéro, et la distribution des valeurs estimatives en fonction des valeurs observées suivait étroitement une droite à 45° (figure 4). Cela signifie que les équations du modèle décrivent assez bien les données et ne comportent pas une erreur systématique importante.

Comme la partie marchande d'une tige peut se définir en fonction de la

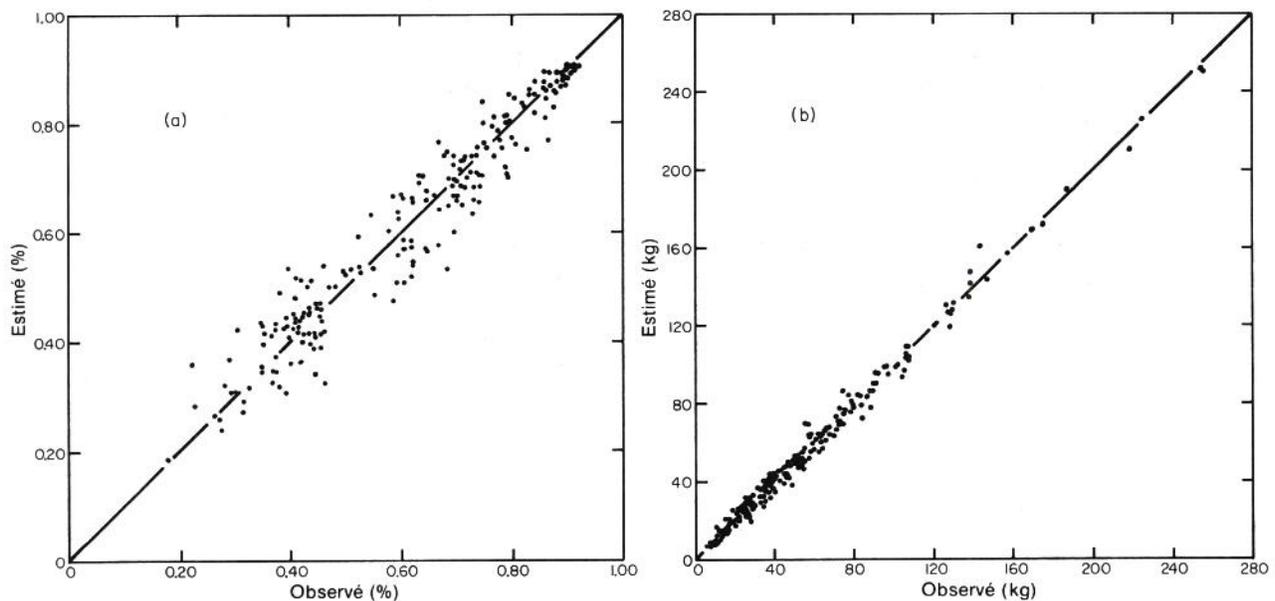


Figure 4. Distribution le long d'une droite à 45° des estimations obtenues, exprimées (a) en % MA et (b) en MA, avec le modèle 4 pour le pin gris.

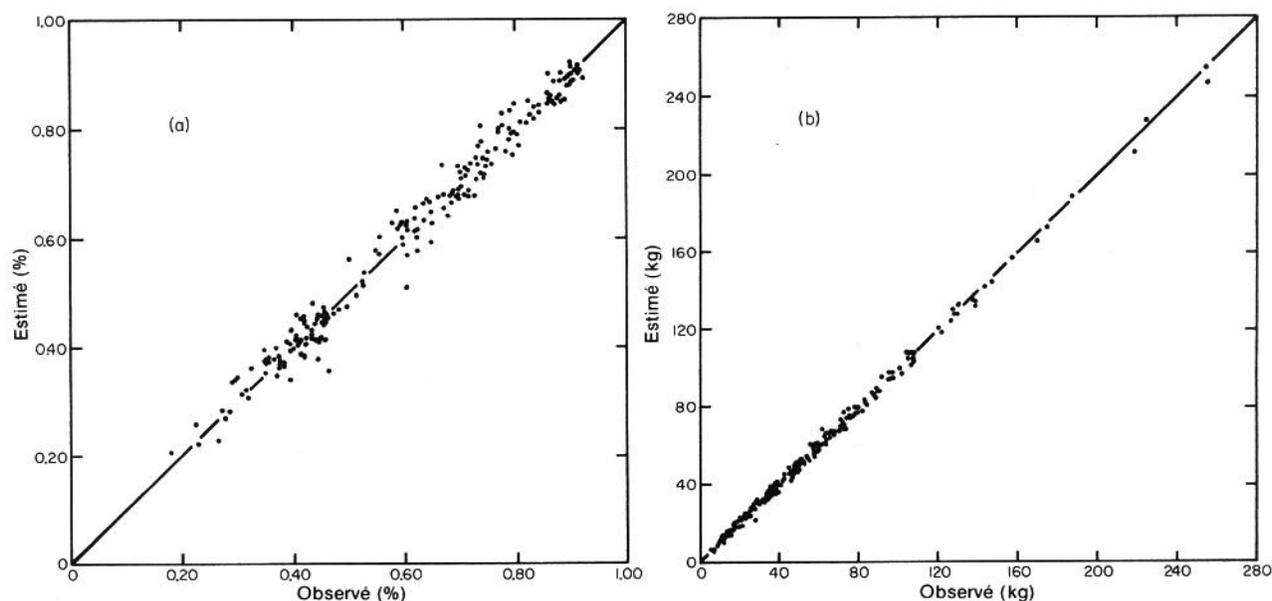


Figure 5. Distribution le long d'une droite à 45° des estimations obtenues, exprimées (a) en % MA, et (b) en MA, avec le modèle 11 pour le pin gris.

hauteur au lieu du diamètre au fin bout, elle peut également s'estimer à partir de la hauteur marchande. Les quatre modèles étudiés reposant sur le rapport de la hauteur marchande à la hauteur totale de l'arbre (également appelé hauteur relative ou hm/h) s'appuient sur le même argument que celui qui a été énoncé précédemment, mais donnent des résultats nettement différents. Le modèle 11 s'est révélé supérieur. Le diamètre à hauteur de poitrine, variable intervenant dans les trois autres modèles, n'a apporté aucune amélioration par rapport à hm/h , ou son carré, ou son cube, pour la prévision de % MA. Dans la plupart des cas, la variable hm/h était responsable de plus de 90 % de la variation. Le modèle 11 a donc été choisi pour toutes les espèces et tous les groupes d'espèces. Son équation est la suivante:

$$\% \text{ MA} = b_0 + b_1 \cdot (hm/h) + b_2 \cdot (hm/h)^2$$

(Modèle 11)

Dans ce cas aussi, l'exigence de

l'homogénéité de la variance des résidus est satisfaite, et la correspondance des estimations avec les données est acceptable (figure 5).

Des essais ont indiqué qu'en raison de l'insuffisance des données pour les faibles valeurs de dm/d , le modèle 4 s'applique seulement lorsque dm/d est supérieur à une valeur donnée. De même, le modèle 11 ne convient pas lorsque hm/h est près de 1,0, sa valeur la plus élevée. Pour couvrir la gamme complète des valeurs de % MA, soit 0,0 à 100,0 %, une solution est d'établir des équations conditionnelles. Nous savons que pour $dm/d = 0,0$, la partie marchande (bois avec écorce) représente 100 % de la masse anhydre totale de la tige, et le sommet de la tige (bois avec écorce), 0 %. Par ailleurs, lorsque $hm/h = 0,0$ %, la partie marchande constitue 0 % de la masse anhydre totale, et le sommet, 100 %; pour $hm/h = 1,0$, la partie marchande représente 100,0 % de masse anhydre totale, et le sommet, 0 %. On peut facilement satisfaire à ces conditions en

modifiant la forme des modèles 4 et 11 pour la partie marchande et le sommet de la tige et en séparant le bois et l'écorce. En procédant ainsi, nous avons constaté avec les équations adoptées qu'il y avait encore une condition difficile à satisfaire, soit d'assurer que % MA ne soit jamais supérieur à 100 % ni inférieur à 0 %. Il faudrait pour cela limiter les valeurs des paramètres b , ce qui n'est pas possible avec un programme ordinaire de régression linéaire. Par conséquent, comme avec les équations inconditionnelles la justesse des estimations était satisfaisante dans l'intervalle d'intérêt, nous n'avons pas poussé plus loin les efforts.

Les modèles 9 et 10 n'ont pas la haute efficacité voulue, mais, des deux, le modèle 9 s'est révélé supérieur. Comme une équation de ce genre a son utilité en pratique, ce modèle a été adopté pour toutes les espèces et tous les groupes d'espèces lorsqu'on connaît la masse de la tige mais non les dimensions de l'arbre.

Le seul modèle possible dans le cas du bois de souche avec écorce s'est montré d'une efficacité relativement raisonnable pour le pin gris mais peu élevée pour le bouleau à papier. Le modèle 15 n'a donc pas été adopté. À la place, nous avons préféré employer les valeurs moyennes de la masse de la souche pour le bois et l'écorce, exprimées en pourcentage de la masse totale de la tige, pour toutes les espèces et tous les groupes d'espèces.

Équations à deux dimensions

Le modèle 4, reposant sur le rapport dm/d , a été employé pour établir les équations de prévision du pourcentage de bois marchand, d'écorce marchande et de bois du sommet de la tige avec écorce dans le cas où la qualité marchande est définie d'après le diamètre au fin bout. Les coefficients de régression ainsi que les valeurs de R^2 et d'ETE(%) sont donnés dans les tableaux 4a à 4c pour certaines espèces et certains groupes d'espèces. (Comme le pin rouge provenait de plantations, il n'a pas été groupé avec les autres espèces dont les arbres provenaient de peuplements naturels.) Les meilleures

estimations sont obtenues pour le pourcentage de bois marchand (R^2 autour de 0,910 à 0,930 et ETE(%) environ 8 à 10 %) et pour le pourcentage de bois du sommet de la tige avec écorce. Les estimations obtenues pour l'écorce marchande sont également bonnes et acceptables. À remarquer que ces estimations pour un arbre donné obtenues à partir de d et de dm s'additionnent pour donner 100 %. On peut mieux observer le comportement du modèle 4 à la figure 6 pour le bois marchand du pin gris. On constate que la courbe du pourcentage de la masse anhydre du bois de la tige avec écorce a une forme convexe qui s'accroît ou s'affaiblit en fonction de dm/d , de d ou de dm . Le modèle 11 a été employé pour établir les équations lorsque la qualité marchande est définie par rapport à la hauteur marchande. Les coefficients de régression sont donnés dans les tableaux 5a à 5c. D'après les valeurs de R^2 et d'ETE(%), les équations d'estimation utilisant hm sont supérieures à celles reposant sur dm . Ici encore, les estimations s'additionnent pour donner 100 %.

Comme on le voit dans les tableaux 4c et 5c, les valeurs de R^2 et d'ETE(%) pour les groupes d'espèces sont aussi bonnes que celles pour une seule espèce. De plus, comme les coefficients de régression et ceux des espèces individuelles sont très similaires et de même signe, on pourrait considérer que les équations pour les groupes d'espèces sont aussi valides que celles pour les espèces individuelles. La décision, qui dépend de la nature des données et de la précision voulue, est laissée à l'utilisateur. Dans un rapport sur les estimations du volume marchand (1965), Honer a recommandé seulement les équations pour groupes d'espèces, car dans la pratique il n'y avait presque pas de différence entre elles et les équations pour une espèce en particulier.

Équations à une dimension

Les équations du modèle 9, utilisant la variable dm seulement, ont été établies pour estimer les pourcentages de bois marchand, d'écorce marchande et de bois du sommet avec écorce. Les coefficients

de régression pour chaque espèce et groupe d'espèces sont donnés dans les tableaux 6a à 6c. Les estimations pour un arbre donné s'additionnent pour donner 100 % au total. Les valeurs très médiocres de R^2 et d'ETE(%) indiquent le faible degré de confiance des estimations obtenues au moyen de ces équations.

Déductions pour la souche

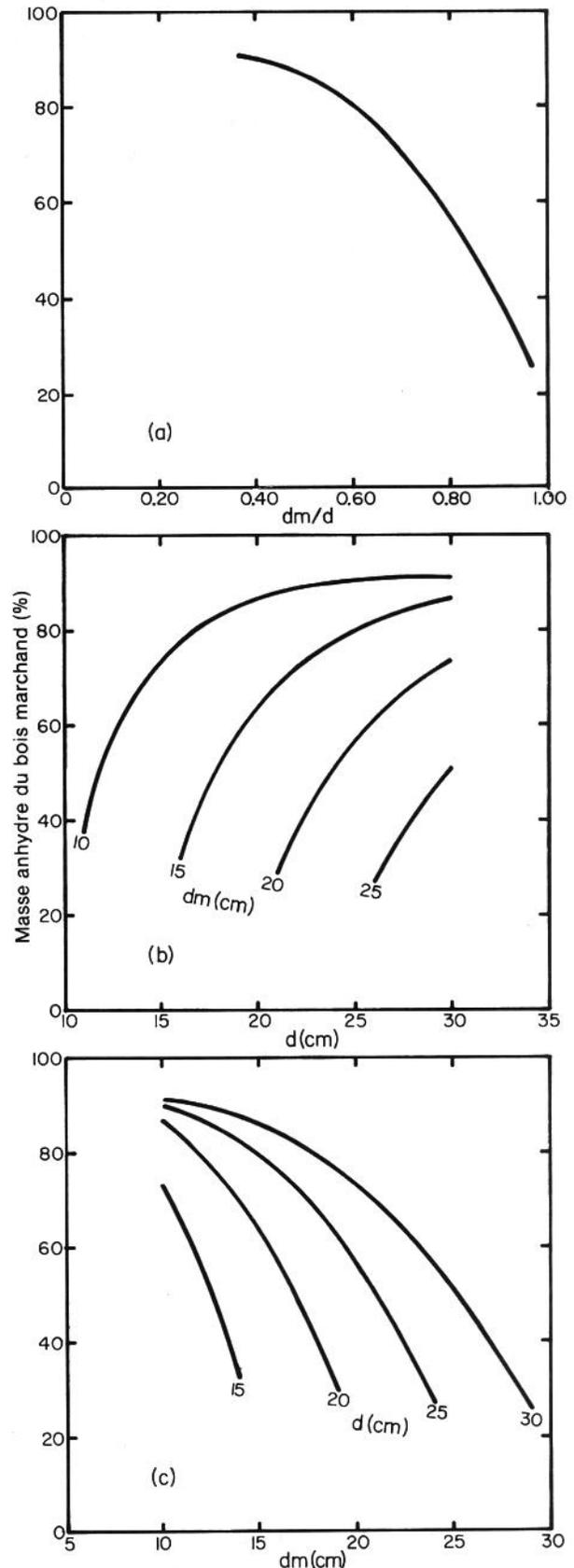
Les pourcentages moyens (arithmétiques) de la masse anhydre totale constitués par le bois de la souche et l'écorce de la souche ont été calculés pour une hauteur de la souche de 30 cm (V. tableau 7.) Toutefois, comme on a besoin dans la pratique de valeurs pour diverses hauteurs de la souche, nous avons déterminé, à partir des pourcentages donnés au tableau 7, les pourcentages correspondant à diverses hauteurs de la souche. Premièrement, nous avons calculé le pourcentage du volume d'une souche de 30 cm constitué par chaque partie couramment employée de la souche (du sol jusqu'à une hauteur donnée) et avons trouvé que les différences entre les espèces de même que selon les dimensions des souches étaient négligeables. Par conséquent, nous avons adopté une seule série de données pour ces diverses parties de la souche (V. tableau 8.). On doit appliquer ces valeurs aux pourcentages de la masse totale donnés pour le bois de la souche et l'écorce de la souche pour chaque espèce et groupe d'espèces du tableau 7 pour obtenir les déductions pour le bois et l'écorce à diverses hauteurs de la souche. Un exemple est donné au tableau 9 pour le pin gris.

APPLICATIONS

Les équations du modèle 4 doivent être employées lorsqu'on connaît le diamètre à hauteur de poitrine et le diamètre au fin

Colonne ci-contre:

Figure 6. Comportement de la masse anhydre du bois marchand en pourcentage pour le pin gris: (a) en fonction du rapport dm/d , (b) en fonction de d pour des valeurs fixes de dm , et (c) en fonction de dm pour des valeurs fixes de d .



bout de l'arbre pour estimer le pourcentage de la masse anhydre du bois de la tige avec écorce constitué par ses trois composantes, soit: (a) le bois marchand; (b) l'écorce marchande; et (c) le bois du sommet de la tige avec écorce. Elles peuvent également être employées avec le diamètre moyen d'un peuplement et demeurent valides lorsqu'on connaît seulement la valeur du rapport dm/d sans les valeurs précises de dm et de d . Les équations du modèle 11 sont employées aux mêmes fins lorsqu'on connaît la hauteur totale de l'arbre ainsi que la hauteur correspondant au diamètre au fin bout, ou seulement le rapport hm/h . Toutefois, comme toutes ces équations donnent des valeurs en pourcentage, elles doivent être appliquées à la masse anhydre de la tige de l'arbre pour obtenir les estimations de la masse anhydre des trois composantes.

Les équations des modèles 4 et 11 comportent certaines restrictions: celles du modèle 4 ne s'appliquent que lorsque le rapport dm/d est supérieur à la valeur indiquée au tableau 10 (le rapport le plus élevé étant près de 1,0, mais inférieur), et celles du modèle 11 ne sont valables que lorsque le rapport hm/h est inférieur à la valeur indiquée dans le même tableau (la valeur la plus faible étant près de 0, mais supérieure).

Comme les équations ont été établies avec la souche incluse dans la partie marchande de la tige (figure 1), il faut soustraire les pourcentages s'appliquant à la souche des pourcentages calculés pour le bois marchand et l'écorce marchande afin d'obtenir les pourcentages nets de bois marchand et d'écorce marchande au-dessus d'une hauteur donnée de la souche.

Voici un exemple complet de la façon de procéder avec le modèle 4:

Prenons une tige de pin gris ayant les dimensions suivantes: $d = 12,3$ cm; $h = 14,00$ m; et $dm = 8,0$ cm; cette tige est coupée à une hauteur de 20 cm (souche). Dans ce cas, le rapport dm/d est de 0,65. En transposant ces valeurs dans les équations, on obtient les résultats suivants: 75,46 % pour le bois marchand, 6,39 % pour l'écorce marchande, et 18,15 % pour le bois du sommet de la tige avec écorce.

Les déductions à faire pour une souche de 20 cm sont de 2,86 % pour le bois et de 0,57 % pour l'écorce (tableau 9). Une fois les déductions faites, on obtient comme pourcentages réels 72,60 et 5,82 % respectivement. La distribution des pourcentages pour les cinq composantes de la tige est présentée au tableau 11 ainsi que les valeurs correspondantes pour d'autres rapports dm/d pour le pin gris.

Après avoir déterminé les pourcentages, on peut facilement calculer la masse anhydre réelle des diverses composantes à partir de la masse anhydre du bois de la tige avec écorce du même arbre. Cette dernière valeur, tirée de la formule établie par Alemdag pour le pin gris (1982), est de 36,3 kg. Ainsi, pour un arbre dont le rapport dm/d est de 0,65, la masse du bois de la souche serait donc de 1,0 kg, celle de son écorce, de 0,2 kg, celle du bois marchand, de 26,4 kg, celle de l'écorce marchande, de 2,1 kg, et celle du bois du sommet de la tige avec écorce, de 6,6 kg. Cela signifie que si l'on ne prélève que le bois marchand de la tige de cet arbre, il reste 9,9 kg de résidus de la tige. Si l'on considère l'arbre entier, il faut ajouter 1,8 kg pour les branches vivantes et 2,2 kg pour les rameaux et les aiguilles.

De même, si on prélève 2 billes de 4 m de cette tige, comme partie marchande, pour $hm/h = 8,20/14,00 = 0,59$, avec le modèle 11, après avoir effectué les déductions pour la souche, on obtient les pourcentages suivants: bois de la souche, 2,86 %; écorce de la souche, 0,57 %; bois marchand, 75,82 %; écorce marchande, 5,99 %; et bois du sommet de la tige avec écorce, 14,76 %.

Les équations du modèle 9 s'appliquent seulement lorsqu'on ne connaît pas le diamètre de l'arbre ou le diamètre moyen du peuplement et qu'on détermine la masse totale des tiges, spécialement pour une superficie donnée, à partir des données volumétriques. Si on connaît le diamètre au fin bout, on calcule les pourcentages pour chaque composante et à l'aide de la masse totale des tiges du peuplement, on détermine les masses réelles. Les déductions pour la souche doivent également être effectuées comme il a été expliqué plus haut.

RÉCAPITULATION

1. Pour établir les équations servant à estimer la masse anhydre (a) du bois de la partie marchande d'une tige, (b) de l'écorce de la partie marchande; et (c) du bois avec l'écorce du sommet d'une tige, on a préféré employer les pourcentages que les vraies valeurs.
2. Les équations du modèle 4 utilisant dm et celles du modèle 11 utilisant hm sont employées lorsqu'on connaît les dimensions de l'arbre. Elles s'appliquent également à l'arbre moyen d'un peuplement.
3. Les équations du modèle 9 sont utilisées lorsqu'on possède seulement des données sur la masse anhydre totale.
4. Des déductions pour la souche doivent être apportées pour déterminer les pourcentages nets de bois marchand et d'écorce marchande.
5. L'utilisateur a le choix d'employer les équations des modèles 4, 11 et 9 et les déductions pour la souche qui s'appliquent soit à l'espèce soit au groupe d'espèces.
6. Les équations s'appliquent seulement lorsqu'on connaît la masse anhydre du bois de la tige avec écorce pour un arbre en particulier (modèles 4 et 11) ou sous la forme d'un total (modèle 9) par exemple sur une superficie donnée, pour un chargement, sur un hectare ou dans une cour à bois.
7. Les masses anhydres de la partie marchande, du sommet de la tige et de la souche seraient estimées avec les marges d'erreur que comportent l'estimation de la masse anhydre de la tige et l'estimation du pourcentage de la masse anhydre.
8. Comme nous avons supposé que la masse volumique du bois d'une espèce est uniforme dans une région donnée, les équations établies afin d'estimer le pourcentage de la masse anhydre du bois marchand peuvent également servir à estimer de façon approximative le pourcentage du volume du bois se trouvant dans la partie marchande de la tige. Dans ce cas, le pourcentage représente le rapport du volume marchand de la tige (sous écorce, y compris la souche) au volume de la tige (sur écorce, y compris la souche et le sommet).

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier M.D.A. MacLeod, statisticien à la Direction générale de l'informatique et de la statistique appliquée d'Environnement Canada, pour ses conseils en statistique, M. T.L. Pickett, chef de la Section de l'informatique à l'Institut forestier national de Petawawa, et Mme M.I. Babyn, étudiante de quatrième année à la faculté de foresterie de l'université de Toronto, pour leur aide en informatique, ainsi que M. D.J. McGuire pour le tracé des figures.

BIBLIOGRAPHIE

- Alemdag, I.S. 1978. An analytical look at the log volume formulas. Environ. Canada, Can. For. Serv., For. Manage. Inst. 17 p.
- Alemdag, I.S. 1981. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Dept. Environ., Can. For. Serv., Pet. Natl. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-6. 9 p.
- Alemdag, I.S. 1982. Aboveground dry matter of jack pine, black spruce, white spruce and balsam fir trees at two localities in Ontario. For. Chron. 58(1): 26-30.
- Alemdag, I.S.; Honer, T.G. 1977. Metric relationships between breast-height and stump diameters for eleven tree species from eastern and central Canada. Dept. Environ., Can. For. Serv., For. Manage. Inst., Inf. Rep. FMR-X-49M. 62 p.
- Alemdag, I.S.; Horton, K.W. 1981. Single-tree equations for estimating biomass of trembling aspen, largetooth aspen and white birch in Ontario. For. Chron. 57(4): 169-173.
- Alemdag, I.S.; Stiell, W.M. 1982. Spacing and age effects on biomass production in red pine plantations. For. Chron. 58(5): 220-224.

Forest Service. 1930. Form-class volume tables. Canada Dep. Interior. 199 p.

Honer, T.G. 1965. Volume distribution in individual trees. Pulp Pap. Mag. Can. 66(11): 499-508.

Honer, T.G.; Heger, L. 1971. Stem weight and volume distribution in six balsam fir trees. Canada Dep. Environ. Bi-Monthly Res. Notes 27(5): 35-36.

**ANNEXE:
TABLEAUX**

Tableau 1. Statistiques concernant les espèces et groupes d'espèces

Espèces	Nombre d'arbres	Nombre d'observations	d(cm)		h(m)		dm/d		hm/h	
			Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle
Pin rouge	149	447	22,0	10,5-36,2	17,88	11,76-25,25	0,683	0,251-0,993	0,486	0,143-0,980
Pin gris	72	216	16,6	10,2-26,8	17,81	11,90-23,50	0,735	0,336-0,990	0,429	0,088-0,847
Épinette noire	42	126	13,6	10,0-22,2	13,54	9,10-18,90	0,818	0,405-0,991	0,352	0,079-0,773
Épinette blanche	58	174	16,8	10,4-35,8	13,93	6,20-23,20	0,755	0,251-0,991	0,413	0,096-0,862
Sapin baumier	46	138	15,1	10,0-27,4	14,54	8,00-19,20	0,784	0,329-0,992	0,384	0,081-0,781
Peuplier faux-tremble	164	492	19,5	10,1-43,5	19,53	9,58-27,25	0,731	0,209-0,995	0,422	0,083-0,852
Peuplier à grandes dents	71	213	19,2	9,6-39,2	19,71	11,60-28,90	0,716	0,232-0,990	0,429	0,066-0,849
Bouleau à papier	103	309	19,4	10,0-32,7	18,21	11,70-22,25	0,716	0,278-0,992	0,426	0,071-0,797
Chêne rouge	36	108	25,7	16,4-40,4	18,88	14,25-23,00	0,650	0,223-0,976	0,489	0,214-0,831
Tous les feuillus*	218	654	15,8	10,0-35,8	15,27	6,20-23,50	0,767	0,251-0,992	0,400	0,079-0,862
Tous les résineux	374	1 122	20,0	9,6-43,5	19,14	9,58-28,90	0,716	0,209-0,995	0,431	0,066-0,852
Toutes les espèces*	592	1 776	18,4	9,6-43,5	17,71	6,20-28,90	0,735	0,209-0,995	0,420	0,079-0,862

*Pin rouge exclu.

Tableau 2. Modèles de régression testés

N° du modèle	Forme du modèle
	Pour le bois marchand, l'écorce marchande et le bois du sommet de l'arbre avec écorce, à partir de dm
1	% MA = $b_0 + b_1 \cdot dm^2 + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot h$
2	% MA = $b_0 + b_1 \cdot dm^2 + b_2 \cdot h(dm^2)^2 + b_3 \cdot d^2(dm^2)^2$
3	% MA = $b_0 + b_1 \cdot dm^2 + b_2 \cdot (dm^2)^2 + b_3 \cdot h \cdot dm^2 + b_4 \cdot d^2 \cdot dm^2$
4	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (dm/d) + b_2 \cdot (dm/d)^2$
5	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (dm/d) + b_2 \cdot (dm/d)^2 + b_3 \cdot h$
6	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (dm^2/d^2) + b_2 \cdot (dm^2/d^2)^2 + b_3 \cdot h$
7	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (dm/d)^2 + b_2 \cdot h$
8	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (dm/d)^3 + b_2 \cdot h$
9	% MA = $b_0 + b_1 \cdot dm$
10	% MA = $b_0 + b_1 \cdot dm^2$
	Pour le bois marchand, l'écorce marchande et le bois du sommet de l'arbre avec écorce, à partir de hm
11	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (hm/h) + b_2 \cdot (hm/h)^2$
12	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (hm/h) + b_2 \cdot (hm/h)^2 + b_3 \cdot d$
13	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (hm/h)^2 + b_2 \cdot d$
14	% MA = $b_0 + b_1 \cdot (hm/h)^3 + b_2 \cdot d$
	Pour le bois de la souche avec écorce
15	% MA = $b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot h$

Tableau 3. Résultats statistiques de l'application des modèles aux deux espèces d'essai

N° du modèle	Pin gris		Bouleau à papier	
	R ²	ETE(%)	R ²	ETE(%)
(a) Pour le bois marchand, à partir de dm				
1	0,715	17,11*	0,827	11,41
2	0,363	25,58	0,768	13,21
3	0,680	18,17	0,915	8,07
4	0,931	8,39	0,947	6,31
5	0,931	8,40	0,947	6,34
6	0,930	8,46	0,945	6,43
7	0,919	9,10	0,924	7,54
8	0,931	8,42	0,944	6,45
9	0,263	27,39	0,671	15,59
10	0,218	28,22	0,620	16,76
(b) Pour le bois marchand, à partir de hm				
11	0,981	4,36	0,988	2,97
12	0,982	4,27	0,989	2,84
13	0,865	11,76	0,873	9,74
14	0,751	15,97	0,776	12,93
(c) Pour le bois de la souche avec écorce				
15	0,683	9,24	0,249	19,47
Nombre d'arbres	72		35	
Nombre d'observations	216		105	
Intervalle de d, en cm	10,2 - 26,8		16,3 - 29,7	
Intervalle de h, en m	11,90 - 23,50		16,48 - 22,25	
Intervalle de dm/d	0,336 - 0,990		0,303 - 0,964	
Intervalle de hm/h	0,088 - 0,847		0,187 - 0,782	

*Dans le présent tableau et les tableaux suivants, cette valeur est calculée comme suit: (erreur-type de l'estimation/moyenne) · 100 = (0,104 887/0,613 116) · 100 = 17,11.

Tableau 4a. Coefficients de régression pour le modèle 4 appliqué aux résineux

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Pin rouge					
Bois marchand	70,523	109,966	-157,566	0,917	8,44
Écorce marchande	7,474	8,754	-13,608	0,712	16,80
Bois du sommet avec écorce	22,003	-118,720	171,174	0,916	22,18
Pin gris					
Bois marchand	69,383	120,937	-171,664	0,931	8,40
Écorce marchande	4,143	13,336	-15,203	0,630	18,25
Bois du sommet avec écorce	26,474	-134,273	186,867	0,933	16,22
Épinette noire					
Bois marchand	40,410	191,766	-209,326	0,918	10,06
Écorce marchande	2,046	24,044	-23,326	0,714	18,41
Bois du sommet avec écorce	57,544	-215,810	232,652	0,919	14,27
Épinette blanche					
Bois marchand	70,282	103,401	-148,077	0,948	7,20
Écorce marchande	5,835	17,202	-19,792	0,634	20,64
Bois du sommet avec écorce	23,883	-120,603	167,869	0,946	14,41
Sapin baumier					
Bois marchand	46,841	160,823	-185,023	0,909	10,00
Écorce marchande	11,463	11,381	-19,944	0,780	19,22
Bois du sommet avec écorce	41,696	-172,204	204,967	0,922	15,55

Tableau 4b. Coefficients de régression pour le modèle 4 appliqué aux feuillus

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Peuplier faux-tremble					
Bois marchand	63,449	102,391	-144,963	0,894	11,18
Écorce marchande	16,920	5,385	-18,227	0,660	25,24
Bois du sommet avec écorce	19,631	-107,776	163,190	0,911	19,86
Peuplier à grandes dents					
Bois marchand	67,474	82,794	-131,142	0,902	10,31
Écorce marchande	14,522	20,714	-31,798	0,730	20,65
Bois du sommet avec écorce	18,004	-103,508	162,940	0,925	18,35
Bouleau à papier					
Bois marchand	59,476	121,358	-159,218	0,901	9,94
Écorce marchande	13,736	9,510	-19,791	0,551	29,91
Bois du sommet avec écorce	26,788	-130,868	179,009	0,912	20,88
Chêne rouge					
Bois marchand	71,810	64,652	-107,916	0,909	8,21
Écorce marchande	10,533	28,059	-33,460	0,619	20,08
Bois du sommet avec écorce	17,657	-92,711	141,376	0,913	24,64

Tableau 4c. Coefficients de régression pour le modèle 4 appliqué aux groupes d'espèces

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Résineux*					
Bois marchand	66,162	118,900	-162,050	0,923	9,13
Écorce marchande	6,056	14,232	-17,350	0,504	27,17
Bois du sommet avec écorce	27,782	-133,132	179,400	0,925	15,99
Feuillus					
Bois marchand	64,162	99,767	-142,542	0,892	10,74
Écorce marchande	14,999	11,394	-22,501	0,618	26,31
Bois du sommet avec écorce	20,839	-111,161	165,043	0,911	20,61
Résineux et feuillus*					
Bois marchand	60,523	118,420	-157,064	0,888	10,97
Écorce marchande	17,070	-1,943	-11,349	0,505	34,50
Bois du sommet avec écorce	22,407	-116,477	168,413	0,916	18,90

*Pin rouge exclu.

Tableau 5a. Coefficients de régression pour le modèle 11 appliqué aux feuillus

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Pin rouge					
Bois marchand	2,195	187,757	-98,499	0,976	4,48
Écorce marchande	0,150	19,840	-11,524	0,756	15,46
Bois du sommet avec écorce	97,655	-207,597	110,023	0,975	12,03
Pin gris					
Bois marchand	5,985	172,893	-84,215	0,981	4,36
Écorce marchande	1,266	13,730	-8,046	0,662	17,44
Bois du sommet avec écorce	92,749	-186,623	92,261	0,983	8,09
Épinette noire					
Bois marchand	6,454	168,476	-80,093	0,951	7,77
Écorce marchande	0,831	18,755	-11,461	0,779	16,18
Bois du sommet avec écorce	92,715	-187,231	91,554	0,956	10,52
Épinette blanche					
Bois marchand	6,990	171,956	-88,106	0,975	5,00
Écorce marchande	0,737	22,026	-13,753	0,689	19,05
Bois du sommet avec écorce	92,273	-193,982	101,859	0,978	9,21
Sapin baumier					
Bois marchand	6,651	166,650	-87,306	0,954	7,15
Écorce marchande	0,805	21,737	-8,266	0,787	18,92
Bois du sommet avec écorce	92,544	-188,387	95,572	0,962	10,78

Tableau 5b. Coefficients de régression pour le modèle 11 appliqué aux feuillus

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Peuplier faux-tremble					
Bois marchand	0,943	182,017	-101,509	0,948	7,82
Écorce marchande	0,978	27,838	-10,393	0,692	24,02
Bois du sommet avec écorce	98,079	-209,855	111,902	0,964	12,51
Peuplier à grandes dents					
Bois marchand	2,470	170,247	-91,041	0,969	5,79
Écorce marchande	0,525	34,983	-15,863	0,771	19,03
Bois du sommet avec écorce	97,005	-205,230	106,904	0,990	6,64
Bouleau à papier					
Bois marchand	4,707	178,755	-98,470	0,956	6,58
Écorce marchande	0,935	26,566	-11,562	0,558	29,70
Bois du sommet avec écorce	94,358	-205,321	110,032	0,962	13,73
Chêne rouge					
Bois marchand	3,267	179,006	-100,728	0,943	6,51
Écorce marchande	-1,532	47,285	-31,095	0,711	17,50
Bois du sommet avec écorce	98,265	-226,291	131,823	0,965	15,54

Tableau 5c. Coefficients de régression pour le modèle 11 appliqué aux groupes d'espèces

Composante	Coefficients de régression			R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁	b ₂		
Résineux*					
Bois marchand	6,702	168,808	-82,835	0,966	6,06
Écorce marchande	0,688	20,446	-12,905	0,556	25,70
Bois du sommet avec écorce	92,610	-189,254	95,740	0,972	9,78
Feuillus					
Bois marchand	2,200	180,025	-100,098	0,948	7,49
Écorce marchande	0,798	29,775	-12,635	0,653	25,08
Bois du sommet avec écorce	97,002	-209,800	112,733	0,967	12,62
Résineux et feuillus*					
Bois marchand	3,765	177,386	-96,390	0,946	7,61
Écorce marchande	1,116	23,490	-8,537	0,497	34,75
Bois du sommet avec écorce	95,119	-200,876	104,927	0,968	11,68

*Pin rouge exclu.

Tableau 6a. Coefficients de régression pour le modèle 9 appliqué aux résineux

Composante	Coefficients de régression		R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁		
Pin rouge				
Bois marchand	96,679	-2,114	0,338	23,8
Écorce marchande	9,563	-0,206	0,281	26,5
Bois du sommet avec écorce	-6,242	2,320	0,340	62,0
Pin gris				
Bois marchand	101,537	-3,370	0,263	27,4
Écorce marchande	8,751	-0,284	0,279	25,4
Bois du sommet avec écorce	-10,288	3,654	0,272	53,4
Épinette noire				
Bois marchand	90,140	-3,359	0,149	32,4
Écorce marchande	11,284	-0,512	0,320	28,3
Bois du sommet avec écorce	-1,424	3,871	0,166	45,5
Épinette blanche				
Bois marchand	84,180	-2,001	0,146	29,1
Écorce marchande	11,480	-0,368	0,310	28,3
Bois du sommet avec écorce	4,340	2,369	0,168	56,5
Sapin baumier				
Bois marchand	87,117	-2,798	0,193	29,7
Écorce marchande	11,992	-0,376	0,117	38,4
Bois du sommet avec écorce	0,891	3,174	0,188	50,0

Tableau 6b. Coefficients de régression pour le modèle 9 appliqué aux feuillus

Composante	Coefficients de régression		R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁		
Peuplier faux-tremble				
Bois marchand	73,223	-1,303	0,128	32,0
Écorce marchande	13,849	-0,250	0,083	41,4
Bois du sommet avec écorce	12,928	1,553	0,128	61,9
Peuplier à grande dents				
Bois marchand	77,509	-1,691	0,179	29,8
Écorce marchande	17,429	-0,411	0,154	36,5
Bois du sommet avec écorce	5,062	2,102	0,186	60,4
Bouleau à papier				
Bois marchand	90,645	-2,330	0,272	26,9
Écorce marchande	15,004	-0,392	0,143	41,3
Bois du sommet avec écorce	-5,649	2,722	0,270	60,1
Chêne rouge				
Bois marchand	91,861	-1,795	0,491	19,4
Écorce marchande	20,653	-0,476	0,574	21,1
Bois du sommet avec écorce	-12,514	2,271	0,547	55,9

Tableau 6c. Coefficients de régression pour le modèle 9 appliqué aux groupes d'espèces

Composante	Coefficients de régression		R ²	ETE(%)
	b ₀	b ₁		
Résineux*				
Bois marchand	87,694	-2,530	0,160	30,2
Écorce marchande	10,318	-0,339	0,176	35,0
Bois du sommet avec écorce	1,988	2,869	0,172	53,1
Feuillus				
Bois marchand	78,364	-1,543	0,174	29,7
Écorce marchande	15,062	-0,311	0,117	40,0
Bois du sommet avec écorce	6,574	1,854	0,177	62,7
Résineux et feuillus*				
Bois marchand	78,945	-1,652	0,157	30,1
Écorce marchande	11,714	-0,198	0,040	48,0
Bois du sommet avec écorce	9,341	1,850	0,146	60,2

*Pin rouge exclu.

Tableau 7. Pourcentage moyen de la masse anhydre totale de la tige constitué par une souche de 30 cm

Espèces	Pourcentages moyens de la masse totale			Bois de la souche avec écorce	
	Bois de la souche	Écorce de la souche	Bois de la souche écorce	Écart-type [†]	Erreur-type de la moyenne [†]
Pin rouge	4,41	0,77	5,18	1,123	0,053
Pin gris	4,19	0,83	5,02	0,802	0,055
Épinette noire	5,66	0,78	6,44	1,412	0,126
Épinette blanche	5,90	0,82	6,72	2,110	0,160
Sapin baumier	5,03	0,87	5,90	1,874	0,160
Peuplier faux-tremble	3,53	0,80	4,33	1,078	0,049
Peuplier à grandes dents	3,34	0,88	4,22	0,862	0,059
Bouleau à papier	5,16	0,88	6,04	1,573	0,089
Chêne rouge	5,84	1,03	6,87	1,244	0,120
Résineux*	5,10	0,83	5,93	1,734	0,068
Feuillus	4,17	0,86	5,03	1,556	0,465
Résineux et feuillus*	4,51	0,85	5,36	1,681	0,040

*Pin rouge exclu.

[†]SD = Écart-type; SE = Erreur-type de la moyenne.

Tableau 8. Pourcentages du volume (et de la masse) total d'une souche de 30 cm à diverses hauteurs de la souche

Hauteur de la souche (cm)	%
5	17,95
10	35,28
15	52,07
20	68,36
25	84,45
30	100,00

Tableau 9. Déductions en pourcentage de la masse totale de la tige (bois avec écorce) à faire pour le bois et l'écorce de la souche selon la hauteur de celle-ci dans le cas du pin gris

Hauteur de la souche (cm)	Bois de la souche (%)	Écorce de la souche (%)	Bois de la souche avec écorce (%)
5	0,75	0,15	0,90
10	1,48	0,29	1,77
15	2,18	0,43	2,61
20	2,86	0,57	3,43
25	3,54	0,70	4,24
30	4,19	0,83	5,02

Tableau 10. Limites d'application des équations du modèle 4 et du modèle 11

Espèces	Modèle 4	Modèle 11
	Plus petite valeur permise pour dm/d	Plus grande valeur permise pour hm/h
Pin rouge	0,347 [†]	0,894
Pin gris	0,359	0,879
Épinette noire	0,464	0,860
Épinette blanche	0,359	0,924
Sapin baumier	0,420	0,930
Peuplier faux-tremble	0,330	0,885
Peuplier à grandes dents	0,318	0,842
Bouleau à papier	0,366	0,819
Chêne rouge	0,328	0,858
Résineux*	0,371	0,891
Feuillus	0,337	0,857
Résineux et feuillus*	0,346	0,859

*Pin rouge exclu.

[†] Par exemple, dm/d = 0,347 est obtenu lorsqu'on a 7/20,2, 8/23,1, 9/25,9 et 10/28,8, et une valeur comme 0,100 n'est pas réaliste pour l'espèce considérée.

Tableau 11. Pourcentages obtenus pour la souche, la partie marchande et le sommet de la tige pour diverses hauteurs de la souche, dans le cas du pin gris avec le modèle 4

dm / d	Hau- teur de la souche (cm)	Bois de la souche	Écorce de la souche	Bois marchand net	Écorce marchande nette	Bois du sommet avec écorce	Total
% de la masse anhydre totale de la tige							
0,40	10	1,48	0,29	88,81	6,76	2,66	100,00
	20	2,86	0,57	87,43	6,48	2,66	100,00
	30	4,19	0,83	86,10	6,22	2,66	100,00
0,65	10	1,48	0,29	73,98	6,10	18,15	100,00
	20	2,86	0,57	72,60	5,82	18,15	100,00
	30	4,19	0,83	71,27	5,56	18,15	100,00
0,90	10	1,48	0,29	37,70	3,54	56,99	100,00
	20	2,86	0,57	36,32	3,26	56,99	100,00
	30	4,19	0,83	34,99	3,00	56,99	100,00