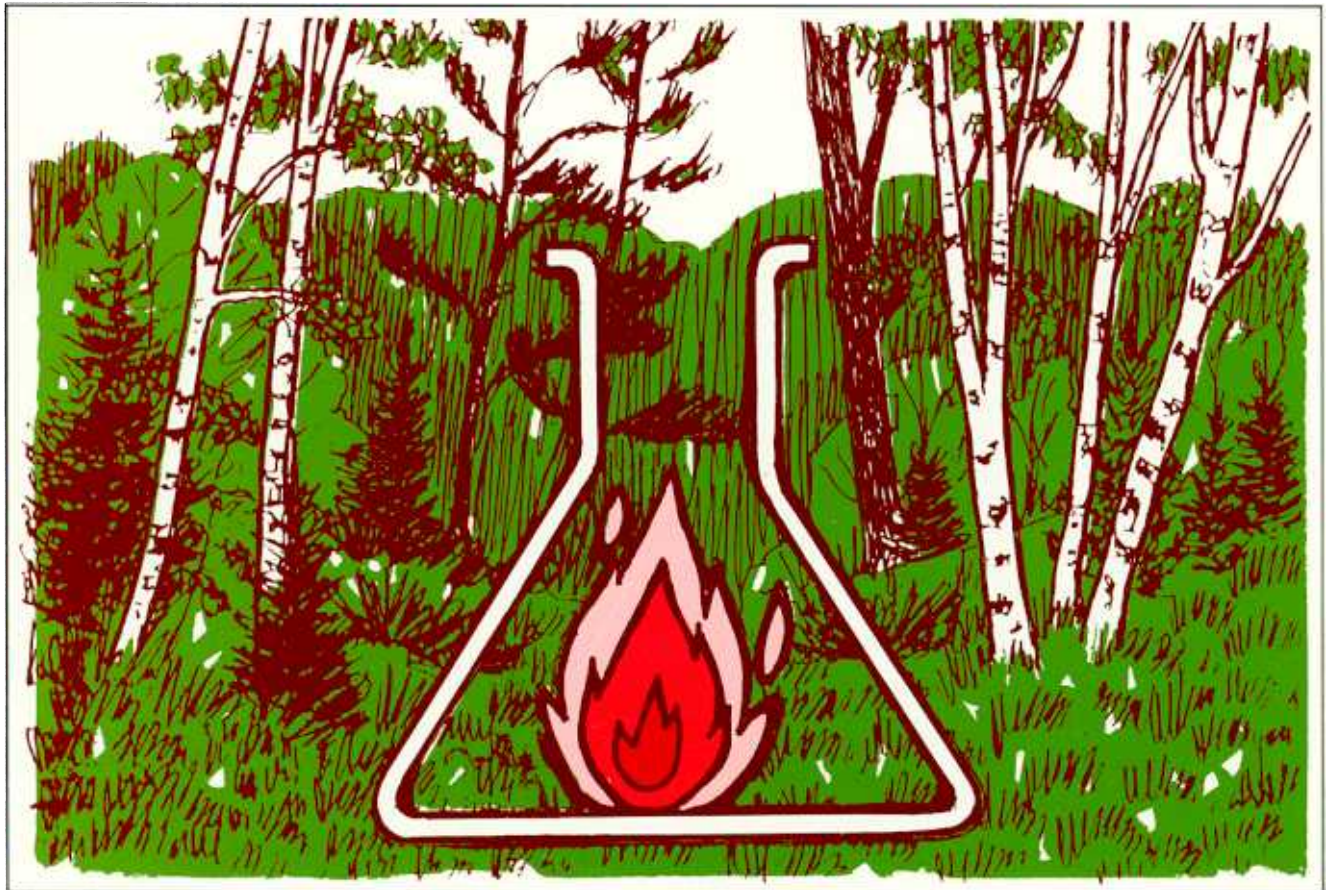




**Annotated bibliography
of ENFOR biomass reports
1979 - 1990**

**Bibliographie annotée
des rapports ENFOR sur la biomasse
1979 - 1990**

**I.S. Alemdag and/et J. Richardson
Information report/Rapport d'information ST-X-6**



**Forestry
Canada** **Forêts
Canada**

Canada

**Forestry Canada is now part of the Department of Natural Resources Canada
Forêts Canada fait maintenant partie de Ressources naturelles Canada**

**Annotated bibliography of ENFOR biomass reports
1979 - 1990**

**Bibliographie annotée des rapports ENFOR sur la biomasse
1979 - 1990**

I.S. Alemdag and/et J. Richardson
Information report/Rapport d'information ST-X-6

ENFOR Secretariat
Forestry Canada
351 St. Joseph Blvd.
Hull, Québec
K1A 1G5

Secrétariat ENFOR
Forêts Canada
351, boulevard Saint-Joseph
Hull (Québec)
K1A 1G5

© Minister of Supply and Services Canada 1993

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada
1993

Catalogue No. Fo29-33/6-1990
ISBN 0-660-58853-6

N° de catalogue Fo29-33/6-1990
ISBN 0-660-58853-6

Additional copies of this publication are available in
limited quantities at no charge from :

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ottawa, Ontario
K1A 1G5

Un nombre restreint d'exemplaires de cette publication
sont disponibles gratuitement auprès de :

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario)
K1A 1G5

Copies or microfiches of this publication may be
purchased from :

Micromedia Ltd.
Place du Portage
165 Hôtel-de-Ville
Hull, Québec
J8X 3X2

Des copies ou microfiches de cette publication sont en
vente chez :

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

**CANADIAN CATALOGUING IN PUBLICATION
DATA**

Alemdag, I.S.

Annotated bibliography of ENFOR biomass reports
1979-1990 = Bibliographie annotée des rapports ENFOR
sur la biomasse 1979-1990

(Information report = Rapport d'information; ST-X-6)
Text in English and French.

Issued by the Science and Sustainable Development
Directorate.

ISBN 0-660-58853-6

DSS cat. no. Fo29-33/6-1990

1. Forest biomass -- Canada -- Bibliography.
2. Biomass energy -- Canada -- Bibliography.
- I. Richardson, J. (James). II. Canada. Forestry Canada.
- III. Canada. ENFOR Secretariat. IV. Title. V. Title;
Bibliographie annotée des rapports ENFOR sur la biomasse
1979-1990. VI. Series : Information report (Canada.
Forestry Canada); ST-X-6.

Z5991.A43 1993 016.662'88 C93-099592-9E

**DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT
PUBLICATION (CANADA)**

Alemdag, I.S.

Annotated bibliography of ENFOR biomass reports
1979-1990 = Bibliographie annotée des rapports ENFOR
sur la biomasse 1979-1990

(Information report = Rapport d'information; ST-X-6)
Texte en français et en anglais.

Publ. par la Direction générale des Sciences et du
développement durable.

ISBN 0-660-58853-6

N° de cat. MAS Fo29-33/6-1990

1. Biomasse forestière -- Canada -- Bibliographie.
2. Biomasse -- Canada -- Bibliographie.
- I. Richardson, J. (James). II. Canada. Forêts Canada.
- III. Canada. Secrétariat du programme ENFOR. IV. Titre.
- V. Titre; Bibliographie annotée des rapports ENFOR sur la
biomasse 1979-1990. VI. Coll. : Rapport d'information
(Canada. Forêts Canada); ST-X-6.

Z5991.A43 1993 016.662'88 C93-099592-9E



Table of contents

Abstract	
The ENFOR biomass program	
Preface	
Chapter Bibliography with summaries	
1. Resource assessment	
2. Silviculture and forest management	79
3. Environmental effects and ecological aspects	101
4. Economics	176
5. Mechanization of harvesting, and utilization	188
Chapter II. Indexes	241
Index of authors	241
2. Index of title	249
Index by province, territory and region	261
4. Index of tree species	266
5. Index of added keywords	276
6. Productivity (P) project index	282
Index of projects by year	286
Forestry Canada establishments	

Table des matières

Résumé	
Le programme NFOR sur la biomasse	
Avant-propos	vii
Chapitre Bibliographie avec résumés	
Évaluation des ressources	
2. Sylviculture et aménagement forestier	
Effets sur l'environnement et aspects écologiques	
4. Rentabilité	176
Mécanisation de la récolte et utilisation	188
Chapitre II. Index	241
1. Index de auteurs	241
Index des titres	249
Index par province, par territoire et par région	265
4. Index des espèces des arbres	
5. Index des mots-clés ajoutés	279
6. Index des projets sur la productivité (P)	282
Index des projets par année	286
établissements de forêts Canada	288

Abstract

This annotated bibliography presents a compilation of all published and unpublished reports produced under Forestry Canada's ENFOR program of research and development on the production of forest biomass for energy purposes. The citations and summaries for 480 reports are included, covering the period from 1979 to 1990. These are arranged according to several broad subject areas. The reports are further categorized in a reference section which provides indices by tree species, geographic area, author, title and added keywords.

The ENFOR Program is funded by the federal Panel on Energy R&D (PERD).

Résumé

Cette bibliographie annotée comporte une compilation de tous les rapports publiés et non publiés provenant du programme ENFOR de Forêts Canada, un programme de recherche et de développement sur la production de biomasse forestière à des fins énergétiques. Elle présente les résumés de 480 rapports pour la période allant de 1979 à 1990. Ils sont organisés selon plusieurs domaines. Les rapports sont aussi classés par catégories d'espèces d'arbre, de région géographique, d'auteur, de titre et de mots-clé ajoutés.

Le programme ENFOR est subventionné par le Groupe ministériel de recherche et de développement sur l'énergie (GRDE).

The ENFOR biomass program

ENFOR was established in 1978 as part of a federal interdepartmental initiative to develop renewable energy sources. It is a contract research and development (R&D) program aimed at generating sufficient knowledge and technology to realize a marked increase in the contribution of forest biomass to Canada's energy supply.

Administered by Forestry Canada (FC), the ENFOR program deals with biomass supply matters such as inventory, growth, harvesting, processing, transportation, environmental impacts, and socioeconomic impacts and constraints (See Preface, p. vii, for a description of ENFOR objectives.). The program normally provides total funding for contracted studies, the results of which become the property of the federal government and are freely available to the public.

A technical committee oversees the program and develops priorities, assesses proposals, and makes recommendations. Approved projects are then contracted out to the private sector. Although most project ideas are generated by FC personnel, proposals from outside sources are welcomed. These proposals should be submitted through the appropriate regional establishments or FC headquarters. Proposals are assessed in November of each year. The program operates on the basis of the fiscal year, from April 1 to March 31. On average, about one million dollars are spent annually on ENFOR projects.

The program is coordinated by FC headquarters, but most projects are managed by one of the six regional FC centres or by the Petawawa National Forestry Institute (see Forestry Canada establishments, p. 287.)

Scientists at these establishments initiate project proposals in response to regional and national priorities; implement and manage approved projects; carry out in-house R&D; and prepare information reports. A scientific authority is assigned to each project to follow its progress and serve as the principal contact between the contractors and ENFOR program managers. The involvement of

Le programme ENFOR sur la biomasse

Établi en 1978 dans le cadre d'une initiative fédérale interministérielle ayant pour but l'exploitation des sources d'énergie renouvelables, ENFOR est un programme de contrats de recherche et de développement (R.-D.) visant à accroître les connaissances et générer les techniques susceptibles de faire augmenter notablement l'apport de la biomasse forestière aux réserves énergétiques du Canada.

Administré par Forêts Canada (FC), le programme ENFOR porte sur les questions d'approvisionnement en biomasse : inventaire, croissance, récolte, traitement et transport des ressources, répercussions sur l'environnement, effets socio-économiques et contraintes qui en découlent (une description des objectifs du programme ENFOR figure à l'avant-propos p. vii.). Habituellement, le programme finance entièrement les études effectuées sous contrat; les résultats de ces études deviennent la propriété du gouvernement fédéral qui les met à la disposition du public.

Le programme relève d'un comité technique qui élabore les priorités, évalue les propositions et soumet ses recommandations. Les projets approuvés sont ensuite donnés sous contrat au secteur privé. Bien que le personnel de FC conçoive la plupart des idées de projet, les propositions venant de l'extérieur sont accueillies avec plaisir. Elles doivent être soumises aux établissements régionaux ou à l'administration centrale de FC. L'évaluation de ces propositions se fait chaque année en novembre. Le programme fonctionne selon une année financière allant du 1^{er} avril au 31 mars. En moyenne, on consacre à peu près un million de dollars par année aux projets ENFOR.

La coordination du programme relève de l'administration centrale des FC, mais la plupart des projets sont administrés par l'un des six centres régionaux de FC ou par l'Institut forestier national de Petawawa (voir Établissements de Forêts Canada, à la p. 288).

Les scientifiques de ces établissements formulent des projets correspondant aux priorités régionales et

regional personnel provides the local perspective necessary to ensure the success of this national program.

Study results are either distributed as contractors' reports, or published in the FC Information Report series or technical journals. For comprehensive and detailed reports on the work or for general information, write or telephone your nearest FC regional centre or the ENFOR Secretariat at FC headquarters (see Forestry Canada establishments, p. 287). To have your name added to the national mailing list, write to the ENFOR Secretariat.

Note : During the first six years of the ENFOR program, numerous biomass conversion projects were undertaken. Responsibility for this topic has since moved to Energy, Mines and Resources Canada. For more information, please contact that Department at the Bioenergy Group, 580 Booth Street, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0E4. (613) 996-6226.

nationales, administrent les projets approuvés, font des travaux de R.-D. et rédigent des rapports d'information. Chaque projet relève d'un responsable scientifique qui en suit l'évolution et sert de lien entre les entrepreneurs et les gestionnaires du programme ENFOR. La participation du personnel régional assure la perspective locale essentielle au succès de ce programme national.

Les résultats des études paraissent sous forme de rapport de l'entrepreneur, de rapport d'information de FC ou encore dans des revues techniques. Pour obtenir des rapports complets et détaillés sur les travaux ou de plus amples renseignements, les intéressés sont priés d'écrire ou de téléphoner au centre régional de FC le plus proche ou au Secrétariat d'ENFOR, à l'administration centrale de FC (voir Établissements de Forêts Canada, p. 288). Il suffit d'écrire au Secrétariat d'ENFOR pour être inscrit sur la liste d'envoi nationale.

Nota : Au cours des six premières années du programme ENFOR, le secteur de la conversion de la biomasse a fait l'objet de nombreux projets. La responsabilité de ce secteur relève maintenant d'Énergie, Mines et Ressources Canada. Pour obtenir des renseignements, il faut s'adresser au Groupe de la bioénergie, 580, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E4. (613) 996-6226.

Preface

After the energy crisis of the 1970s due to fuel shortage, petroleum-dependent countries started to seek alternative energy sources, mainly through renewable resources. Canada, with its abundance of forest resources, initiated a research and development program in 1978 called ENFOR: Energy from the Forest. Its main objectives were: (1) to assess, in the event of an emergency, the quantity of wood available for energy including standing timber and residues, known as biomass; (2) to study fast-growing tree species for energy plantations; (3) to establish the most suitable harvesting methods to preserve the growing balance of trees and stands, and to practise these methods most economically; (4) to find the effects of biomass harvesting on the forest soil in particular and on the environment in general; and (5) to improve or innovate methods for converting biomass into liquid or gaseous fuels. Through the years, several projects were generated through ENFOR and many technical and scientific reports were written dealing with various topics. These projects are classified into two categories: Productivity or P projects and Conversion or C projects.

The aim of this bibliography has been to compile all published and unpublished reports on productivity only, and to present them with their report summaries in an accessible format. Consequently 480 reports, covering a period from 1979 to 1990, were compiled and categorized under several detailed subjects. They were then placed in five subject groups, as shown in the table of contents, and are identified by a reference number and author(s). These reports have either an English summary, a French summary, or both. Please note that even though some reports in Chapter I (the main section of this bibliography) look identical, they differ in their contents or publishing media, or by the fact that one is simply an abstract of the full report. Chapter II is the reference section and contains seven indexes for reference purposes. Within each index, for a given keyword, reports are identified by their reference numbers, as listed in Chapter I.

Avant-propos

Par suite de la crise de l'énergie des années 1970, imputable à la pénurie de pétrole, les pays consommateurs se sont engagés dans la recherche de nouvelles sources d'énergie, renouvelables surtout. Bien nanti de ressources forestières, le Canada a mis sur pied, en 1978, un programme de recherche et de développement appelé ENFOR, Énergie de la Forêt. Les principaux objectifs de ce programme étaient : (1) d'évaluer, dans l'éventualité d'une urgence, les volumes de bois disponibles pour la production d'énergie, y compris les volumes sur pied et les volumes de résidus, désignés sous l'appellation de biomasse; (2) d'étudier les essences à croissance rapide pour les plantations énergétiques; (3) d'établir les méthodes de récolte qui conviennent le mieux à la sauvegarde du reste des arbres et des peuplements en croissance et d'appliquer ces méthodes de la façon la plus économique possible; (4) de déterminer les effets de la récolte de la biomasse sur le sol forestier en particulier, et sur l'environnement en général; (5) d'améliorer les méthodes de transformation de la biomasse en combustibles liquides ou gazeux ou d'en trouver de nouvelles. Au fil des ans, plusieurs projets ont vu le jour grâce à ENFOR, et de nombreux rapports techniques et scientifiques ont été rédigés sur divers sujets. Ces projets se répartissent en deux catégories : les projets sur la productivité, dits projets P; et les projets sur la conversion, dits projets C.

La présente étude a pour but de compiler tous les rapports publiés et inédits découlant des projets P, et de les présenter, grâce à leurs résumés, au bénéfice des intéressés. En conséquence, 480 rapports, qui vont de 1979 à 1990, ont été rassemblés et classés selon plusieurs sujets détaillés. On les a ensuite regroupés sous cinq rubriques, tel que l'indique la table des matières. Ces projets sont identifiés par un numéro de renvoi et par leur(s) auteur(s). Ces rapports comportent soit un résumé en anglais, soit un résumé en français, soit les deux. Dans la bibliographie, même si certains rapports peuvent sembler identiques, ils diffèrent par leur teneur, par le médium de publication, ou par le fait que l'un est simplement le résumé du rapport complet. Le premier chapitre constitue la partie

A copy of all reports is stored at the ENFOR Library at the Forestry Canada headquarters. Mots of the reports are available free of charge from Forestry Canada's regional centres (see p. 287).

Despite our best effort to include all of these reports, some may still be missing from the bibliography; therefore, we would be appreciative of any new information to be incorporated into the next bibliography.

Finally, we gratefully acknowledge the assistance received from Caroline Cook for data entry and computer programming.

principale de cette bibliographie. Le deuxième chapitre est la section des renvois, qui contient sept index qui servent aux renvois. Dans chaque index, pour un mot-clé donné, on donne le numéro de référence d'un ou de plusieurs rapports, numéros qui sont les mêmes que ceux du premier chapitre.

La bibliothèque ENFOR, à l'administration centrale de Forêts Canada, détient un exemplaire de tous les rapports. La plupart peuvent être obtenus à titre gracieux en en faisant la demande aux centres régionaux de Forêts Canada (voir p. 288).

Malgré tout le soin que nous avons mis à réunir ces rapports, il se peut que des titres manquent encore à cette bibliographie. Nous vous saurions donc gré de nous faire parvenir tout renseignement susceptible d'être intégré à la prochaine bibliographie.

En dernier lieu, nous sommes reconnaissants à Caroline Cook de l'aide qu'elle nous a donnée pour l'entrée des données et la programmation.

Chapter I

Bibliography with summaries

1. Resource assessment	3
2. Silviculture and forest management	79
3. Environmental effects and ecological aspects	107
4. Economics	176
5. Mechanization of harvesting, and utilization	188

Chapitre I

Bibliographies avec résumés

1. Évaluation des ressources	3
2. Sylviculture et aménagement forestier	79
3. Effets sur l'environnement et aspects écologiques	107
4. Rentabilité	176
5. Mécanisation de la récolte, et utilisation	188

1. Resource assessment/Évaluation des ressources

1. ALDRED, A.H.; ALEMDAG, I.S. 1988. Guidelines for forest biomass inventory. Agric. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-77. 85 p. + app.

This manual describes procedures for including forest biomass assessment in forest inventory. The procedures cover the collection of data in the field, laboratory analysis, development of single-tree biomass equations, and application of the

equations to both current and proposed new inventories. This manual also provides statistical knowledge related to the biomass inventories and to the development and use of the equations. It is an expansion of an earlier report by Alemdag (1980), and is a more comprehensive one.

Voir 2 pour le français.

2. ALDRED, A.H.; ALEMDAG, I.S. 1988. Lignes directrices pour l'inventaire de la biomasse forestière. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-77F. 74 p. + ann.

Ce manuel décrit des méthodes qui permettent d'inclure une évaluation de la biomasse forestière dans un inventaire des forêts. Ces méthodes englobent la prise de données sur place, l'analyse en laboratoire, l'élaboration d'équations pour la biomasse des arbres individuels et l'application des

équations à de nouveaux inventaires en cours ou envisagés. Ce manuel fournit des connaissances statistiques reliées aux inventaires de biomasse et à l'élaboration et l'utilisation des équations. Il développe et complète un rapport précédent d'Alemdag (1980).

See 1 for English.

3. ALDRED, A.H.; NIELSEN, U.; SAYN-WITTGENSTEIN, L. 1980. Logging residue inventory by low-altitude aerial photography. Pages 275-279 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

The accuracy and efficiency of logging residue inventories by low-altitude photography was evaluated on a recently logged area near Mont-Laurier, Quebec. Forty samples, each a 10-m line transect, were measured on the ground and on aerial photographs. Aerial photography was found to offer significant advantages under some conditions. Photogrammetric, office and field procedures are described; guidelines and recommendations for future surveys are given.

Nous avons évalué la précision et l'efficacité de l'utilisation de photographies aériennes à basse altitude pour dresser des inventaires des déchets d'abattage dans une région récemment exploitée près de Mont-Laurier, au Québec. Quarante transects de 10 m ont fait l'objet d'inventaires au sol et d'inventaires par photographie aérienne. Les photographies aériennes présentent d'importants avantages dans certaines conditions. Nous décrivons les méthodes de photogrammétrie, d'analyse et d'inventaire sur le terrain et nous formulons des directives et des recommandations en vue d'inventaires futurs.

4. ALDRED, A.H.; SAYN-WITTGENSTEIN, L. 1981. Procedures for producing forest biomass statistics in Newfoundland forest inventory program. Pages 71-75 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

The objectives of this project were: (1) to develop techniques for converting existing conventional forest management inventory data to biomass quantities; (2) to develop procedures for estimating the biomass of trees and shrubs not included in the present forest inventory (trees with diameter at breast height of less than 9 cm, non-commercial trees and shrubs); and (3) to modify and test field procedures to facilitate the collection of data for future biomass inventory.

Detailed procedures were accordingly developed, field-tested on a pilot area, and documented as a biomass field guide and data handling manual. This report contains the results of extensive statistical analysis of tree biomass data collected during an earlier ENFOR biomass project.

Les objectifs du projet sont : (1) mettre au point des techniques de conversion des données existantes sur les inventaires classiques de gestion forestière en quantités de biomasse, (2) mettre au point des méthodes d'estimation de la biomasse des arbres et des arbustes non-inclus dans l'inventaire forestier actuel (arbres de diamètre inférieur à 9 cm à hauteur de poitrine, arbres et arbustes non commerciaux), et (3) modifier et éprouver des méthodes de travail sur le terrain pour faciliter la collecte des données destinées aux futurs inventaires de la biomasse.

Ainsi, des méthodes détaillées ont été mises au point, éprouvées sur le terrain dans une région pilote, et décrites dans un guide pratique de la biomasse et dans un manuel de traitement des données. Le présent rapport comporte les résultats d'une analyse statistique poussée des données sur la biomasse des arbres, recueillies dans le cadre d'un projet ENFOR antérieur sur la biomasse.

5. ALEMDAG, I.S. 1980. Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-4. 11 p. + app.

This report describes an attempt to develop a standard method of collecting field data and processing so that relationships may be established between the aboveground biomass of standing timber and conventional measurable variables. Because numerous studies of this nature are being, and will be, conducted for various tree species and forest types, the intent of the report is to encourage uniformity of approach and expression of results. The proposed data collection procedure is

organized so as to provide information for developing single-tree mass functions, constructing mass yield tables, and converting volumetric inventory figures into mass. The manual covers both sample plot and sample tree measurements in the field, and describes laboratory methods. The data are recorded on FORTRAN coding forms; samples are included in the manual. Definitions, standards of measurement, lists of equipment, tree species codes, and a method for determining wood density are also provided.

Voir 6 pour le français.

6. ALEMDAG, I.S. 1980. Manuel de collecte et de traitement des données pour l'établissement des relations de la biomasse forestière. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-4. 7 p. + ann.

Ce rapport décrit un essai d'élaboration d'une méthode standardisée pour l'obtention de données de terrain et leur traitement en laboratoire de façon à pouvoir rétablir des relations entre la biomasse aérienne des arbres sur pied et des variables conventionnelles mesurables. Étant donné que de nombreuses études de cette nature sont et seront faites pour diverses espèces d'arbres et divers types de forêts, l'auteur se propose ici de favoriser l'uniformité dans l'approche et dans l'expression des résultats. La méthode proposée pour l'acquisition de données est

organisée de fournir des données sur le développement de fonctions de masse par arbres, la constitution de tables de production de masse et la conversion en masse des données volumétriques inventoriées. Le manuel couvre à la fois le mesurage sur le terrain de la placette-échantillon et celui de l'arbre-échantillon, et décrit les méthodes à utiliser en laboratoire. Les données sont enregistrées sur des formules de codification Fortran dont des exemplaires sont inclus dans ce manuel qui présente également des définitions, des normes de mesurage, des listes d'équipement, des codes d'espèces d'arbres et une méthode pour déterminer la densité du bois.

See 5 for English.

7. ALEMDAG, I.S. 1981. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-6. 9 p.

Aboveground oven-dry masses of tree components and total trees for six hardwood species from natural stands were studied at the Petawawa National Forestry Institute's research forest in eastern Ontario. Eighteen sample plots were measured, and 197 sample trees 0.1 cm and greater in diameter at breast height outside bark were cut, weighed and

processed for their oven-dry mass. Wood densities were also taken. Regression equations based on tree variables of diameter at breast height outside bark and height were developed for the oven-dry mass of forest-grown individual trees by components. Relationships among various parameters of tree mass were also established. In addition, average oven-dry mass of stands was calculated. Results were summarized in tables.

Voir 8 pour le français.

8. ALEMDAG, I.S. 1981. Équations de masse pour la portion épigée de six essences de feuillus dans des peuplements naturels de la forêt expérimentale de Petawawa. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-6F. 10 p.

La masse anhydre de la portion épigée des différentes parties et de la totalité des arbres appartenant à six espèces de feuillus a été mesurée dans des peuplements naturels de la forêt expérimentale de l'Institut forestier national de Petawawa, dans l'est de l'Ontario. On a divisé le terrain en dix-huit parcelles, et on a coupé

et pesé avant et après séchage à l'étuve 197 arbres présentant un diamètre à hauteur de poitrine avec écorce égal ou supérieur à 0,1 cm. On a aussi mesuré la masse volumique du bois. On a élaboré des équations de régression donnant la masse anhydre d'arbres individuels cultivés en forêt, selon les différentes parties et en fonction du diamètre à hauteur de poitrine avec écorce et de la taille. On a

aussi établi des relations entre les divers paramètres de masse des arbres. En outre, on a calculé la valeur moyenne de la

masse anhydre des peuplements. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux.

See 7 for English.

9. 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.* 58:26-30.

Standard equations for aboveground oven-dry mass of jack pine, black spruce, white spruce, and balsam fir were developed for the components and for whole trees or single stems grown in natural stands in Ontario. The relationships between the component and the stem wood oven-dry masses and those between the oven-dry and the green masses were determined. Distribution of oven-dry mass within the stem wood of merchantable trees was established. Wood densities were calculated, and comparisons of stem wood oven-dry mass were made between the equations developed here and those found in other reports.

On a mis au point des équations-types pour déterminer la masse anhydre au-dessus du sol de parties de l'arbre et de l'arbre entier (sur tige unique) de pin gris, d'épinette noire, d'épinette blanche et de sapin baumier de peuplements naturels de l'Ontario. On a établi des rapports entre la masse anhydre des parties de l'arbre et du bois de tige ainsi qu'entre les masses anhydres et vertes. On a également établi la répartition de la masse anhydre dans le bois de tige d'arbres commercialisables. On a calculé la densité du bois et on a comparé la masse anhydre de bois de tige obtenue au moyen de nos équations et de celles d'autres rapports.

10. ALEMDAG, I.S. 1982. Biomass of the merchantable and unmerchantable portions of the stem. *Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-20.* 10 p. + app.

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.

Voir 12 pour le français.

11. ALEMDAG, I.S. 1982. Methods of estimating forest biomass from stand volumes: A case study with Ontario jack pine. *Pulp and Paper Canada* 83(9): 41-43.

One of the main problems that is being encountered at this early stage of investigating biomass relationships is how to express conventionally collected forest inventory data in terms of mass. There will be no problem, of course, if the full stand data are available by tree species, dbh and h, and the appropriate single-tree mass equations have been determined as well. In the absence of these single-tree data,

En ce début de l'étude des relations où intervient la biomasse, l'une des principales difficultés est d'exprimer en unités de masse les données de l'inventaire forestier recueillies de façon traditionnelle. Évidemment tout est simple si l'ensemble complet des données sur un peuplement est ventilé selon les essences, le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur, et si l'on a déterminé les équations correctes de masse par arbre. Toutefois, faute de données sur chaque arbre, on peut

however, some fairly reliable mass estimates can still be made if the mass/volume relationships have been established, as demonstrated here, either on the basis of total per hectare values or by diameter class. The choice of method depends entirely on the nature of the existing inventory data.

néanmoins en arriver à des estimations de la masse qui sont assez dignes de confiance si on a établi les rapports de la masse au volume, comme on le démontre ici, soit à l'hectare, soit par classe de diamètre. Le choix de la méthode dépend entièrement de la nature des données actuelles d'inventaire.

12. ALEMDAG, I.S. 1983. Biomasse des parties marchandes et non marchandes de la tige. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-20F. 11 p. + ann.

Des équations de biomasse ont été établies pour neuf espèces d'arbres. 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.

See 10 for English.

13. ALEMDAG, I.S. 1983. Équations de masse et facteurs de la qualité marchande de résineux de l'Ontario. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-23F. 9 p. + ann.

Des équations ont été mises au point pour dix espèces de résineux de l'Ontario afin d'évaluer la biomasse d'arbres particuliers d'après leurs principales composantes. Ces équations, fondées sur le diamètre à hauteur de poitrine avec écorce et sur la hauteur totale de l'arbre, donnent une évaluation directe de la masse anhydre.

Des équations ont également été mises au point pour prévoir les pourcentages de masse anhydre des composantes marchandes et non marchandes de la tige. Ces équations sont fondées sur le diamètre marchand au fin bout de la tige et sur le diamètre marchand à hauteur de poitrine avec écorce ou sur la hauteur marchande et la hauteur totale de l'arbre.

See 14 for English.

4. ALEMDAG, I.S. 1983. Mass equations and merchantability factors for Ontario softwoods. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-23. 6 p. + app.

Equations for estimating biomass of single trees by their major components were developed for ten Ontario softwood species. These equations, based on diameter at breast height outside bark and total tree height, directly estimate the

ovendry mass. Equations for predicting ovendry mass percentages of the merchantable and unmerchantable components of the stem were also developed. These are based on merchantable top diameter and diameter at breast height outside bark, or merchantable height and total tree height.

Voir 13 pour le français.

15. ALEMDAG, I.S. 1984. Total-tree and merchantable stem biomass equations for Ontario hardwoods. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-46. 9 p. + app.

Aboveground biomass equations for single trees of 19 hardwood species of Ontario were developed. These equations are for estimating biomass (a) in terms of oven-dry mass for the main components of trees based on diameter at breast height and tree height and (b) in terms of percent of the total stem mass for the merchantable and

unmerchantable portions of the stem on the basis of either breast height diameter and merchantable diameter, or tree height and merchantable height. In addition, several other biomass relationships were established. Computer-produced tables for preparing the data for analysis are included in this report, and application of the prediction equations is demonstrated.

Voir 16 pour le français.

16. ALEMDAG, I.S. 1985. Équations de biomasse d'arbres entier et de la tige marchande pour les feuillus de l'Ontario. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-46F. 9 p. + ann.

Des équations ont été établies pour la biomasse de la partie épicée d'arbres individuels de 19 espèces feuillues de l'Ontario. Ces équations permettent d'estimer : (a) la biomasse anhydre des principales composantes des arbres à partir du diamètre à hauteur de poitrine et de la hauteur de l'arbre, et (b) le pourcentage de la masse des parties marchandes et non

marchandes de la tige par rapport à la masse totale de la tige, soit à partir du diamètre à hauteur de poitrine et du diamètre marchand, ou de la hauteur de l'arbre et de la hauteur marchande. En outre, plusieurs autres relations pour la biomasse ont été établies pour la biomasse. On trouvera dans le rapport des tables produites par ordinateur servant à préparer les données pour l'analyse, et une démonstration de l'application des équations.

See 15 for English.

17. ALEMDAG, I.S. 1986. Estimating oven-dry mass of trembling aspen and white birch using measurements from aerial photography. Can. J. For. Res. 16:163-165.

A pilot study tested the estimation of stem, crown and whole-tree biomass of single trees from measurements of total tree height and crown area taken from large-scale aerial photographs. The results indicated the feasibility of this method, provided the time of photography is optimal. More extensive testing is required to confirm these encouraging preliminary results.

Par une étude pilote, on a vérifié l'estimation de la biomasse de la tige, de la cime et de l'arbre entier à partir de la hauteur totale de l'arbre et du couvert vertical au sol, mesurés à partir de photographies aériennes à grande échelle. Les résultats ont montré que cette méthode était praticable, à la condition que les photographies soient prises à un moment optimal. Afin de confirmer ces premiers résultats encourageants, il est nécessaire de procéder à une étude plus approfondie.

18. ALEMDAG, I.S.; BONNOR, G.M. 1985. Biomass inventory of federal forest lands at Petawawa: A case study. For. Chron. 61:81-86.

An inventory of federal forest lands located near Petawawa, Ontario was completed. Using established procedures, the inventory was designed to provide estimates of standard forest data as well as forest biomass.

The average oven-dry biomass on the 18 337 ha of natural forests was 130 t/ha. For individual forest strata, averages ranged from 69 t/ha to 159 t/ha. By stand component, trees equal to or greater than 8.1 cm dbh contained 96% of total biomass, saplings contained 3% and seedlings 1%. By tree component, stem wood accounted for 66% of total biomass. Estimates were made of biomass quantities removed; they range from 69% to 95% of total stand biomass, depending on harvesting method.

An assessment of changes required in conventional inventory procedures for estimating aboveground biomass indicated that they would be minor, with no serious effects on cost, time or precision.

On a procédé à un inventaire des terres forestières fédérales près de Petawawa, en Ontario. Cet inventaire, réalisé suivant des méthodes bien connues, visait à produire des estimations des paramètres habituels des ressources forestières ainsi que des estimations de la biomasse forestière.

La biomasse a été évaluée à 130 t/ha (valeur anhydre moyenne) sur les 18 337 ha de forêt naturelle. Les moyennes pour les diverses strates de la forêt varient entre 69 et 159 t/ha. Si on considère les composantes des peuplements, les arbres dont le dhp est égal ou supérieur à 8,1 cm représentent 96 % de la biomasse totale, les gaules, 3 % et les semis, 1 %. En ce qui concerne les parties de l'arbre, le bois de tige constitue 66 % de la biomasse totale. Par ailleurs, on a estimé le pourcentage de la biomasse qui est prélevée, selon le mode d'exploitation; il varie entre 69 et 95 % de la biomasse du peuplement total.

Une étude des modifications devant être apportées aux méthodes classiques d'inventaire pour pouvoir estimer la biomasse aérienne a indiqué que ces modifications seraient mineures et qu'elles n'influeraient pas de façon importante sur les coûts, le temps de travail et la précision.

19. 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. 57:169-173.

Oven-dry mass of single trees of trembling aspen, largetooth aspen and white birch in the Great Lakes - St. Lawrence and Boreal forest regions in Ontario was studied in relation to stem dimensions. Mass equations for tree components based on diameter at breast height outside bark and tree height were developed. Results were found more dependable for stem wood and the whole tree than for stem bark, live branches and twigs plus leaves. Oven-dry mass values were slightly higher than those reported for New York and northern Minnesota.

On a comparé aux dimensions de leurs tiges, la biomasse anhydre de peupliers faux-trembles, de peupliers à grandes dents et de bouleaux à papier de la région boréale ainsi que de la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent. On a établi des équations de biomasse des éléments d'arbre selon le diamètre à hauteur de poitrine, le diamètre avec écorce et la hauteur totale. Les résultats se sont révélés plus sûrs dans les cas du bois de tige et de l'arbre entier que dans ceux de l'écorce de tige, des branches fraîches et des brindilles avec feuilles. Les masses anhydres en question sont légèrement supérieures à celles des arbres de l'État de New York et du nord du Minnesota.

20. ALEMDAG, I.S.; STIELL, W.M. 1982. Spacing and age effects on biomass production in red pine plantations. For. Chron. 58:220-224.

Data and wood samples were collected from 155 trees in 16 high-survival, unthinned plantations of red pine (*Pinus resinosa* Ait.) near Chalk River, Ontario, aged 27 to 54 years, with initial spacings of 1.52 × 1.52 m to 4.27 × 4.27 m. Following standard weighing and drying procedures, oven-dry mass values of the whole tree and/or their individual components were calculated, and regressions developed to relate mass values to stem dimensions of diameter at breast height (d) and total height (h), and to determine what effects the initial spacing and stand age had on those relations. Single-tree equations based simply on d and h gave satisfactory mass estimates only for the whole tree and for the component stem bark. For other components the addition of spacing and age showed successive improvements in the estimates over those provided by d²h alone.

On a récolté des données ainsi que des échantillons de bois sur 155 arbres, dans seize plantations, non éclaircies et à taux élevé de survie, de pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) de la région de Chalk River en Ontario, âgés de 27 à 54 ans et dont l'espacement initial variait de 1,52 m sur 1,52 à 4,27 m sur 4,27. À l'aide de méthodes normalisées de pesage et de séchage, on a calculé la masse anhydre des arbres entiers et/ou de chacun de leurs constituants, et on a élaboré des régressions afin de corrélérer la masse au diamètre à hauteur de poitrine (d) et à la hauteur totale (h) et de déterminer les effets de l'espacement initial et de l'âge du peuplement sur ces corrélations. On a obtenu des estimations satisfaisantes de la masse de l'arbre et de celle de l'écorce de la tige à l'aide d'équations établies pour un seul arbre à partir simplement de d et h. Quant aux autres constituants, l'espacement et l'âge ont permis d'en améliorer successivement l'estimation, comparativement à celle que procurait d²h seulement.

21. APPLEBY, P.W. 1988. Hog fuel availability in the south coastal region of British Columbia: 1985. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-297. 24 p. + app.

In 1985, a total of 3 720 000 gravity packed units (GPUs) of hog fuel were produced in the south coastal region of British Columbia, of which 87%, or 3 250 000 units, were utilized and 13%, or 470 000 units, were surplus. Four percent of the total hog fuel produced was exported.

Sawmills were the major producers of hog fuel (71%). Pulp mills were the major users (70%). The major portion of the net available surplus is located at shingle and shake mills (39%) and sawmills (31%).

Of the 3 250 000 units of hog fuel utilized in 1985, 80% was for production of steam and power, 10% was pulp furnish, 4% was

En 1985, la région de la côte sud de la Colombie-Britannique a produit au total 3 720 000 unités tassées par gravité (UTG) de déchets de bois, dont 87 % de la production, ou 3 250 000 unités, a été utilisée. Il y a donc eu un surplus de 470 000 unités, ou 13 %. Quatre pour cent de la production totale a été exportée.

Les principaux producteurs de déchets de bois ont été les scieries (71 %), tandis que les usines de pâtes ont constitué les principaux utilisateurs (70 %). La majeure partie du surplus disponible net se trouvait aux fabriques de bardeaux (39 %) et aux scieries (31 %).

Sur les 3 250 000 unités utilisées en 1985, 80 % l'ont été pour la production de vapeur et d'énergie, 10 %, pour la production de pâtes, 4 %, pour la

for "board" furnish and 6% was used for a diversity of "local" uses.

The net available surplus hog fuel can vary appreciably from year to year, depending on the level of production by the sawmill sector of the forest industry and the level of utilization by the pulp sector. Total hog fuel production and utilization in 1985 was very close to the current norm. Hog fuel production, utilization and surplus were all lower in 1985 than in 1977, when a similar study was undertaken. Changes in the production and utilization of hog fuel since 1985 could reduce the hog fuel surplus in 1987 to 230 000 GPUs.

fabrication de panneaux et 6 %, pour diverses utilisations locales.

La quantité excédentaire nette de déchets de bois disponibles peut varier énormément d'une année à l'autre, selon le niveau de production par le secteur des scieries de l'industrie forestière et selon le niveau d'utilisation par le secteur des pâtes. L'année 1985 est une année où la production et l'utilisation de déchets de bois ont été très près de la norme actuelle. Une étude similaire effectuée en 1977 avait indiqué une production, une utilisation et une quantité excédentaire de déchets de bois plus élevées qu'en 1985. Les changements survenus dans la production et l'utilisation des déchets de bois depuis 1985 pourraient avoir pour effet de réduire la quantité excédentaire à 230 000 UTG en 1987.

22. APPLEBY, P.W. 1989. Hog fuel availability in the north coastal and interior regions of British Columbia: 1986. For. Can., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-308. 4 p. + app.

In 1986, a total of 6.5×10^6 BDUs of hog fuel were produced of which 2.5×10^6 BDUs were utilized, and 4×10^6 BDUs were surplus. Two percent of the total hog fuel produced in 1986 was exported.

Of the 2.5×10^6 BDUs of hog fuel utilized in 1986, 84% was used for production of steam, power or heat, 12% for pulp furnish, 2% for particleboard production and 2% for a diversity of local uses within the north coastal and interior regions of British Columbia. Sawmills were the major producers of hog fuel (90%). Pulp mills were the major consumers of hog fuel (60%), followed by sawmills (30%). The major portion of the net available hog fuel surplus (94%) is located at sawmills.

The net available surplus hog fuel could vary appreciably from year to year, depending on the relative operating levels of the wood product and pulp sectors of the forest industry. Hog fuel production and utilization in 1986 were both significantly higher than in 1976, when a previous study was undertaken. However, the net available surplus hog fuel was close to 4×10^6 BDUs in both 1976 and 1986. It is expected that gradual decreases

En 1986, la production de déchets de bois s'est élevée à $6,5 \times 10^6$ unités anhydres; nous en avons utilisé $2,5 \times 10^6$ unités, ce qui laisse un surplus de 4×10^6 unités anhydres, et avons exporté 2 pour cent de la production totale.

Quatre-vingt-quatre pour cent des $2,5 \times 10^6$ unités anhydres de déchets de bois ont servi à la production de vapeur, d'énergie ou de chaleur, 12 pour cent à la fabrication de pâte à papier, 2 pour cent à la fabrication de panneaux de particules de bois et 2 pour cent à diverses utilisations locales sur la côte nord et les régions intérieures de la Colombie-Britannique. Les principaux producteurs de déchets de bois étaient les scieries (90 %), les principaux consommateurs étant les fabriques de pâte (60 %), suivies par les scieries (30 %). Ce sont les scieries qui ont le plus fort pourcentage de surplus net disponible de déchets de bois (94 %).

Le surplus net disponible de déchets de bois pourrait varier considérablement d'année en année, selon l'activité des secteurs des produits de bois et de la pâte de bois dans l'industrie forestière. Le volume du niveau de production et d'utilisation de déchets de bois en 1986 était considérablement plus élevé que celui constaté en 1976 à la suite d'une autre étude sur le sujet. Cependant, le surplus net disponible de déchets de bois était de presque 4×10^6 unités anhydres tant en 1976 qu'en 1986.

in total hog fuel production and gradual increases in total hog fuel utilization will result in a gradual decrease in hog fuel surpluses under average mill operating levels.

On s'attend à ce qu'une diminution graduelle de la production totale de déchets de bois et une augmentation graduelle de l'utilisation totale entraînent une diminution progressive des surplus de déchets de bois, dans des conditions normales d'exploitation industrielle.

23. BÉLANGER, J. 1981. Inventory of logging residue in western white spruce and lodgepole pine stands. Pages 77-81 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

The line intersect method was used to inventory downed logging residue from tree-length operations in western white spruce and lodgepole pine stands near Hinton, Alberta. For comparison purposes, the logging residue on 15 circular sample plots, each containing 0.04 ha, was weighed.

On a utilisé la méthode des transects pour faire l'inventaire des résidus d'abattage provenant de l'exploitation des fûts d'épinette blanche de l'ouest et de pin tordu près de Hinton (Alberta). À des fins de comparaison, on a pesé les résidus contenus dans 15 parcelles d'échantillons circulaires de 0,04 ha.

24. BÉLANGER, J.; DUMONT, J.-M.; BÉLANGER, G. 1981. Inventaire de la biomasse forestière résiduelle après coupe dans l'ouest canadien. FERIC, Rapp. spec. RS-17 (ENFOR P-28). 57 p. + ann.

L'inventaire de la biomasse forestière résiduelle s'est effectuée en 1980 en Alberta, dans une pessière à épinette blanche et une pinède à pin tordu. La matière ligneuse issue de ces types de peuplements était récoltée selon la méthode des bois en longueur.

avait pour but de comparer l'efficacité des deux méthodes d'inventaire : la technique des transects, d'une part, et la méthode de la pesée, d'autre part.

Les principaux résultats sont les suivants (en poids anhydres) : pin tordu : (pesée) - 34,25 t/ha; (transect) - 32,21 t/ha; épinette blanche : (transect) 40,93 t/ha.

En plus d'évaluer les quantités de matériel disponible à des fins énergétiques, l'étude

See 26 for English.

25. BÉLANGER, J.; DUMONT, J.-M.; BÉLANGER, G. 1984. Inventory of forest biomass left after logging. FERIC, Spec. Rep. SR-13 (ENFOR P-28). 104 p. + app.

In 1979, four major forest types were the subject of a study intended to make an assessment of the residual forest biomass resulting from the use of various logging methods. Black spruce, jack pine, sugar maple and balsam fir types were selected for this study. Logging operations were carried out according to one of the following methods: tree-length, full-tree or shortwood. In Phase 1 of the project, sites

were inventoried before logging using 0.04 ha sample plots. In Phase 2 the sample plots used in Phase 1 were relocated after logging in order to quantify the residues made up of tops, branches, green stems and dead stems. All residues found in the plot were weighed in their green condition and the moisture content of each category of residue was measured. The overall oven-dry weight included the weight of stumps (aboveground portion) as well as residual trees. The following are the oven-dry

weights (t/ha) for three logging operation methods in four stand types:
Tree-length - black spruce 56.4, jack pine

50.7, sugar maple 77.2, balsam fir 81.2; full-tree - black spruce 25.8, jack pine 32.9, balsam fir 72.4; shortwood - black spruce 75.3.

Voir 27 pour le français.

26. BÉLANGER, J.; DUMONT, J.-M.; BÉLANGER, G. 1984. Inventory of forest biomass left after logging in western Canada. FERIC, Spec. Rep. SR-17 (ENFOR P-28). 41 p. + app.

Two forest stands located in the province of Alberta, Canada, one of white spruce and one of lodgepole pine, were inventoried for their residual forest biomass following tree-length logging.

also intended to compare the effectiveness of two sampling methods: the transect method and the weighing method.

In addition to estimating the quantity of fuel available for energy, the study was

The main results, in oven-dry tonnes per hectare, are as follows: lodgepole pine - (weighing) 34.25, (transect) 32.21; white spruce - (transect) 40.93.

Voir 24 pour le français.

27. BÉLANGER, J.; DUMONT, J.-M.; LAVERDIÈRE, M. 1981. Inventaire de la biomasse forestière résiduelle après coupe. FERIC, Rapp. spec. RS-13 (ENFOR P-28). 136 p. + ann.

En 1979, quatre principaux types de peuplements furent l'objet d'une étude visant à inventorier la biomasse forestière résiduelle découlant de différentes méthodes d'exploitation. Les types de peuplements retenus pour l'étude furent la pessière à épinette noire, la pinède à pin gris, l'érablière à sucre et la sapinière baumier. La récolte de la matière ligneuse s'effectuait selon l'une des méthodes suivantes : le bois en longueur, l'arbre entier ou le bois tronçonné. La première phase de l'étude consistait à inventorier certains sites avant la coupe. Les parcelles-échantillons mesuraient 0,04 ha. La deuxième étape consistait à relocaliser ces mêmes parcelles après la coupe et à

quantifier l'importance des résidus sous forme de cimes, branches, troncs de bois vert et troncs de bois mort. Tous les résidus à l'intérieur des parcelles-échantillons ont été pesés à l'état humide. Un échantillonnage à l'intérieur de chacune des catégories de résidus nous a révélé le degré d'humidité. Le poids anhydre global comprend également le poids des souches (partie aérienne) et des arbres rémanents. Les poids anhydres (tonnes par hectare) suivants ont été obtenus :

Bois en longueur : pessière à épinette noire - 56,4; pinède à pin gris - 50,7; érablière à sucre - 77,2; sapinière baumier - 81,2. Arbres entiers : pessière à épinette noire - 25,8; pinède à pin gris - 32,9; sapinière baumier - 72,4. Bois tronçonné : pessière à épinette noire - 75,3.

See 25 for English.

28. BELLA, I.E.; DE FRANCESCHI, J.P. 1980. Biomass productivity of young aspen stands in western Canada. Environ. Can., Can. For. Serv., Northern. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-219. 21 p. + app.

Equations and tables are presented for estimating aboveground tree component dry weights for fully stocked aspen (*Populus tremuloides* Michx.) stands up to 40 years old, growing on different sites in the mixedwood forests of Alberta and Saskatchewan. The distribution of biomass components in relation to stand age was analyzed, which indicated that with increasing age the proportion of leaves declines while the proportion of stem wood increases. Optimum rotation lengths were calculated on the basis of culmination of biomass mean annual increment (MAI). Optimum rotation was around 30 years for all conditions, but the estimated maximum total aboveground biomass MAI ranged from 4.8 (t/ha) on better sites (site index 24 m at 50 years) to 2.2 t/ha on poorer sites (site index 16 m).

Des équations et tables sont proposées pour évaluer les poids anhydres des parties aériennes des arbres dans les peuplements fermés de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) âgés de 40 ans et moins, dans diverses stations des forêts mixtes de l'Alberta et de la Saskatchewan. On a déterminé la répartition des composantes de la biomasse en rapport avec l'âge du peuplement, et montré que la proportion de feuilles décline avec l'âge alors que celle du bois de tige augmente. La durée optimale des révolutions a aussi été calculée en se fondant sur le point culminant de l'accroissement annuel moyen (AAM) de la biomasse. Sous toutes les conditions, la révolution optimale se situait à 30 ans environ, mais l'évaluation de l'AAM de la biomasse aérienne maximale totale a varié entre 4,8 (t/ha) sur les meilleures stations, (indice de station 24 m à 50 ans) et 2,2 t/ha sur les stations les plus pauvres (indice de station 16 m).

29. BICKERSTAFF, A.; WALLACE, W.L.; EVERT, F. 1981. Growth of forests in Canada - Part 2: A quantitative description of the land base and the mean annual increment. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-1 127 p. + app.

Benchmark data on the per hectare productivity and its areal distribution are provided for 139 ecopolitical units, formed by combining the ecologically defined forest regions and component sections of Canada with its politically defined ten provinces and two territories. This relatively stable data base can be grouped as required for changing technical, economic, and political purposes, and is summarized here at the national, provincial and Forest Region levels of integration.

The mean annual increment to maturity for natural stands of average actual stocking is used to indicate the growth capacity of productive forest land, or the long-term level of production that can be sustained by basic forest management requiring only satisfaction regeneration, protection and

harvest near rotation age. For each ecopolitical unit the following are tabulated: operability class (economic availability), areas of productive forest land, wildland and improved land. For productive forest land, the relative distribution of forest types, species composition and site quality are also estimated. Estimates of growth are compared and discussed in relation to other available national and international data, and with current levels of allowable cut and actual depletion by provinces and species in Canada. Practical considerations involved to improve growth through more intensive forest management are discussed briefly. The importance of rationalizing more reliable growth-supply-depletion data as a prerequisite to improve forest management decisions is stressed, and the concluding chapter suggests conceptual guidelines, in particular for rationalizing the integration of yield prediction with inventory design.

Voir 30 pour le français.

30. BICKERSTAFF, A.; WALLACE, W.L.; EVERT, F. 1981. La croissance des forêts au Canada - Partie II : Description quantitative du territoire et de l'accroissement annuel moyen. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-1F. 133 p. + ann.

Le lecteur trouvera dans ce texte des données-guides sur la productivité par hectare et sur sa distribution régionale dans 139 unités écopolitiques résultant de la combinaison des régions et sections forestières du Canada établies sur une base écologique, et des 10 provinces et des 2 territoires comme base politique. Cet ensemble de données relativement stable peut être analysé et regroupé en fonction de divers objectifs techniques, économiques et politiques. Le présent ouvrage contient des statistiques au niveau d'intégration du pays, de chaque province et de chaque région forestière.

L'accroissement annuel moyen des peuplements naturels de densité réelle moyenne arrivés à maturité constitue l'indicateur de la capacité d'accroissement des terres forestières productives, soit le niveau de production qui peut être soutenu à long terme en respectant un aménagement forestier élémentaire n'exigeant qu'une bonne régénération, une

protection adéquate et la récolte au voisinage de l'âge d'exploitabilité. Pour chaque unité écopolitique, on trouve des tableaux ayant trait à la catégorie de mise en valeur ou classe de disponibilité économique, à la superficie des terres forestières productives, vierges ou améliorées. Pour les terres forestières productives, la distribution relative des types forestiers, la composition par essence et la qualité de la station sont aussi évaluées. Les estimations de l'accroissement sont comparées à d'autres données nationales et internationales, aux taux de coupe autorisés et au décroissement réel par essence et par province au Canada. On traite brièvement de considérations d'ordre pratique qu'implique l'amélioration de l'accroissement par un aménagement plus intensif des forêts. L'accent est mis sur l'importance d'obtenir de façon rationnelle des données plus fiables sur l'accroissement, l'approvisionnement et le décroissement, comme prérequis pour améliorer les décisions en matière d'aménagement forestier. Le dernier chapitre suggère des directives conceptuelles visant en particulier la rationalisation de l'intégration des prévisions de rendement lors de la planification des inventaires.

See 29 for English.

3. BLAKENEY, K.J. 1980. Development and testing of a field treatment system for logging residues. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC X-212. 57 p. + app.

Full utilization of the forest resource has long been the goal of resource planners. The aim of this project was to identify and test methods of reaching this goal.

Forest residues on two recently logged sites representing a range of residue concentration and type were inventoried and classified. Residues were collected into piles and were processed using two different types of mobile chippers. Samples of the processed material were analyzed to determine their physical and energy

L'utilisation complète de la ressource forestière est depuis longtemps le but visé par les planificateurs des ressources. Ce projet visait à identifier et expérimenter des méthodes pour atteindre un tel objectif.

On a procédé à l'inventaire et à la classification des résidus forestiers sur deux stations exploitées, représentant une gamme de concentrations et de types de résidus. Ils ont été amassés en lots et traités à l'aide de deux types de déchiqueteuses mobiles. Des échantillons du matériel traité ont été analysés pour en déterminer les propriétés physiques

properties. A portion of the chipped material was transported to a hog fuel boiler for burning. Each phase of the work was monitored to determine productivity, cost and fuel consumption. Results show the cost per tonne for each phase of the operation and the ratio of energy consumed to energy produced.

et énergétiques. Une partie des copeaux furent transportés jusqu'à une chaudière à déchets de bois pour les brûler. Chaque étape des travaux était surveillée de près afin de déterminer la productivité, les coûts et la consommation de combustible. Les résultats indiquent le coût par tonne pour chaque étape du travail et le rapport entre l'énergie consommée et l'énergie produite.

32. BONNOR, G.M. 1985. Inventaire de la biomasse forestière du Canada. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa. 23 p. + ann.

La mesure totale de la biomasse forestière du Canada dépasse 26 milliards de tonnes anhydres, ce qui équivaut à 82 milliards de barils de pétrole, soit suffisamment pour répondre aux besoins de pétrole du Canada pour 151 ans. Ce chiffre ne comprend pas la biomasse de terres forestières réservées à des fins autres que la production et la récolte de la matière ligneuse.

Les terres forestières non réservées couvrent 414 millions d'hectares et produisent une biomasse forestière de 25,6 milliards de tonnes. La biomasse forestière moyenne est de 62 tonnes par hectare (t/ha). Pour les seules terres forestières

productives, elle est de 89 t/ha. La Colombie-Britannique possède la moyenne provinciale la plus élevée, soit 178 t/ha pour ce qui est des terres forestières productives, et la moyenne la plus élevée, soit 1100 t/ha, pour les types particuliers de forêts. La quantité de biomasse forestière disponible à des fins énergétiques, définie comme la partie non marchande des arbres de dimension marchande poussant sur des terres productives accessibles, est évaluée à 4 milliards de tonnes, ou 16 % de la biomasse forestière totale. Cette quantité peut répondre à environ 25 % des besoins énergétiques annuels du Canada sur une base soutenue, comparativement à l'utilisation actuelle qui égale 4 %.

See 33 for English.

33. BONNOR, G.M. 1985. Inventory of forest biomass in Canada. Agric. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst. 21 p. + app.

The total amount of forest biomass in Canada exceeds 26 billion oven-dry tonnes (ODT). This is equivalent to 82 billion barrels of oil, or enough to meet Canada's oil requirements for 151 years. The 26 billion tonne figure excludes biomass on forest lands reserved for purposes other than wood fiber production and harvesting.

Non-reserved forest lands comprise 414 million ha and have a forest biomass of 25.6 billion tonnes. Average forest biomass is 62 tonnes per hectare (t/ha). For

productive forest lands only, it is 89 t/ha. British Columbia has the highest provincial average at 178 t/ha on productive forest land, and the highest average for individual forest types, at 1100 t/ha. The quantity of forest biomass available for energy purposes, defined as the nonmerchantable portion of merchantable-size trees growing on productive, accessible forest land, is 4 billion tonnes, or 16% of the total forest biomass. This quantity can supply about 25% of Canada's annual energy requirements on a sustained basis, compared with the present usage of 4%.

Voir 32 pour le français.

34. BONNOR, G.M. 1987. Forest biomass inventory. Pages 47-73 in D.O. Hall and R.P. Overend, eds., Biomass regenerable energy. John Wiley & Sons Ltd. 504 p.

The purpose of this chapter is to describe forest biomass inventories: to define them, to describe the different types of such inventories and how they differ from the standard volume inventories, how they are done and what data are collected. The national forest biomass inventory of Canada is presented as an example and a case study, but inventories in other countries are also discussed. Further, examples are given of small or special-purpose inventories that use different procedures. Finally, forest biomass statistics are presented: how biomass is distributed within trees, what values one can expect from individual trees or stands, national and international statistics, and energy equivalents.

The topic is covered quite broadly. Inventories ranging from national through management to special purpose are covered, and, while the emphasis is on methodology, statistics are presented.

L'objet du présent chapitre est de décrire les inventaires de la biomasse forestière, de les définir, de décrire les différents types d'inventaires et ce en quoi ils diffèrent des inventaires ordinaires portant sur le volume, comment on les réalise et quelles données on rassemble. L'inventaire national de la biomasse forestière du Canada est donné comme exemple concret. Il est également question des inventaires effectués à l'étranger. En outre, on donne des exemples de petits inventaires ou d'inventaires effectués dans un dessein spécial, au moyen de méthodes différentes. Enfin, on présente des statistiques (nationales et internationales) sur la biomasse forestière : comment elle est répartie dans les arbres, à quelles valeurs on peut s'attendre dans un arbre ou un peuplement ainsi que les équivalents en énergie.

Le sujet est traité de façon assez large : des inventaires nationaux aux inventaires spéciaux en passant par les inventaires d'aménagement et, tout en insistant sur les méthodes, on présente des statistiques à l'appui.

35. BONNOR, G.M. 1988. Inventory of forest biomass in Canada. Pages 116-118 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C. 16-18 February 1987.

Existing provincial and territorial inventories are modified to yield biomass rather than volume data, and augmented with the new surveys. Total amount of forest biomass in Canada is 26 billion oven-dry tonnes, of which 32% is residue from merchantable trees and 19% from small submerchantable trees.

Les inventaires provinciaux et territoriaux sont modifiés de façon à fournir des données sur la biomasse au lieu du volume et ils sont complétés par de nouveaux relevés. La biomasse forestière globale du Canada représente 26 milliards de tonnes anhydres, dont 32 % de résidus d'arbres commercialisables et 19 % de petits arbres sous-commercialisables.

36. BONNOR, G.M.; BABYN, M. 1984. Canada's forest biomass. Pages 89-92 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario 26-28 March 1984.

An inventory of Canada's forest biomass is near completion. It relies to a considerable extent on existing provincial inventory data, on a detailed national summary of volume data completed in 1982, and on

On met la dernière main à un inventaire de la biomasse forestière du Canada. Pour le réaliser, on s'est servi en grande partie des inventaires provinciaux actuels, d'un résumé de données détaillé préparé par le gouvernement fédéral en

computer-assisted data handling and mapping procedures.

The biomass data are obtained as follows: (1) in the Equation Approach, new tree biomass equations are applied to detailed provincial plot data, and new biomass stock tables are compiled and applied to area data. In essence, standard inventory compilation methods are used, with tree volume equations replaced by tree biomass equations; (2) in the Factor Approach, summarized volume data (of merchantable wood) are converted to biomass, and factors are derived whereby biomass of the other components (bark, branches, foliage, etc.) are estimated. The Factor Approach is not as accurate as the Equation Approach and used as an alternative to it only where necessary. (3) Many areas of non-commercial or unproductive forest land are included for the first time, since they may have significant quantities of forest biomass. Data from these sources, plus information on access of forest lands, are summarized in the national inventory.

1982 et de méthodes de traitement de données et de cartographie informatisées.

Les données sur la biomasse sont élaborées comme suit : (1) avec l'approche par équations, on applique de nouvelles équations sur la biomasse des arbres à des données détaillées provenant de parcelles provinciales, et les nouveaux tableaux sur les stocks de biomasse qu'on obtient sont appliqués aux données des régions. Essentiellement, on emploie les méthodes de traitement de données standard, en remplaçant les équations sur le volume des arbres par des formules sur la biomasse; (2) avec l'approche par facteurs, on convertit en termes de biomasse des données sommaires sur le volume (de bois de valeur marchande) et l'on établit des facteurs afin d'estimer la biomasse des autres composantes des arbres (écorce, branches, feuillage, etc.). Cette approche étant moins exacte que la précédente, on l'emploie seulement en cas de nécessité. (3) De nombreuses terres forestières non commerciales ou improductives figurent pour la première fois dans l'inventaire, car il peut s'y trouver une importante quantité de biomasse. L'inventaire national contient un résumé des données tirées des sources nommées plus haut, ainsi que des renseignements sur les voies d'accès aux terres forestières.

37. BUNCE, H.W.F. 1989. The production of regional biomass yield tables — A feasibility study. Pages 217-225 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

This study considers that the production of regional biomass yield tables for Canada is feasible. This conclusion is based on the premise that the data bases used to construct the provincial yield tables exist and can be converted to regional biomass yield tables by the application of appropriate tree biomass equations. There also exists a set of factors produced by the ENFOR program from the conversion of gross merchantable tree volume to weight. Factors were also developed for other tree components — bark, top, branches, foliage and stump. Further factors to predict the stand volume and hence biomass for trees below the minimum size measured in permanent sample plots are available. The

Dans cette étude, on considère qu'il est possible de produire des tables régionales de rendement de la biomasse pour le Canada. Pour tirer cette conclusion, on s'est appuyé sur le fait que les bases de données utilisées pour établir les tables de rendement provinciales existent et qu'elles peuvent être converties en tables régionales de rendement de la biomasse grâce à l'application d'équations appropriées décrivant la biomasse forestière. Il existe également une série de facteurs produits par le programme ENFOR pour convertir le volume marchand brut des arbres en masse. Des facteurs ont aussi été mis au point pour les autres éléments de l'arbre, à savoir, l'écorce, la cime, les branches, le feuillage et la souche. D'autres facteurs existent pour prévoir le volume des peuplements et, par conséquent, leur biomasse, dans le cas des arbres dont la taille est inférieure à la taille minimale

resulting biomass yield tables would then account for all Canadian forest biomass.

mesurée dans les placettes d'échantillonnage permanentes. Les tables de rendement de la biomasse obtenues rendraient alors compte de la totalité de la biomasse forestière canadienne.

38. BUNCE, H.W.F.; BONNOR, G.M. 1989. Production of regional biomass yield tables for Canada: A feasibility study. For. Can., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-307. 30 p.

The production of regional biomass yield tables for Canada is feasible. This conclusion is based on the knowledge that the data bases used to construct the provincial yield tables exist, and can be converted to regional biomass yield tables by the application of appropriate tree biomass equations. There also exists a set of factors produced by the ENFOR program for the conversion of gross merchantable tree volume to weight. Factors were also developed for other tree components - bark, top, branches, foliage and stump. Further factors to predict the stand volume and hence biomass for trees below the minimum size measured in permanent sample plots are available. The resulting biomass yield tables would then account for all Canadian forest biomass excluding only the biomass of roots and non-woody vegetation. This study identifies the necessary data and their source and provides a working plan for the production of the yield tables. It includes a pilot study, provides a 6-year schedule, and makes a global cost estimate of \$1 120 000.

Des tables régionales de production de biomasse peuvent être produites au Canada. Pour les calculer, nous pouvons employer les banques de données utilisées pour la construction des tables provinciales et appliquer les équations appropriées pour la biomasse des arbres. Nous disposons également d'une série de facteurs, produits dans le cadre du programme ENFOR, qui permettent de calculer la masse à partir du volume marchand brut des arbres. Des facteurs ont également été établis pour d'autres composantes des arbres : écorce, partie supérieure non marchande de la tige, branches, feuillage et souche. Il existe aussi des facteurs qui permettent d'estimer le volume total (à l'échelle des peuplements) et, par conséquent, la biomasse pour les arbres inférieurs à la taille minimale mesurée dans les placettes permanentes d'échantillonnage. Les tables qui pourraient être produites rendraient compte de la totalité de la biomasse forestière au Canada, exception faite des racines et de la végétation non ligneuse. Le rapport indique les données nécessaires, ainsi que leurs sources, et présente un plan de travail pour la production des tables. Il comprend une étude-pilote et établit un calendrier de six ans pour la réalisation des travaux, dont le coût global est estimé à 1 120 000 \$.

39. CHATARPAUL, L; BURGESS, D.(M).; HENDRICKSON, O.Q. 1984. A comparison of biomass and nutrients removed in whole-tree harvesting and conventional (stem only) harvesting. Pages 121-125 in S. Hasnain, ed., Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg) for branch, bark, and stem components of a number of major tree species growing at the Petawawa National Forestry Institute were estimated using regression analysis. An assessment of the impact of whole-tree harvesting on site nutrient reserves was made by comparing biomass and nutrients

On a estimé par analyse de régression la teneur en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) des branches, de l'écorce et du tronc d'un certain nombre d'essences d'arbres importantes poussant à l'Institut forestier national de Petawawa. On a fait une évaluation des conséquences de la récolte des arbres entiers sur les réserves nutritives du lieu de coupe en comparant la biomasse et les éléments nutritifs des troncs et des arbres entiers.

in stems with those contained in entire trees.

40. CHATARPAUL, L.; BURGESS, D.M.; METHVEN, I.R. 1985. Equations for estimating aboveground nutrient content of six eastern Canadian hardwoods. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-55. 19 p.

Nutrient concentrations and biomass of various components of six eastern Canadian hardwood species, representing a range of diameter and height classes, were determined and used to estimate nutrient masses for each species and for components. One hundred and fifty (6 species \times 5 components \times 5 nutrients) linear regression equations were developed using nutrient mass, diameter and height data. Nutrient concentrations varied widely

among components; twigs and leaves, for example, contained 14 times as much nitrogen (1.246% to 0.087%) and 17 times as much phosphorus (0.137% to 0.008%) as the stem wood. Generally, twigs and leaves accounted for the highest percentage of nitrogen and phosphorus, stem wood had the most potassium and magnesium and stem bark contributed the greatest amount of calcium. The single equations, with few exceptions, had high r^2 and low SEE%, showing good fit of data to the simple linear model.

Voir 41 pour le français.

41. CHATARPAUL, L.; BURGESS, D.M.; METHVEN, I.R. 1986. Équations pour estimer la teneur en substances nutritives de la portion épigée de six espèces feuillues de l'est du Canada. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-55F. 7 p. + table.

Les concentrations et biomasses des substances nutritives dans diverses composantes des arbres pour six espèces feuillues de l'est du Canada ont été déterminées et ont servi à estimer les masses des substances nutritives par espèce et par composante. Les arbres représentaient une gamme de classes de diamètre et de hauteur. Cent cinquante équations de régression linéaire (6 espèces \times 5 composantes \times 5 substances nutritives) ont été établies à partir des données sur la masse des substances nutritives, le diamètre et la hauteur. On a constaté que les concentrations des

substances nutritives variaient considérablement d'une composante à l'autre. Par exemple, les rameaux et feuilles contenaient 14 fois plus d'azote (1,246 % comparé à 0,087 %) et 17 fois plus de phosphore (0,137 % comparé à 0,008 %) que le bois de la tige. En général, les rameaux et feuilles avaient le plus fort pourcentage d'azote et de phosphore, le bois de la tige renfermait le plus de potassium et de magnésium et l'écorce de la tige avait la plus forte teneur en calcium. Les équations simples, sauf quelques exceptions, avaient une valeur élevée pour r^2 et faible pour l'erreur-type d'estimation (SEE%), indiquant un bon ajustement des données au modèle linéaire simple.

See 40 for English.

42. COMEAU, P.G.; KIMMINS, J.P. 1986. The relationship between net primary production and foliage nitrogen content, and its application in the modelling of forest ecosystems: A study of lodgepole pine (*Pinus contorta*). Pages 202-223 in T. Fujimori and D. Whitehead, eds. Proc. IUFRO Symp. on Crown and Canopy Structure in Relation to Productivity, Tsukuba, Japan, 14-20 October 1985. For. and For. Prod. Res. Inst., Ibaraki, Japan.

Production in forest stands is related to both foliage biomass and foliage nitrogen content, relationships that are potentially useful as driving functions for forest yield prediction models.

These two crown parameters were found to be linearly related to aboveground net primary production (ANPP) in lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) stands in southeastern British Columbia, Canada. There was, however, considerable residual variance. Much of this variance was explained by variation in site moisture status, stand density and age. The substantial variation exhibited by both ANPP foliage efficiency and ANPP foliage nitrogen efficiency appears to be largely due to changes in allocation of annual production from aboveground to belowground biomass components. Expressing either foliage efficiency or foliage nitrogen efficiency in terms of total net primary production reduced this variation considerably. This demonstrates the importance of accounting for fine and small root production in comparative studies of stand productivity.

Dans les peuplements forestiers, la production est corrélée à la fois à la biomasse foliaire et à la teneur du feuillage en azote; ces corrélations sont susceptibles de servir de fonctions maîtresses des modèles de prédiction du rendement forestier.

Ces deux paramètres de la cime se sont révélés corrélés de façon linéaire à la production primaire aérienne nette (PPAN) dans les peuplements de pins tordus (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) du S.-E. de la Colombie-Britannique. Cependant, la variance résiduelle était considérable. La plus grande partie de cette variance s'expliquait par la fluctuation de l'humidité stationnelle ainsi que par la densité et l'âge du peuplement. Les grandes variations démontrées à la fois par l'efficacité du feuillage et de l'azote foliaire relativement à la PPAN semblent largement dues à des oscillations entre la production annuelle de la biomasse aérienne et celle de la biomasse souterraine. En exprimant l'efficacité du feuillage ou de l'azote foliaire relativement à la production primaire totale nette, on a pu atténuer considérablement cette variation. Ceci montre l'importance de tenir compte de la production des petites racines et des radicelles quand on compare la productivité des peuplements.

43. CUNNINGHAM, R.A. 1982. Computerized mapping of national forestry inventory. Pages 81-87 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The Canadian Forestry Service is currently involved in the development of the Canadian Forest Resource Data System, which will make use of computerized systems to collect, classify, manipulate and retrieve data on forest resources. One stage of this work consists of the creation of digital boundary files of approximately 50 000 forestry zones, and the production of a series of statistical maps for

Le Service canadien des forêts travaille actuellement à la mise au point d'une banque de données sur les ressources forestières canadiennes. Cette banque utilisera des systèmes informatiques pour recueillir, classer, manipuler et restituer les données relatives aux ressources forestières. L'une des étapes de ce travail consiste à créer les fichiers numériques des limites d'environ 50 000 zones forestières et à produire une série de cartes statistiques qui seront publiées à l'échelle nationale et représenteront dix

publication on a national scale, representing ten forestry-related variables. In the fall of 1979, the Forestry Statistics and Systems Branch of the Canadian Forestry Service contracted this work to the Spatial Research and Development Group of Statistics Canada, now known as the Geocartographics Subdivision. This paper deals with the methodologies and systems which the Geocartographics Subdivision has been using to complete this project.

variables utiles pour la gestion forestière. Au cours de l'automne 1979, la Direction des systèmes et statistiques forestières du Service canadien des forêts a confié ce travail au Groupe de recherches et développement spatiaux de Statistique Canada, connu maintenant sous le nom de Sous-division de la géocartographie. Ce document traite des méthodes et systèmes utilisés par la Sous-division de la géocartographie pour réaliser ce projet.

44. DAFFERN, J.G.; POLAND, J.S.; VAN LOON, G.W. 1988. Nutrient cycling and biomass distribution in 1K plantations of hybrid poplar. Pages 129-133 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Macro- and micronutrient levels in soils and foliage were measured at 130 sites for a variety of hybrid poplar clones. For DN1 hybrids, ages 2-9 years, trees were partitioned into foliar blades and petioles, branches, twigs, bolewood, bole bark and roots, and the components analyzed for nutrient composition. Results and trends are discussed with respect to biomass production and nutrient cycling.

On a mesuré à 130 endroits les niveaux d'éléments macronutritifs et micronutritifs dans le sol et le feuillage de différents clones de peupliers hybrides. Pour ce qui est des hybrides DN1, âgés de 2 à 9 ans, les arbres ont été repartis en brins foliaires et pétioles, en branches, en brindilles, en bois de fût, en écorce de fût et en racines; la composition nutritive des constituants a ensuite été analysée. Les auteurs examinent les résultats en fonction de la production de biomasse et de la circulation d'éléments nutritifs.

45. DANCİK, B.P.; HEIDT, J.D.; HIGGINBOTHAM, K.O.; TITUS, S.J. 1980. Development of a stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada. Univ. Alberta, Dept. For. Sci., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-102. 99 p. + app.

This report summarizes the first phase of an ENFOR project, Development of a Stand Growth Model for Trembling Aspen in the Prairie Provinces. An extensive literature review is included for growth modelling generally and aspen growth in particular. A preliminary growth model was developed, using a very limited data set, which predicts average stand characteristics given site index, age, number of trees, and a factor specifying clonal productivity. Limitations of this preliminary model are discussed and a proposal is included, for the second phase,

Le rapport résume la première étape d'un projet ENFOR, sur la modélisation de l'accroissement d'un peuplement de faux-tremble dans la Prairie. Une vaste étude bibliographique est consacrée à la modélisation de l'accroissement en général et de l'accroissement du peuplier en particulier. Un modèle préliminaire a été construit au moyen d'un ensemble très limité de données. Ce modèle prédit les caractéristiques moyennes du peuplement quand on connaît l'indice stationnel, l'âge, le nombre d'arbres et un coefficient qui tient compte de la productivité des clones. On discute des limites de ce modèle et on propose de construire, dans un deuxième temps, un modèle plus sensible, qui repose sur un ensemble plus complet de données.

to construct a more sensitive model using a more comprehensive data set.

46. DAWE, E.R. 1980. Tree weight tables for Newfoundland. Pages 55-58 *in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.*

Whole-tree harvesting, for complete utilization of the forest resource, requires the conversion of conventional inventory data to a biomass inventory. This project represents the first phase in the provision of tree-weight tables for the major tree species of Newfoundland.

Green and oven-dry weights were obtained, for tree components, by field sampling a range of tree sizes and forest site conditions in a specific region. The data have been provided for computer analysis.

L'utilisation complète des ressources forestières grâce à l'exploitation par arbres entiers nécessite la conversion des méthodes classiques d'inventaire des ressources en méthodes d'inventaire de la biomasse. Notre projet constitue une première étape vers l'élaboration des tables de calcul de la masse ligneuse des principales espèces d'arbres de Terre-Neuve.

Nous avons procédé à l'échantillonnage sur le terrain de toute une gamme de tailles d'arbres et de conditions du milieu dans une région précise, puis fait le calcul des poids frais et sec (après séchage au four) de diverses parties des arbres. Les données recueillies sont destinées à l'analyse par ordinateur.

- DAWE, E.R.; SUTTON, K.; DAY, D. 1981. Tree weight equations - Data acquisition phase, western Newfoundland, 1980. Pages 67-69 *in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.*

This paper summarizes the data collection phase for the production of tree weight tables for the six major tree species of western Newfoundland. Green and oven-dry weights were obtained, for tree components, by field-sampling a range of tree sizes, ages and forest site conditions in western Newfoundland. Four hundred and fifty-nine trees were sampled from 117 locations. The data were stored in the computer system at the Newfoundland Forest Research Centre.

La présente communication résume l'étape d'obtention des données pour l'élaboration de tables de calcul de la masse ligneuse pour les six essences forestières les plus importantes de l'ouest de Terre-Neuve. On a obtenu les poids, à l'état frais et après séchage au four, des parties constituantes des arbres après échantillonnage d'arbres présentant diverses caractéristiques de taille et d'âge et provenant de divers milieux forestiers de l'ouest de Terre-Neuve. Des prélèvements ont été effectués sur 459 arbres poussant dans 117 endroits. Les données ont été emmagasinées dans le système informatique du centre de recherche forestière de Terre-Neuve.

48. DAWE, E.R.; SUTTON, K.; DAY, D. 1982. Tree weight equations - Data collection phase, eastern Newfoundland, 1981. Pages 103-106 *in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.*

This paper summarizes the data collection phase for the production of tree weight tables for the five major tree species of eastern Newfoundland. Green and oven-dry weights were obtained for tree components by field-sampling a range of tree sizes,

Le présent document résume l'étape d'obtention des données pour l'établissement de tableaux de mesures pondérales des cinq espèces d'arbres les plus répandues de l'est de Terre-Neuve. On a obtenu les poids de bois vert et de bois séché au four des composantes d'arbres, en prélevant des

ages and forest site conditions in eastern Newfoundland. Five hundred and eighty-five trees were sampled from 130 locations. The data were stored in the computer system at the Newfoundland Forest Research Centre.

échantillons d'arbres de différentes tailles, plus ou moins âgés et croissant en des points variés de la forêt de l'est de Terre-Neuve. L'échantillonnage a été fait à partir de 585 arbres situés en 130 endroits. Les données ont été enregistrées dans le système informatique du Centre de recherches sur la forêt de la province de Terre-Neuve.

49. DAY, J.K.; MOSS, A. 1982. Determination of biomass and nutrient content in trees, ground vegetation and soil of aspen stands in Alberta: A description of objectives and progress to date. Pages 109-113 *in* Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The paper presents an account of the objectives of the project sponsored under the ENFOR program, and describes the progress attained in the first six months of the work. Of chief concern in the project is the determination of biomass and nutrient content in an aspen ecosystem in Alberta: i.e. trees, ground vegetation and soil. The project includes a review of the literature germane to the subject, thus incorporating experience garnered by other researchers into conclusions drawn from technical results.

Le document présente les objectifs du projet financé dans le cadre du programme ENFOR et décrit les résultats obtenus au cours des six premiers mois de travail. L'objectif principal du projet consiste à définir le contenu en biomasse et en substances nutritives d'un écosystème de peupliers en Alberta : arbres, végétation au sol et terrain. Le projet comprend aussi une analyse de la documentation publiée, en vue d'incorporer les résultats acquis par d'autres chercheurs aux conclusions tirées des résultats techniques.

50. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1981. La méthode par transects et l'estimation des résidus d'exploitation : Comparaison d'échantillonnages photogrammétriques et au sol. FERIC, Rapp. spec. RS-16 (ENFOR P-28). 17 p. + ann.

On a utilisé la photogrammétrie et l'inventaire au sol pour déterminer le volume de résidus d'exploitation forestière afin de vérifier la fiabilité de la photographie 70 mm à faible altitude dans un tel projet. Les résultats furent plus constants dans le cas de la

photogrammétrie, mais le volume total estimé était inférieur à celui provenant de l'inventaire au sol. La méthode photogrammétrique est rapide et offre la possibilité de réinventorier le site sans retourner sur le terrain, mais elle devrait être utilisée seulement dans le cas de résidus frais, laissés au sol en une seule couche.

See 51 for English.

51. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1981. Logging residue survey and the line transect method: A comparison of field and photo methods. FERIC, Spec. Rep. SR-16 (ENFOR P-28). 17 p. + app.

The volume of logging residue calculated from photogrammetric and ground measurements were compared to assess the

reliability of low-level 70-mm photography for such inventory. Although estimates of the total volume were less from photogrammetric data than from

ground measurements, they were more consistent. The technique offers further advantages in speed and opportunity for

reinventory but is limited to fresh, unlayered residue.

Voir 50 pour le français.

52. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1983. Digest of publications and reports of the ENFOR Production Program. Environ. Can., Can. For. Serv. HQ, ENFOR Rep. P-245. 12 p. + app.

This report presents abstracts and brief comments on publications and reports issued under the ENFOR Production Program, as well as brief notes on projects for which no reports are available. ENFOR Production Program projects are also listed and classified by subject matter and geographic area of relevance.

Le rapport présente des résumés et de brèves observations sur les publications et les études publiées dans le cadre du programme ENFOR, de même que de courtes notes concernant les projets sur lesquels on ne dispose d'aucun rapport. Les projets du programme ENFOR sont également énumérés et classés selon le sujet et la région géographique.

53. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1983. Review of the ENFOR Production Program. Environ. Can., Can. For. Serv. HQ, ENFOR Rep. P-245. 77 p. + app.

As of January 1983, ENFOR remains a useful program in spite of recent changes in the Canadian energy situation. The principal recommendations involve more emphasis on economics and technology transfer, a shift of emphasis in biomass availability studies, strong support of biomass harvesting projects and lower priority for environmental impact studies and energy plantations.

En date de janvier 1983, le programme ENFOR reste utile, en dépit des changements affectant la situation énergétique canadienne. Les principales recommandations insistent davantage sur les facteurs économiques et le transfert de technologies, elles accordent une priorité nouvelle aux études de la disponibilité de la biomasse, elles appuient fortement les projets de récolte de la biomasse et elles accordent une priorité moins grande à l'étude des répercussions sur l'environnement et aux plantations énergétiques.

54. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1984. R&D needs in forest biomass inventory methodology. Dendron Resource Surveys Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-306. 38 p.

A review of the biomass estimating methodologies was completed with the objectives of identifying gaps in accumulated knowledge and recommending actions to provide the basis for efficient biomass inventories for the different growing conditions in Canada. The main conclusions are as follows: (1) Existing single tree biomass equations estimate total biomass by tree component without considering the prime products of a forest (veneer, saw logs, pulpwood).

On a examiné les méthodes d'estimation de la biomasse, dans le dessein d'identifier les lacunes du corpus des connaissances et de recommander des mesures qui assureront un inventaire efficace de la biomasse dans diverses conditions de croissance au Canada. On est arrivé aux conclusions principales suivantes : (1) Les équations actuelles de la biomasse pied par pied permettent d'estimer la biomasse totale selon les parties de l'arbre, sans tenir compte du principal produit de la forêt (placages, billes de sciage, bois de pâte). On recommande l'élaboration d'équations régionales

Recommendations are made for the development of regional multi-product equations which will provide both commercial volume and biomass residues according to different utilization standards; (2) Research into biomass estimating methodologies has been too conventional. The application of remote sensing technology and the development of efficient sampling designs and growth and yield models has been limited. Recommendations are made to overcome these deficiencies.

axées sur plusieurs produits, qui donneront à la fois le volume marchand et le volume des résidus de la biomasse selon différentes normes d'utilisation. (2) La recherche sur les méthodes d'estimation de la biomasse a été trop conventionnelle; on s'est montré timide dans l'emploi de la télédétection, l'élaboration de plans d'échantillonnage efficaces et la construction de modèles de l'accroissement et du rendement. Des recommandations visent à remédier à ces carences.

55. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD. 1987. Estimation of forest biomass using pulsed laser technology. Agric. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-341. 30 p. + app.

The objective of this study was to evaluate the use of pulsed laser technology for biomass estimation. The results of the study have shown that it is technically feasible. The correlation between laser data and biomass would probably have been higher, and the use of laser more efficient, if coniferous stands with their more regular crown shapes had been involved; the test area was largely restricted to hardwood stands. The results would have also been more favorable if better stand volume tables had been available. The recommended approach for estimating biomass is to use laser data to obtain estimates of stand height and canopy density and then to apply these estimates through stand volume table equations and biomass/volume ratios. Cost becomes the main criterion for deciding if laser data should be used for estimating biomass.

L'étude, dont l'objectif était d'évaluer l'emploi du laser à impulsions dans l'estimation de la biomasse, a montré que la technique était praticable. La corrélation entre les mesures laser et la biomasse aurait probablement été meilleure et l'emploi du laser aurait été plus efficace si l'étude avait été effectuée dans des peuplements de conifères dont la forme des cimes est plus régulière; en effet, l'expérience a été menée en grande partie dans des peuplements de feuillus. Les résultats auraient également été plus favorables si on avait pu disposer de meilleures tables de cubage. La méthode recommandée pour estimer la biomasse est d'employer des données obtenues par la technique laser pour estimer la hauteur du peuplement et la densité du couvert, puis d'appliquer ces estimations par les équations des tables de cubage des peuplements et des rapports de la biomasse au volume. Le coût devient le principal critère de décision pour l'emploi des données laser dans l'estimation de la biomasse.

56. DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD.; NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1982. Procedures for estimating Newfoundland's biomass reserves. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-146. 27 p. + app.

The objectives of the project were: (1) to develop techniques for converting existing conventional forest management inventory data to biomass quantities; (2) to develop procedures for estimating the biomass of trees and shrubs not included in current

Les objectifs du projet étaient les suivants : (1) mettre au point des techniques qui permettront de convertir les données actuelles et traditionnelles des inventaires d'aménagement forestier en données quantitatives sur la biomasse; (2) mettre au point des méthodes d'estimation de la biomasse des

forest inventory (trees with diameter at breast height of less than 9 cm, and non-commercial trees and shrubs); (3) to modify and test field procedures to facilitate the collection of data for future biomass inventory.

Detailed procedures were developed, field tested on a pilot area, and documented as a biomass field guide and data handling manual. The report also includes the results of extensive statistical analysis of tree biomass data collected during an earlier project. The procedures lead up to the planned revision of the province's inventory compilation software needed to implement the biomass equations and complete the conversion.

arbres et des arbrisseaux omis des inventaires actuels (les arbres de diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 9 cm, les arbres d'essences non marchandes et les arbrisseaux); (3) modifier et éprouver des méthodes visant à faciliter l'obtention de données sur le terrain en vue d'inventaires ultérieurs de la biomasse.

Des méthodes détaillées ont été mises au point, éprouvées sur le terrain dans une région pilote et étayées par un guide pratique sur l'estimation de la biomasse ainsi qu'un guide sur le traitement des données. Le rapport comprend également les résultats d'une vaste analyse statistique des données sur la biomasse des arbres, qui ont été recueillies au cours d'un travail antérieur. Ces travaux ont mené à la révision planifiée du logiciel de compilation des inventaires de la province; ce logiciel était nécessaire à la mise en oeuvre des équations de la biomasse et à la conversion des données.

57. EVERT, F. 1983. A national system of equations for estimating oven-dry mass of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.). Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-24. 9 p. + app.

This report presents a single national system of equations for estimating the aboveground oven-dry mass of single trees and of their individual components for trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.). This system is based on data from six geographic regions across Canada.

When applied to the sample data from individual geographic regions, estimates of aggregate oven-dry mass of all sample trees in any of the six regions differed from observed values by not more than 6% with approximately half the estimates being within 2% of observed values.

Voir 58 pour le français.

58. EVERT, F. 1984. Système national d'équations pour évaluer la masse anhydre du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.). Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-24F. 12 p. + ann.

Le rapport présente un système national unique d'équations pour évaluer, chez un peuplier faux-tremble, (*Populus tremuloides* Michx.) la masse anhydre de l'ensemble de sa partie aérienne et de ses éléments. Ce système est basé sur les

données provenant de six régions géographiques du Canada. Comparées aux données de chaque région, les estimations de l'agrégat de la masse anhydre de tout l'échantillon des arbres de n'importe laquelle des six régions ne diffèrent pas de plus de 6 % des valeurs observées, la moitié s'en écartant de 2 %.

See 57 for English

59. EVERT, F. 1985. Systems of equations for estimating oven-dry mass of 18 Canadian tree species. Agric. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-59. 13 p. + app.

This report presents a single system of standard equations for estimating oven-dry mass for each of 18 Canadian tree species. Each system consists of three equations, one for each of total stem wood, total stem bark and crowns. When applied to the sample data from individual geographic regions, the overall accuracy achieved by

the equations for all species was as follows: for total stem wood, 97 percent of estimates were within 10 percent of observed values; for total stem bark, 93 percent of estimates were within 15 percent of observed values; and for crowns, 86 percent of estimates were within 30 percent of observed values.

Voir 60 pour le français.

60. EVERT, F. 1987. Systèmes d'équations pour calculer la masse anhydre de 18 essences canadiennes. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. natl. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-59F. 15 p. + ann.

Le rapport présente des systèmes uniques d'équations types permettant de calculer, pour 18 essences canadiennes, la masse anhydre. Chaque système comprend trois équations : la première pour tout le bois de fût, la deuxième pour toute l'écorce de fût, et la troisième, pour le houppier. Les données obtenues au moyen d'échantillons

prélevés dans différentes régions géographiques ont servi à vérifier la justesse des équations pour toutes les essences. Pour le bois de fût, dans 97 % des cas, l'écart entre les valeurs calculées et les valeurs observées était d'au plus 10 %; pour l'écorce de fût, dans 93 % des cas, l'écart était de 15 %; et pour le houppier, l'écart maximum était de 30 % dans 86 % des cas.

See 59 for English.

61. FOWLER, D. 1983. Trial conversion of conventional inventory data to biomass data in New Brunswick. Environ. Can., Can. For. Serv., Mar. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-238. 20 p. + app.

Biomass equations developed by the Canadian Forestry Service for 17 Maritime tree species were incorporated into New Brunswick's existing volume inventory handling computer software. This software was then used to provide biomass estimates for a pilot area of approximately 1.24 million hectares in the northwest corner of New Brunswick. The software developed for this pilot project will be used in part to convert the New Brunswick volumetric inventory to a biomass inventory.

Les équations de la biomasse élaborées par le Service canadien des forêts pour 17 essences des Maritimes ont été intégrées au logiciel actuel de traitement des données de l'inventaire des volumes du Nouveau-Brunswick. Ce logiciel a ensuite servi à estimer la biomasse d'une région pilote, d'une superficie d'environ 1,24 million d'hectares, dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick. Le logiciel construit pour ce projet pilote servira en partie à convertir les données volumétriques de l'inventaire du Nouveau-Brunswick en unités de la biomasse.

62. FREEDMAN, B. 1984. The relationship between the aboveground dry weight and diameter for a wide size range of erect land plants. *Can. J. Bot.* 62:2370-2374.

For 765 stems of plants that spanned eight orders of magnitude of aboveground dry weight (DWT) and three orders of magnitude of stem diameter (DIAM), a plot of $\log_{10}DWT$ vs. $\log_{10}DIAM$ was highly linear, with an r^2 value of 0.997 and a slope of 2.6. The value of this slope may be related to the minimum diameters that are required by upright plants to withstand the horizontal forces of drag that are exerted at high wind speeds. The multispecies biomass regression gave a similar estimate of the standing crop of a conifer stand to that computed using species- and site-specific tree regression, indicating the possible general use of such equations in estimating the standing crops of terrestrial ecosystems.

Le poids sec épigé (DWT) et le diamètre de la tige (DIAM) ont été mesurés chez 765 tiges de plantes, le rapport de la tige la plus lourde à la tige la plus légère étant de l'ordre de 100 millions et le rapport du diamètre le plus élevé au diamètre le plus faible étant de l'ordre de mille. Pour ces 765 tiges, la relation entre $\log_{10}DWT$ et $\log_{10}DIAM$ est fortement linéaire, avec un r^2 de 0,997 et une pente de 2,6. La valeur de cette pente pourrait être reliée au diamètre minimum que les plantes dressées doivent avoir pour résister aux forces horizontales exercées par les vents forts. La régression multispécifique de la biomasse donne, pour un peuplement de conifères, le même estimé de la biomasse que celui compilé à l'aide de régressions spécifiques à chaque espèce et à chaque site. Par conséquent, de telles équations pourraient avoir une utilité générale pour estimer la biomasse des écosystèmes terrestres.

63. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N.; BARCLAY, H.; MORASH, R.; PRAGER, U. 1982. Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia. *Environ. Can., Can. For. Serv., Mar. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-134*. 11 p. + app.

Logarithmic and quadratic equations are given for estimating the fresh and dry weights and nutrient contents (N, P, K, Ca, and Mg) for various components of ten tree species in central Nova Scotia. These species are: balsam fir, white spruce, black spruce, red spruce, red maple, sugar maple, yellow birch, white birch, large-tooth aspen and trembling aspen. The relative distributions of biomass and nutrient content among the various components are described for each species. Furthermore, data are presented on the aboveground standing crops of biomass and nutrients in various tree compartments for eight softwood and eight hardwood stands in central Nova Scotia.

Des équations logarithmiques et quadratiques sont données pour l'estimation du poids à l'état frais, du poids anhydre et de la teneur en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, et Mg) de plusieurs parties de l'arbre pour chacune de dix essences dans la Nouvelle-Écosse centrale, notamment le sapin baumier, l'épinette blanche, l'épinette noire, l'épinette rouge, l'érable rouge, l'érable à sucre, le bouleau jaune, le bouleau à papier, le grand tremble et le tremble. Les distributions relatives de biomasse et du contenu en matière nutritive sont détaillées pour toutes ces essences. La deuxième partie du rapport présente des données relatives à la biomasse sur pied et aux éléments nutritifs des diverses parties de l'arbre (exception faite du système racinaire) pour huit peuplements de conifères et huit peuplements de feuillus en Nouvelle-Écosse centrale.

64. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N.; MORASH, R. 1986. Biomass and nutrients in Nova Scotian forests, and implications of intensive harvesting for future site productivity. *For. Ecol. Manag.* 15:103-127.

Among four conifer and four hardwood stands in central Nova Scotia, Canada,

Dans quatre peuplements de conifères et quatre de feuillus du centre de la Nouvelle-Écosse, les

average potential whole-tree (aboveground) harvest removals of biomass, N, P, K, Ca, and Mg were 136 000, 310, 38, 144, 360 and 39 kg/ha, respectively. These represented average increases over bole-only harvesting of 50% for biomass, 170% for N, 200% for P, 160% for K, 100% for Ca, and 120% for Mg. Thus, a moderate increase in potential biomass yield via the whole-tree harvest was obtained at the expense of much larger increases in removals of major nutrients. On average, the whole-tree contents of biomass and nutrients were smaller than quantities present in the forest floor plus mineral soil. It seems unlikely that one or several whole-tree harvests of these natural stands, if done on rotations of >ca. 50 years, would result in important depletions of site nutrient capital. However, calcium removals as a percentage of total site capital were large. This may be a cause for concern, and warrants further investigation.

prélèvements potentiels moyens de la biomasse, de N, de P, de K, de Ca et de Mg, dans les parties aériennes des arbres, s'élevaient respectivement à 136 000, à 310, à 38, à 144, à 360 et à 39 kg/ha. Ces chiffres représentent une augmentation moyenne relativement à la récolte limitée au fût, de 50 % (pour la biomasse), de 170 % (N), de 200 % (P), de 160 % (K), de 100 % (Ca), et de 120 % (Mg), respectivement. Ainsi, on a augmenté de façon modérée le rendement potentiel de la biomasse en récoltant la partie aérienne des arbres, mais, ce faisant, on a provoqué un prélèvement beaucoup plus grand des principaux éléments nutritifs. En moyenne, la teneur en biomasse et en éléments nutritifs de l'arbre entier était inférieure aux quantités présentes dans la couverture morte et dans le sol minéral. Il semble peu probable qu'une ou plusieurs récoltes des arbres entiers dans ces peuplements naturels, au bout de révolutions d'une cinquantaine d'années, appauvrissent beaucoup le capital stationnel en oligo-éléments. Toutefois, les prélèvements de calcium représentaient un taux élevé du capital calcique total de la station. Ce peut donc être un motif de préoccupation qui justifie d'autres études.

65. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N.; MORASH, R.; PRAGER, U. 1982. A comparison of measurements of the standing crops of biomass and nutrients in a conifer stand in Nova Scotia. Can. J. For. Res. 12:499-502.

A comparison is made of the realized and potential harvest removals of biomass and nutrients (N, P, K, Ca, and Mg) in a red spruce (*Picea rubens* Sarg.) dominated stand, as estimated by experimental harvest of two 0.5-ha plots, and through the use of biomass regressions and a stratified mean-tree approach. The latter two calculations gave estimates of potential harvest removal (standing crop) that were similar to each other, but that were higher than the removals estimated by the harvest method by an average of 29% for whole-tree biomass, 84% for N, 58% for P, 28% for K, 45% for Ca, and 41% for Mg. The differences are attributed to incomplete recovery of aboveground biomass by the experimental harvests, and to a tendency of regression techniques to overestimate standing crops.

Dans un peuplement à dominance d'épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.), on a comparé les prélèvements de biomasse et d'éléments nutritifs (N, P, K, Ca et Mg) effectués lors d'une récolte expérimentale réalisée dans deux placettes de 0,5 ha, avec ceux qu'on aurait obtenus selon une récolte potentielle de biomasse estimée à partir de techniques de régression et une approche stratifiée basée sur un arbre moyen. Les deux dernières méthodes de calcul ont produit pour le peuplement existant des estimés de récolte potentielle semblables l'un à l'autre mais qui se sont révélés plus élevés que les prélèvements obtenus lors de la récolte et ce, dans l'ordre de 29 % en moyenne pour la biomasse totale des arbres, et de 84 % pour N, de 58 % pour P, de 28 % pour K, de 45 % pour Ca et de 41 % pour Mg. On attribue ces différences au ramassage incomplet de la biomasse au-dessus du sol lors des récoltes expérimentales et à une tendance des techniques de régression à surestimer les récoltes potentielles des peuplements existants.

66. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N.; MORASH, R.; PRAGER, U. 1982. Standing crops of biomass and nutrients in a variety of forest stands in central Nova Scotia. Inst. Resour. Environ. Studies and Dept. Biol., Dalhousie Univ., Halifax, N.S., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-40. 128 p.

Data are presented of the aboveground standing crops of biomass and nutrients (N, P, K, Ca, and Mg) in various tree compartments and species, for eight softwood and eight hardwood stands in central Nova Scotia.

Des données sont présentées sur la biomasse et la teneur en éléments nutritifs (N, P, K, Ca et Mg) des diverses parties aériennes des arbres et de diverses essences, dans huit peuplements de conifères et huit de feuillus du centre de la Nouvelle-Écosse.

67. FRISQUE, G. 1979. Volume de résidus ligneux pour la production d'énergie à Parent. Résumé. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-40. 17 p.

Une étude a été effectuée, sur le chantier de coupe et à la Scierie Parent Inc., afin de déterminer la quantité et la qualité des résidus ligneux disponibles pour l'alimentation d'une éventuelle centrale thermique. Les résultats indiquent que l'on retrouve en moyenne 57,3 tonnes métriques de résidus frais à l'hectare, après une exploitation par fûts entiers dans des peuplements de pin gris. Cette valeur correspond à 37,2 tonnes métriques anhydres à l'hectare. À cela s'ajoutent

325 rémanents à l'hectare, en moyenne, pour un volume de 6,15 m³ par hectare. Il reste également 1901 souches à l'hectare dont le volume, au-dessus du sol, est évalué à 2,03 m³ par hectare. La transformation du bois à l'usine de sciage produit en moyenne et pour chaque m³ de bois empilé dans la cour de l'usine 393,3 kg de copeaux. Les quantités de résidus disponibles sont suffisantes pour alimenter une centrale thermique de 3 MW, ce qui correspond aux besoins de la scierie et du village.

See 68 for English

68. FRISQUE, G. 1979. Volume of wood residues for energy production at Parent: Summary. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-40F. 15 p.

A study was carried out on cutover areas and at the Scierie Parent Inc. sawmill to determine the quantity and quality of wood residues available to supply a possible thermal power plant. Results show that an average of 57.3 metric tonnes of fresh residues per hectare are found after tree-length logging operations in jack pine stands. This corresponds to 37.2 oven-dry metric tonnes per hectare. An additional

average of 325 residual stems per hectare is available, representing a volume of 6.15 m³/ha. There remain also 1901 stumps per hectare, with an estimated aboveground volume of 2.03 m³/ha. Wood processing in the sawmill produces, for each m³ of piled wood in the sawmill's yard, an average of 393.3 kg of chips. Available quantities of residues are sufficient to supply a 3 MW thermal plant which would meet the needs of both the sawmill and the town of Parent.

Voir 67 pour le français.

69. GODFREY, G.A. 1988. Feasibility study for the calibration, testing and evaluation of the FORCYTE-11 growth simulation model. For. Can., Pac. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-367. 28 p. + app.

To establish the scientific usefulness of the FORCYTE-11, ecosystem-based forest management simulator, its output needs to be tested against independent, empirical results. This report evaluates the suitability of three data sets for this purpose. The C.F.S. Shawnigan Lake thinning and fertilizer trials in Douglas-fir contain appropriate data on growth and yield and various other biomass and nutrient measures for tree, understorey and soils over a 15-year period. From these results approximately 40 variables would be of use in validation of the FORCYTE model. The B.C. Forest Service's Forest Productivity Installations can provide mensurational data on growth and yield for a range of Douglas-fir site classes and ages over a nine-year period. Potentially, 12 variables would be available for validation purposes. Adjacent to the Shawnigan trials is the Levels-of-Growing-Stock study. This project can provide response data on 12 variables over a 12-16 year period for the specific thinning scenario employed at the site.

Afin d'établir l'utilité scientifique du modèle FORCYTE-11, qui simule l'aménagement forestier axé sur l'écosystème, il faut en vérifier les résultats au moyen de résultats indépendants et empiriques. Dans le rapport, on évalue l'utilité de trois ensembles de données à cette fin. Les résultats des essais de coupe d'éclaircie et de fertilisation du douglas taxifolié, effectués par le SCF au lac Shawnigan, comportent des données utiles sur l'accroissement et le rendement ainsi que sur divers autres paramètres de la biomasse et des éléments nutritifs des arbres, du sous-étage et du sol, sur une période de 15 ans. D'après ces résultats, une quarantaine de variables permettraient de valider le modèle FORCYTE. Les installations de mesure de la productivité forestière du Service des forêts de la Colombie-Britannique fournissent des chiffres sur l'accroissement et le rendement dans toute une gamme de classes de stations de douglas taxifoliés sur une période de neuf ans. Douze variables seraient d'âges divers utilisables pour la validation. Dans une localité contiguë au lac Shawnigan, on étudie le matériel sur pied en croissance. Grâce à ce projet, on pourrait obtenir, sur une période de 12 à 16 ans, des données sur la réaction de 12 variables au scénario précis de coupes d'éclaircie qui y a été appliqué.

70. GRABOWSKI, T.I.; HEIDT, J.(D).; TITUS, S.J. 1981. An improved stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada. Univ. Alberta, Dept. For. Sci., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-102. 49 p. + app.

In 1979-80, a stand growth simulation model for trembling aspen in the Prairie provinces was developed. Continuation of this study in 1980-81 has led to the development of a more sensitive and sophisticated model. The original stand growth model was improved by: (1) incorporating a larger, more diverse data base for the development of growth relationships; (2) predicting tree growth rather than aggregate stand growth; (3) incorporating a mortality function which is more sensitive to stand conditions. The new aspen growth model is an individual

En 1979-1980, on a construit un modèle de simulation de l'accroissement d'un peuplement de peupliers faux-trembles des provinces de la Prairie. La poursuite de l'étude en 1980-1981 a mené à un modèle perfectionné et plus sensible, grâce aux améliorations suivantes : (1) l'intégration d'une base de données plus diversifiée et plus grande pour les corrélations avec l'accroissement; (2) la prévision de l'accroissement des arbres plutôt que de l'accroissement global du peuplement; (3) l'intégration d'une fonction de mortalité qui est plus sensible à l'état du peuplement. Le nouveau modèle d'accroissement pied par pied (indépendant de la distance) résume les caractéristiques du

tree model (distance-independent) which provides summaries of stand characteristics by diameter class at selected ages for the simulated stand. Regardless of the size of the plot from which the tree list is obtained, stand summaries are given on a per hectare basis. Thinning is the only management treatment, other than control of initial stand conditions (such as density and site), incorporated in the model.

peuplement selon les classes de diamètre à des âges donnés. Sans égard aux dimensions de la parcelle pour laquelle la liste des arbres est obtenue, les états sommaires du peuplement sont donnés hectare par hectare. La coupe d'éclaircie est la seule intervention d'aménagement qui est intégrée au modèle, si l'on excepte les conditions initiales (telles que la densité et les conditions du milieu).

- 7 GRABOWSKI, T.; HEIDT, J.(D).; TITUS, S.J. 1981. An improved stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada. Pages 61-64 *in* Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

In 1979-80, a stand growth simulation model for trembling aspen in the Prairie provinces was developed. Continuation of this project in 1980-81 has led to the development of a more sensitive and sophisticated model. The original stand growth model was improved by: (1) incorporating a larger, more diverse data base for development of growth relationships; (2) predicting tree growth rather than aggregate stand growth; (3) incorporating a mortality function which is more sensitive to stand conditions.

Un modèle de simulation de la croissance des peuplements de peupliers faux-trembles dans les provinces des Prairies a été élaboré en 1979-1980. La poursuite de ces travaux, en 1980-1981, a permis de mettre au point un modèle plus sensible et plus complexe. Le modèle initial de croissance des peuplements a été amélioré par : (1) l'ajout d'une base de données plus importante et plus diversifiée pour l'élaboration des relations de croissance; (2) la prévision au niveau de la croissance des arbres plutôt que celle de l'ensemble des peuplements; (3) l'ajout d'une fonction de mortalité plus sensible aux conditions des peuplements.

72. GREWAL, H.S. 1988. Biomass productivity in two-year-old aspen cutovers near Calling Lake and Slave Lake, Alberta. Pages 124-128 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Biomass productivity was estimated for 2-year-old aspen from cutovers in three ages of parent stands logged by two methods. The age of the previous stand affected aspen and total biomass productivity, but logging method did not. Site difference, however, is suspected to be the cause of this variation.

On a évalué la productivité de la biomasse pour des trembles de deux ans obtenus de coupes à blanc dans trois catégories d'âge de peuplements de trembles abattus selon deux méthodes. L'âge du peuplement précédent influence la productivité des trembles et de la biomasse globale, mais non la méthode d'abattage. On soupçonne toutefois que la différence d'emplacement soit la cause de cette variation.

- 73 GUIMOND, A.; DUBUC, R. 1984. Évaluation de la biomasse forestière sur le territoire non inventorié de la province de Québec. Pages 82-84 *in* S. Hasnain, éd. Compte rendu du cinquième séminaire canadien de R&D en bioénergie, Ottawa (Ontario) 26-28 mars 1984.

Ce travail consistait à cartographier un territoire d'une superficie de 450 000 km² par l'interprétation d'images de satellite. Sur le terrain, au cours des 100 heures de vol, on a accumulé plus de 3000 prises de vue obliques. De plus, nous avons réalisé 200 parcelles-échantillons de 400 m² et près de 600 études d'arbres afin d'évaluer le volume de biomasse disponible. La partie au sud de 54° de latitude N, soit 30 % du territoire, est cartographiée à l'échelle de 1:125 000 et la partie nord à l'échelle de 1:250 000. Le calcul des volumes ligneux et de la biomasse disponible sera effectué conjointement par le Centre de recherches forestières des Laurentides et le Service de l'inventaire forestier du Québec.

The object of this project was to map a 450 000 km² territory by means of Landsat. A 100-hour aerial survey allowed us to collect more than 3000 oblique-view photographs. In addition, we carried out nearly 600 tree studies on 200 sample plots of 400 m² to determine the available biomass volume. The area (30%) south of the 54th parallel is mapped on a scale of 1:125 000, and the northern part on a scale of 1:250 000. The wood content and available biomass estimates will be done jointly by the Laurentian Forest Research Centre and by the Service de l'inventaire forestier du Québec.

74. HEIDT, J.(D).; TITUS, (S)J.; HIGGINBOTHAN, K.(O). 1980. Development of a stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada. Pages 115-119 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Project P-102 was initiated 1 September 1979 to study literature, existing data, existing models and formulate the framework for a model of stand growth in trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.). The model presented will allow simulation of growth, mortality and competition as influenced by stand age, stand density, site characteristics, genetic constitution and perturbations. Growth predictions will include biomass and volume for this potentially important species. Details of plans for field studies during summer of 1980 will also be presented.

Le projet P-102, entrepris le 1^{er} septembre 1979, vise à étudier les publications, les données et les modèles existants afin d'établir le cadre d'un modèle de la croissance des peuplements de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.). Le modèle envisagé permettra la simulation de la croissance, de la mortalité et de la compétition dans les peuplements et l'étude des effets de l'âge et de la densité du peuplement, des caractéristiques du milieu, des facteurs génétiques et de leurs perturbations. Les prévisions de la croissance porteront notamment sur la biomasse et le volume de cette espèce prometteuse. Nous donnerons finalement des détails des études prévues sur le terrain pour l'été 1980.

75. HENDRICKSON, O.Q. 1988. Biomass and nutrients in regenerating woody vegetation following whole-tree and conventional harvest in a northern mixed forest. Can. J. For. Res. 18:1427-1436.

Biomass and nutrient contents of regenerating woody plants and litter fall were measured after a northern mixed conifer-hardwood forest was harvested by conventional and whole-tree methods. Before harvest, the central Ontario study site was occupied by a 95-year-old pine

Le contenu en biomasse et en éléments nutritifs des plantes ligneuses en régénération et de la litière a été mesuré après la récolte d'un peuplement mixte de conifères et de feuillus faite suivant le procédé conventionnel et la méthode par arbres entiers. Avant la récolte, la station localisée dans le centre de l'Ontario était occupée par un peuplement de

(*Pinus resinosa*, *P. strobus*) and aspen (*Populus tremuloides*, *P. grandidentata*) stand growing on gently rolling, gravel-free outwash sands. Four years after harvest, aspen abundance increased 100-fold in both harvested areas, with higher densities after whole-tree harvest (WTH) (4.1 stems/m²) than after conventional harvest (CH) (2.7 stems/m²). No self-thinning of aspen occurred between 2 and 4 years after harvest. Total aboveground woody biomass accumulated at 2.0 t/ha/year in the WTH area and 1.5 t/ha/year in the CH area; the preharvest rate was 2.0 t/ha/year. Although WTH did not reduce initial rates of biomass production, *Populus* spp. had lower concentrations of N, Ca and Mg in the WTH area than in the CH area. There may be a danger that WTH on less fertile sites in the region will produce dense, unproductive aspen stands with low rates of self-thinning.

pins (*Pinus resinosa*, *P. strobus*) et de peupliers (*Populus tremuloides*, *P. grandidentata*) âgé de 95 ans et établi sur un terrain de déjection sableux peu accidenté dépourvu de gravier. Quatre ans après la récolte, l'abondance des peupliers s'était accrue de 100 fois dans les deux étendues récoltées, la densité étant supérieure après le procédé par arbres entiers (4,1 tiges/m²) qu'après le procédé conventionnel (2,7 tiges/m²). Aucune éclaircie naturelle ne s'est produite avec les peupliers entre 2 et 4 ans après la récolte. La biomasse ligneuse totale au-dessus du sol s'est accumulée au taux de 2,0 t/ha/an dans la coupe par arbres entiers et à celui de 1,5 t/ha/an dans la coupe conventionnelle; le taux d'avant la récolte était de 2,0 t/ha/an. Bien que la coupe par arbres entiers n'ait pas réduit le taux initial de production de biomasse, les peupliers avaient de plus faibles concentrations de N, Ca et Mg dans l'étendue récoltée par arbres entiers que dans celle récoltée conventionnellement. Il existe un risque que la coupe par arbres entiers pratiquée dans des stations peu fertiles de la région produise des peuplements denses et improductifs de peupliers avec de faibles taux d'éclaircie naturelle.

76. HOPWOOD, W.A. 1982. Coordination of biomass estimation for Canada. Pages 69-73 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

This is an ongoing project, the object of which is to coordinate, at a close technical level, the development of biomass estimation equations and their application to the forest inventory data of all provinces and territories, in order to generate forest biomass estimates according to the specifications of the Canadian Forestry Service's Canadian Forest Resource Data System.

Il s'agit d'un projet en cours, dont l'objectif est d'assurer la coordination technique de la mise au point des équations d'évaluation de la biomasse et de leur application aux données d'inventaire forestier de toutes les provinces et territoires, en vue d'obtenir une évaluation de la biomasse forestière conformément aux spécifications du Système canadien de données sur les ressources forestières du Service canadien des forêts.

77. HOPWOOD, W.A. 1982. Forest biomass inventory of Canada. Pages 78-83 in Proc. Sixth Int. FPRS Indust. Wood Energy Forum 82, Washington, D.C., 8-10 March 1982.

The objectives of this project are to prepare a biomass inventory by 1984 which will define the quantity, form and location of forest biomass in Canada. The basic approach to preparing this inventory involves: (a) sampling the major tree species across Canada to derive single-tree mass equations for various tree component

Les objectifs du projet sont de dresser l'inventaire de la biomasse d'ici 1984. Cet inventaire permettra de déterminer la quantité, la forme et l'emplacement de la biomasse forestière au Canada. À cette fin, on : a) échantillonnera les principales essences partout au Canada afin de construire des équations de la masse des diverses parties des arbres; b) appliquera ces équations aux inventaires

categories; (b) application of these single-tree equations to the forest inventory data of Canada's provinces and territories in order to generate biomass estimates. These biomass estimates will be incorporated into the Canadian Forest Resource Data System by converting them to the national forest classification, and summarizing the data by cells (summary units such as map sheets or townships). The summarized biomass inventory data will be published and will be stored so that they will be widely and quickly accessible.

forestiers des provinces et des territoires du Canada afin d'estimer la biomasse. Ces estimations seront intégrées au Système canadien de données sur les ressources forestières par leur conversion à la classification nationale des forêts et par l'établissement de résumés de données par cellules (unités récapitulatives telles que les feuilles de cartes ou les cantons et townships). Les résultats de l'inventaire de la biomasse ainsi résumés seront publiés et stockés de façon à être largement et rapidement accessibles.

78. HORTON, K.(W). 1979. Softwood biomass data collection in Ontario - 1978. Pages 43-44 *in* Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

Methodology is presented for determining the total biomass of a predetermined plot of trees. Details of delineating the plot, tallying species, selecting samples and relating green weight to dry weight are given. Total biomass is then extrapolated from the plots to the stand.

Présentation de la méthodologie pour déterminer la biomasse totale d'une parcelle de terrain plantée d'un groupe d'arbres déterminé d'avance. Sont donnés, les détails de la délimitation de la parcelle, le relevé des espèces, la sélection des échantillons et le rapport existant entre le poids de la masse verte et de la masse sèche. La biomasse totale est ensuite extrapolée des groupes particuliers au peuplement mélangé.

79. HORTON, K.W. 1981. Aspen and white birch - A major available biomass source in Ontario. Pages 27-29 *in* Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

Over 12 million hectares of Ontario's productive forests contain aspen poplar and white birch in pure stands or mixed with conifers, and less than 10% of the annual allowable cut has been utilized. On the basis of biomass equations and yield tables developed in these studies, it is estimated that the annual growth of aspen and birch could supply up to 16% of the province's primary energy needs. The harnessing of biomass from aspen in particular, which grows much faster than major associated species and regenerates abundantly by root suckering, would incidentally solve pressing forest management concerns and greatly increase forest productivity as a whole.

En Ontario, il y plus de 12 millions d'hectares de forêt productive de peuplier faux-tremble et de bouleau à papier en peuplements homogènes ou mélangés de conifères. Cependant, la quantité d'arbres coupés représente moins de 10 % de la coupe annuelle autorisée. Or, d'après les équations et les tables de rendement établies au cours d'études sur la biomasse, on estime que la croissance annuelle de peuplier faux-tremble et du bouleau blanc peut satisfaire jusqu'à 16 % des besoins énergétiques de la province. Comme le peuplier faux-tremble pousse beaucoup plus rapidement que la plupart des autres arbres et se régénère par d'abondants drageons, l'exploitation de la biomasse qu'il représente résoudrait les problèmes pressants qui se posent dans le domaine de la gestion des forêts et augmenterait considérablement la productivité forestière dans son ensemble.

80. HORTON, K.W. 1981. Biomass potential of aspen and white birch in Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-30. 33 p.

Over 12 million hectares of Ontario's productive forests contain aspen and white birch in pure stands or mixed with conifers, and less than 10% of the annual allowable cut has been utilized. On the basis of biomass equations and yield tables developed, it is estimated that the annual growth of aspen and birch could supply up to 16% of the province's primary energy needs. Heavy concentrations are located in certain Boreal districts where biomass plants could be supplied in conjunction with established plywood, waferboard and pulpmill operations. The harnessing of biomass from aspen in particular, which grows much faster than major associated species and regenerates abundantly by root suckering, would incidentally solve pressing forest management concerns and greatly increase forest productivity as a whole. Silvicultural and management options for maximizing the potential are described.

Plus de 12 millions d'hectares des forêts productives de l'Ontario renferment du peuplier faux-tremble et du bouleau à papier en peuplements homogènes ou mélangés à des conifères, où moins de 10 % de la coupe annuelle autorisée a été effectuée. D'après les équations de la biomasse et des tables de rendement qui en dérivent, on estime que l'accroissement annuel de ces deux essences pourrait répondre jusqu'à 16 % des besoins de la province en énergie primaire. Ces essences sont fortement concentrées dans certains districts boréaux, qui pourraient alimenter des usines de transformation de la biomasse en même temps que les usines actuelles de contreplaqué, de panneaux de particules larges et de pâte à papier. L'exploitation de la biomasse du faux-tremble, en particulier, qui croît beaucoup plus rapidement que la plupart des essences qui l'accompagnent et qui se régénère grâce à d'abondants drageons racinaires, réglerait par la même occasion les problèmes urgents posés à l'aménagement forestier et accroîtrait considérablement la productivité forestière dans son ensemble. On décrit les partis sylvicoles et les partis d'aménagement permettant de maximiser ce potentiel.

81. HORTON, K.W. 1981. Biomass yield tables for aspen in Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-30. 20 p.

Biomass growth and yield tables are presented for fully-stocked aspen (*Populus tremuloides* Michx.) stands up to 90 years old in two forest regions of Ontario -- the Boreal and the Great Lakes - St.Lawrence. Whole-tree biomass maximum mean annual increments range from 2.2 to 4.7 oven-dry tonnes per hectare per year, forming a plateau between ages 40 to 70 in the Boreal Forest Region and 30 to 60 in the Great Lakes. Recommended biomass rotation ages are 40 to 30 respectively. Yields in the Boreal exceed those in the Great Lakes by from 18% to ca. 30%. Stemwood oven-dry mass constitutes 68-72% of aboveground, whole-tree mass.

L'accroissement de la biomasse et les tables de rendement sont présentés pour des peuplements de faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.), de grande densité, jusqu'à l'âge de 90 ans, dans deux régions forestières de l'Ontario : la région boréale et celle des Grands Lacs et du Saint-Laurent. L'augmentation annuelle moyenne maximale de la biomasse des arbres entiers, qui va de 2,2 à 4,7 tonnes anhydres à l'hectare, plafonne entre 40 et 70 ans dans la forêt boréale et entre 30 et 60 ans dans celle des Grands Lacs. L'âge recommandé d'exploitabilité de la biomasse se situe donc respectivement à 40 à 30 ans. Le rendement de la forêt boréale dépasse celui de la forêt des Grands Lacs de 18 à environ 30 %. La masse anhydre du bois de tige constitue de 68 à 72 % de la masse aérienne totale de l'arbre.

82. HORTON, K.W.; BANDUCCI, S.R. 1980. Native poplars and white birch as an unexploited biomass source for Ontario. Pages 51-54 *in* Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Our thesis is that these 'weed species' represent the greatest unutilized and potential biomass resource in Ontario. We aim to quantify and qualify this generalization. Our approach: (1) to determine weight equations for major species; (2) to develop biomass yield tables for trembling aspen by region and productivity classes; (3) to predict and locate the potential in Ontario from (1), (2) and provincial reinventory data; (4) to appraise relevant silvicultural and management problems and recommend methods for maximizing the potential. Most fieldwork is completed and analyses of (1) and (2) are almost complete.

Selon nous, ces espèces non commerciales constituent la plus importante source inexploitée de biomasse de l'Ontario. Nos recherches ont pour but d'évaluer qualitativement et quantitativement cette ressource. Nous procéderons par étapes, de la façon suivante : (1) élaborer les équations servant au calcul de la masse des principales espèces; (2) dresser des tables de rendement en biomasse pour le peuplier faux-tremble, par région et par classe de productivité; (3) faire des prévisions et déterminer les endroits prometteurs en Ontario à partir des résultats des deux premières étapes et des données des nouveaux inventaires provinciaux; (4) évaluer les problèmes de gestion et de sylviculture pertinents et recommander des méthodes pour maximiser les possibilités. Les travaux sur le terrain sont en grande partie terminés et l'analyse des données recueillies en (1) et (2) s'achève.

83. HOWE, J.L.; POLAND, J.S.; VAN LOON, G.W. 1988. Nutrient cycling and biomass distribution in 35K energy plantations of hybrid poplar. Pages 134-138 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Macro- and micronutrient levels in soils and tree components were determined at 15 sites for 5 hybrid poplar clones over a period of 2 years. Leaf samples were allowed to decompose in the field over a period of one year and nutrient return and biomass loss were monitored. Results and trends are discussed with respect to biomass production and nutrient cycling.

Pendant deux ans, on a mesuré à 15 endroits les niveaux d'éléments macronutritifs et micronutritifs dans le sol et les constituants ligneux de cinq clones de peupliers hybrides. On a laissé des échantillons de feuilles se décomposer sur place pendant un an et on a mesuré le rendement nutritif et la perte de biomasse. Les auteurs examinent les résultats en fonction de la production de biomasse et de la circulation d'éléments nutritifs.

84. INTERGROUP CONSULTING ECONOMISTS LTD. 1982. Availability and cost of forest biomass in Canada. EMR, Conserv. and Renew. Energy Branch, ENFOR Rep. P-224. 73 p. + app.

This study has investigated and reports on the availability of forest biomass in Canada in 38 separate regions and in a series of biomass categories including mill residues, logging residues, biomass associated with harvesting of surplus timber stands, biomass derived from salvage operations

On a étudié la disponibilité de la biomasse forestière au Canada dans 38 régions et selon divers types de biomasse (résidus de scieries, résidus de la coupe, biomasse obtenue grâce à la récolte des peuplements excédentaires, grâce aux opérations de récupération et de conversion des peuplements

and conversion of undesirable stands for rehabilitation purposes, and biomass produced under intensively managed plantation conditions.

The results of the analysis indicate that forest biomass in Canada represents an immense renewable resource of relevance for large scale energy conversion in most of the study's 38 regions. The total potential supply of forest biomass in all regions and categories in Canada is estimated at about 112 millions oven-dry tonnes (ODt) per year with this total expanding slightly to about 120 million ODt by the year 2000. Approximately three-quarters of this biomass could be available delivered to conversion centre location at prices of \$45/ODt or less. Several of the regions considered, particularly in British Columbia, Alberta, Ontario and Quebec, offer sufficient biomass supplies to meet the requirements of large scale energy conversion at delivery prices of \$30/ODt or less.

indésirables en vue de leur réhabilitation ou grâce aux plantations de ligniculture).

Les résultats de l'analyse montrent que la biomasse forestière au Canada représente une ressource renouvelable immense, qui se prête à la conversion énergétique à grande échelle dans la plupart des 38 régions étudiées. On estime à 112 millions de tonnes anhydres les réserves annuelles de la biomasse forestière de toutes les régions et catégories au Canada, tonnage qui devrait légèrement augmenter à 120 Mt d'ici l'an 2000. Les trois quarts de cette biomasse pourraient être accessibles et livrés à des usines de transformation au prix de 45\$/tonne anhydre ou moins. Plusieurs des régions examinées, notamment la Colombie-Britannique, l'Alberta, l'Ontario et le Québec, possèdent des réserves suffisantes pour répondre aux besoins d'une transformation énergétique à grande échelle au prix livré de 30 \$/tonne anhydre ou moins.

- 85 JOHN STONE AND ASSOCIATES LTD. 1983. Energy from forest biomass/L'énergie de la biomasse forestière. Environ. Can., Corp. Plan. Grp., Intergovernmental Affairs Dir. 54 p.

This paper presents some homely facts in the hope that they will help us to make more informed choices. The fundamental issue under discussion is sustainability. The paper makes the point that the pattern of demands on the forest resource is changing, and that in order to plan these changes, account must be taken of all the roles that forests play in the scheme of things. Only if conscious effort is made will all the competing demands be identified and weighed in the decision making process. If this is not done there could be some surprises as the unpredicted results of short term planning become apparent.

Le document présente des faits faciles à assimiler pouvant aider à la prise de décisions judicieuses. La question principale est celle de la durabilité de l'exploitation. Il faut tenir compte de tous les rôles des forêts dans la planification du changement en cours des demandes de ressources forestières. Seul un effort consciencieux peut permettre de faire entrer et évaluer dûment dans la prise de décisions toutes les demandes en concurrence. Sans cela, on verra peut-être des résultats imprévus de la planification à court terme.

- 86 JONES, P.H. 1979. Energy from forest biomass in Vancouver Island. Pages 39-41 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

A survey was made of the forest biomass potential of Vancouver Island, in that it could offer an alternative for the production of electricity. The study was based largely on an estimate of logging and pre-commercial milling residues. While British Columbia's mill residues have not been fully utilized, it is anticipated that logging residues will eventually become an important source of power. Additionally, this represents an important opportunity for the forest industry to become more self-sufficient in the production of power and process steam.

Un sondage a été entrepris sur le potentiel de la biomasse forestière de l'île de Vancouver, en vue de la production d'électricité. L'étude était basée en grande partie sur une estimation de l'abattage et des résidus du broyage pré-commercial. Bien que les résidus des scieries de Colombie-Britannique n'aient pas encore été intégralement utilisés, il est à prévoir que les déchets de l'abattage représenteront finalement une importante source d'énergie. De plus, ceci représente pour l'industrie forestière une occasion à ne pas négliger qui lui permettra de renforcer son autonomie dans la production de l'énergie et de la vapeur dont elle a besoin.

87. KAYLL, A.J. 1981. Biomass accumulation rates of five young, naturally regenerated Maritime cover types. Univ. New Brunswick, Dept. For. Resour., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-41. 32 p.

Equations estimating biomass for foliage, branches, stemwood and total aboveground components by species and age classes are presented. Generally, the young age classes and the non-seed origin classes had the highest variability. Microsite conditions and competition presumably contributed to the former, and type and vigour of parent tree root systems to the latter. Within a species-age class, standard errors, not unexpectedly, were lowest for total tree estimates, and highest for foliage and branch components. Inclusion of additional independent variables generally resulted in an improvement in the standard error of the estimate, but not necessarily in the correlation coefficient.

On présente les équations permettant d'estimer la biomasse du feuillage, des branches, du bois de fût et de l'ensemble des parties aériennes de l'arbre, selon l'essence et la classe d'âge. En général, on observe la plus grande variabilité dans les jeunes classes d'âge (à cause, présume-t-on, du micro-environnement et de la concurrence) ainsi que dans les classes d'origine non semencière (à cause du type et de la vigueur du système racinaire des arbres parents). À l'intérieur d'une classe d'âge d'une essence, l'erreur type — et il n'y a là aucune surprise — était minimale pour les estimations relatives à la totalité de l'arbre et maximale pour le feuillage et les branches. L'adjonction de variables indépendantes améliore généralement l'erreur type de l'estimation, mais non le coefficient de corrélation.

88. KER, M.F. 1980. Tree biomass equations for seven species in southwestern New Brunswick. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-114. 18 p.

Logarithmic equations are given for estimating fresh and oven-dry weights of several tree components for seven common tree species of southwestern New Brunswick -- white pine, hemlock, cedar, white ash, yellow birch, beech and sugar maple. Separate equations are given for each of 12 biomass components. For each

Des équations logarithmiques sont données pour l'estimation du poids à l'état frais et du poids anhydre de plusieurs parties de l'arbre pour sept essences courantes du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, à savoir le pin blanc, la pruche, le thuya, le frêne blanc, le bouleau jaune, le hêtre et l'érable à sucre. Des équations distinctes sont données pour chacune des 12 composantes de la

of these components, two or more equations were selected from among all possible equations which could be derived from four independent variables: (1) DBH, (2) height, (3) crown width and (4) crown length. Stem wood comprised from 62-73% of total aboveground weight, stem bark 5-12%, branches 13-24% and foliage 1-7%, based on the mean oven-dry weights of each component. Average DBH of sample trees ranged from 13.1 cm for yellow birch to 15.2 cm for white pine. Mean oven-dry weight of total aboveground biomass ranged from 44.9 kg for cedar to 112.0 kg for beech. Results are based on data from 46-51 sample trees per species.

biomasse. Pour chacune de ces parties, on a choisi deux équations ou plus parmi toutes les équations qui pourraient être dérivées des quatre variables indépendantes : (1) DHP, (2) hauteur, (3) largeur de cime et (4) longueur de cime. Le bois de la tige représentait 62 à 73% du poids anhydre total des parties aériennes, l'écorce de la tige 5 à 12 %, les branches 13 à 24 % et le feuillage 1 à 7 %, évaluations basées sur les poids anhydres moyens de chaque partie. Le DHP moyen des arbres d'échantillonnage allait de 13,1 cm pour le bouleau jaune à 15,2 cm pour le pin blanc. Le poids anhydre moyen de toute la biomasse aérienne allait de 44,9 kg pour le thuya à 112 kg pour le hêtre. Les résultats sont étayés sur les données recueillies à partir de 46 à 51 arbres d'échantillonnage par essence.

89. KER, M.F. 1980. Tree biomass equations for ten major species in Cumberland County, Nova Scotia. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-108. 26 p.

Logarithmic equations are given for estimating fresh and dry weights of several tree components for ten common Nova Scotian tree species -- balsam fir, white spruce, black spruce, jack pine, red pine, larch, red maple, white birch, aspen and grey (wire) birch. Separate equations are given for each of 12 biomass components. For each of these components the best (i.e. highest R^2) one- and two- variable equations are given. Independent variables tested for predictive ability were DBH, height, crown width and crown length. Stem wood comprised from 62-77% of total dry aboveground weight, stem bark 6-14%, branches 13-19% and foliage 2-11%, based on the mean weights of each component. Average DBH of sample trees ranged from 10.1 cm for grey birch to 17.7 cm for red pine. Average total dry aboveground weights ranged from 38.9 kg for grey birch to 144.1 kg for white birch. Also included in this report is information on % moisture content, ratios of dry weight to fresh weight for different components, mean weights of each component by species and softwood branch equations. Results are based on data from 42-50 sample trees per species.

Des équations logarithmiques sont données pour l'estimation du poids à l'état frais et du poids anhydre de plusieurs parties de l'arbre pour chacune des dix essences végétales communes dans la Nouvelle-Écosse -- le sapin baumier, l'épinette blanche, l'épinette noire, le pin gris, le pin rouge, le mélèze, l'érable rouge, le bouleau à papier, le bouleau gris et le tremble. Des équations distinctes sont données pour chacune des 12 composantes de la biomasse. Pour chacune de ces composantes sont données les meilleures (c.-à-d. ayant la plus haute valeur R^2) équations à une et à deux variables. Les variables indépendantes dont la capacité de prédiction a été vérifiée étaient le DHP, la hauteur, la largeur et la longueur du houppier. Le bois du fût représentait 62 à 77 % du poids sec de l'ensemble des parties aériennes, l'écorce du fût 6 à 14 %, les branches 13 à 19 % et le feuillage 2 à 11 % (base : poids moyen de chaque partie). Le DHP moyen des arbres d'échantillonnage se situait entre 10,1 cm pour le bouleau gris et 17,7 cm pour le pin rouge. Les poids secs moyens de l'ensemble des parties aériennes se chiffraient de 38,9 kg pour le bouleau gris à 144,1 kg pour le bouleau à papier. Ont été également insérées dans le présent rapport des informations sur le % de teneur en humidité, les rapports du poids sec au poids à l'état frais pour les différentes parties, les poids moyens de chaque partie par essence et les équations de branches des

résineux. Les résultats sont étayés sur les données recueillies pour 42 à 50 arbres d'échantillonnage par essence.

90. KER, M.F. 1984. Biomass equations for seven major Maritimes tree species. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-148. 54 p.

Equations are given for estimating fresh and oven-dry weights of biomass components for seven major Maritimes tree species (balsam fir, white spruce, red/black spruce, jack pine, red maple, white birch and trembling aspen). Two equations are given for each component, one using diameter at breast height (DBH) alone as the independent variable, and the other using both DBH and height. A set of stump biomass equations are included which use DBH and stump height as independent variables. These equations are based on 1400 sample trees from throughout New Brunswick and Nova Scotia. Stem disc and branch samples were oven-dried and used to estimate oven-dry/fresh weight ratios for each sample tree. A FORTRAN subroutine is included to assist in tree biomass calculations.

Ce rapport présente des équations permettant d'estimer les masses à l'état vert et à l'état sec des composantes de la biomasse pour sept essences importantes des Maritimes : le sapin baumier, l'épinette blanche, l'épinette rouge-noire, le pin gris, l'érable rouge, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble. Il donne deux équations pour chaque composante, l'une utilisant le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) comme unique variable indépendante et l'autre utilisant le DHP et la hauteur. Une série d'équations pour la biomasse de la souche utilisant le DHP et la hauteur de la souche comme variables indépendantes sont également incluses. Ces équations reposent sur un échantillon de 1400 arbres choisis dans l'ensemble du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse. Le rapport de la masse anhydre à la masse à l'état frais a été estimé pour chaque arbre à l'aide d'échantillons de la tige et des branches qui ont été séchés à l'étuve. Un sous-programme FORTRAN destiné à faciliter les calculs de la biomasse des arbres est présenté.

91. KER, M.F. 1984. Tree biomass equations for the Maritimes. Pages 75-79 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

A set of tree biomass equations was developed for estimating fresh and oven-dry weights of biomass components for seven commercially important Maritimes species, based on 1400 trees randomly selected from throughout Nova Scotia and New Brunswick. Two equations were developed for each tree component; one using tree diameter as the predictor variable and one using tree diameter and height. Another set of equations was developed for predicting stump weights from tree diameter and stump height.

On a mis au point un ensemble d'équations sur la biomasse des arbres pour estimer le poids frais et le poids après séchage au four des composantes de la biomasse de 7 grandes essences commerciales des Maritimes d'après les résultats obtenus avec 1400 arbres choisis au hasard en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. Deux équations ont été établies pour chaque type d'arbre : dans l'une, c'est le diamètre de l'arbre qui sert de variable prédictive, tandis que dans l'autre, on emploie le diamètre et la hauteur de l'arbre. On a également mis au point une autre série d'équations pour déterminer le poids d'une souche d'après sa hauteur et le diamètre de l'arbre.

92. KIMMINS, J.P. 1985. Are renewable energy resources renewable - The need for FORCYTE. Bio-Joule 8(2):16-17.

The term 'renewable energy resource' is gaining widespread use, and yet rarely is there any explicit definition of exactly what is meant. It seems to be widely assumed that resources such as forests are inherently renewable, come what may, and that so-called non-renewable resources, such as mineral deposits, are inherently non-renewable. I would like to suggest that the renewability of a resource has nothing to do with whether it is biological or not; that renewability is a socio-economic term. For any energy project, the economic viability should be evaluated. An important component of such an evaluation is the assessment of the sustained renewability of the energy resource. Such an evaluation can be conveniently conducted using an ecosystem management simulator such as FORCYTE.

De plus en plus l'expression « ressource énergétique renouvelable » se répand et, pourtant, peu de sources en donnent une définition explicite et exacte. Une hypothèse qui semble largement répandue est que les ressources telles que les forêts sont renouvelables par définition, quoiqu'il advienne, et que les ressources dites non renouvelables sont, par définition, des dépôts minéraux. Soulignons que le caractère renouvelable d'une ressource n'a rien à voir avec sa nature biologique ou non; il répond à une définition socio-économique. Il faudrait évaluer la viabilité économique de tout projet énergétique. Un élément important de cette évaluation est l'estimation de la durabilité du caractère renouvelable de la ressource énergétique. Cette évaluation peut être effectuée de façon pratique à l'aide d'un modèle de simulation de l'aménagement de l'environnement tel que le modèle FORCYTE.

- 93 KIMMINS, J.P. 1985. Future shock in forest yield forecasting: The need for a new approach. *For. Chron.* 61:503-512.

The traditional method of predicting future yields of conventional forest products and/or biomass is based on an empirical bioassay of the growth potential of unmanaged stands, or of stands subject to one of several management practices. The method employs the historical pattern of stem volume and/or forest biomass accumulation in the form of volume- or biomass-over-age curves. This type of yield predictor, which may be presented as a simple yield table or a more complex mensurational computer yield model, is widely considered to produce believable future yield predictions. However, the predictions will only be accurate if the future environmental conditions and management regimes are similar to those that pertained over the period during which the biomass accumulation on which the yield model is based occurred. This is unlikely because of many reasons.

La méthode habituelle de prédiction des rendements futurs des produits forestiers conventionnels ou encore de la biomasse est basée sur une bioestimation empirique du potentiel de croissance de peuplements non-aménagés, ou de peuplements soumis à une ou à un petit nombre d'interventions sylvicoles. Cette méthode utilise le schème habituel représentant le volume de la tige et/ou l'accumulation de la biomasse forestière en fonction de l'âge. Ce genre de prédicateur du rendement, qui peut prendre la forme d'une simple table de rendement ou d'un complexe modèle informatisé de rendement tiré de données dendrométriques, est largement considéré comme pouvant produire des prévisions valables des rendements futurs. Toutefois ces prévisions ne seront précises que si les conditions environnementales et les régimes d'aménagement futurs sont semblables à ceux qui prévalaient au cours de la période pendant laquelle l'accumulation de la biomasse s'est faite pour établir le modèle de rendement. Cela est loin d'en être le cas pour de nombreuses raisons.

Computer models of forest yield based solely on the simulation of the biological processes that determine tree growth do not at present offer a viable alternative.

Les modèles informatisés de rendement forestier issus seulement d'une simulation des processus biologiques qui affectent la croissance des arbres ne représentent pas à ce moment une solution viable.

What is needed is a generation of hybrid yield models that combine traditional mensuration models with a simulation of those growth-regulating processes. One such model is FORCYTE. Present versions of the model focus on the consequences for future production and yield of changes in forest management.

Nous avons besoin d'une génération de modèles hybrides de rendement qui inclue les modèles dendrométriques traditionnels et une simulation des processus de croissance. L'un de ces modèles est FORCYTE. Les versions actuelles du modèle mettent l'accent sur les conséquences qui surgiront des changements de la gestion sylvicole sur la production future et le rendement.

94. KIMMINS, J.P. 1986. Predicting the consequences of intensive forest harvesting on long-term productivity: The need for a hybrid model such as FORCYTE-11. Pages 31-84 in G.I. Agren, ed. Proc. of IEA Workshop on Predicting Consequences of Intensive Forest Harvesting on Long Term Productivity, Jadrass, Sweden, 24-31 May 1986. IEA/FE Project (CPC-10). Swed. Univ. Agric. Sci., Dep. Ecol. and Environ. Res., Uppsala, Sweden, Rep. No.26.

In this paper, the history of forest yield and production studies is reviewed briefly, and attention is drawn to the critical importance of understanding fine root dynamics if we wish to estimate total net primary production (NPP) rather than yield or aboveground NPP. Methods of predicting future NPP and/or yield, and some important philosophical considerations thereof are discussed, and an ecosystem simulation model of forest production, FORCYTE-11, is briefly described.

Dans cet article, on présente rapidement l'historique des études de la production et du rendement des forêts. On attire l'attention du lecteur sur l'importance cruciale de bien comprendre la dynamique des racelles, si l'on veut estimer la production primaire nette totale (PPN) plutôt que le rendement ou la PPN des parties aériennes. On discute des méthodes de prédiction de la PPN, du rendement ou des deux, ainsi que de certains points importants de doctrine, tandis que l'on décrit rapidement un modèle de simulation de la production forestière à l'échelle de l'écosystème, le modèle FORCYTE-11.

95. KIMMINS, J.P. 1988. Community organization: Methods of study and prediction of the productivity and yield of forest ecosystems. *Can. J. Bot.* 66:2654-2672.

Increasing demands for forest products and for nonproductive land uses from a diminishing forest land base will require a much improved understanding of, and ability to predict, forest productivity if all the competing needs are to be satisfied in the future. The history of forest productivity and yield studies is reviewed briefly, and the limitations of various methods of measuring forest biomass and production are discussed. Attention is drawn to the importance of understanding the allocation of net production to different biomass components, and the dynamics of small and fine roots. Three major approaches to the prediction of forest productivity and yield have developed

À cause de la diminution des territoires forestiers, de la demande accrue de produits forestiers et des pressions pour l'utilisation des terres non productives, il faut établir une bien meilleure compréhension de la productivité forestière et de meilleurs moyens pour la prédire; ceci est essentiel si nous voulons être en mesure de satisfaire aux divers besoins compétitifs dans le futur. L'auteur fait un survol historique des études de productivité et de rendement en soulignant les limitations des diverses méthodes pour mesurer la biomasse forestière et sa production. Il insiste sur l'importance de comprendre l'allocation de la production nette aux différentes composantes de la biomasse et la dynamique des petites et des fines racines. Depuis le début du 19^e siècle, trois méthodologies principales se sont développées pour

since the beginning of the 19th century: (1) a 'historical-bioassay' approach that has been used throughout the history of forest yield research; (2) a production process approach initiated in the mid-19th century; and (3) a more recent hybrid approach that combines the first two approaches. These three methodologies broadly reflect three different approaches to the study of production and yield: an empirically based population approach, a process-based autecological (ecophysiological) approach and an ecosystem approach, respectively. An example of an ecosystem-level hybrid simulation model of forest production, FORCYTE-11, is described briefly.

tenter de prédire la productivité et le rendement des forêts : (1) un test biologique basé sur l'historique des sites et utilisé tout au cours de l'histoire de la recherche sur le rendement des forêts; (2) une méthode basée sur le processus de la production amorcée au milieu du 19^e siècle; (3) une méthode hybride plus récente qui fait appel aux deux premières. Ces trois méthodologies reflètent en gros les trois différentes avenues pour l'étude de la production et des rendements; il s'agit respectivement d'une méthode empirique faisant appel aux populations, une méthode autoécologique (écophysologique) tenant compte des processus, et une méthode basée sur l'écosystème. Le système FORCYTE-11, décrit ici brièvement, constitue un exemple de modèle hybride pour la simulation de la productivité des forêts basé sur l'écosystème.

96. KIMMINS, J.P. 1988. Predicting the biomass, economic and energy yields from intensively managed forest and agro-forestry crop production systems. Pages 29-32 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Foresters have traditionally predicted future crop yields on the basis of past yields. This is the best method if one has a 'historical bioassay' of the yield potential of a site for the growth conditions under which the next crop will be grown. Such a bioassay is generally unavailable. Attempts to predict the yields solely on the basis of a simulation of growth-determining processes have not been very successful. An alternative, hybrid, approach is advocated.

Les ingénieurs forestiers ont toujours prédit le rendement des récoltes à venir à partir des rendements du passé. C'est la meilleure méthode si l'on connaît tous les paramètres des antécédents du potentiel de rendement d'une station et que l'on puisse les appliquer aux conditions éventuelles de croissance de la prochaine récolte. Or, on ne dispose généralement pas de ce type de données. Les prédictions du rendement uniquement à partir d'une simulation des processus qui déterminent l'accroissement ont été décevantes. Une solution de rechange hybride est préconisée.

97. KIMMINS, J.P. 1990. Modelling the sustainability of forest production and yield for a changing and uncertain future. Pages 6-17 in B.J. Boughton and J.K. Samoil, eds. Proc Forest Modelling Symp., Saskatoon, Saskatchewan, 13-15 March 1989. For. Can., Northwest Reg., Info. Rep. NOR-X-308. 180 p.

The experience-based models traditionally used by foresters cannot predict future forest growth and yield accurately for the altered growing conditions that are expected to accompany the population increase. Knowledge-based, process simulation stand growth models are the only way of predicting future forest growth on a particular site in the absence of

Les modèles empiriques traditionnels des ingénieurs forestiers ne permettent pas de prédire de façon précise l'accroissement et le rendement des forêts dans les conditions d'accroissement modifiées par l'augmentation démographique. Les modèles de simulation des processus, fondés sur la connaissance de ces derniers, sont la seule façon de prédire l'accroissement forestier dans une station donnée quand on manque de données précises sur les

accurate data on the past growth of forests on that site. Because they have either been too simple, or, if sufficiently complex, have had unacceptably large calibration data requirements that have limited their portability, they have been restricted to research and educational applications. An alternative approach combines 'historical bioassay' and process-based modelling approaches into 'hybrid simulation' stand models that can provide a way to rank the most probable outcomes and the sustainability of alternative stand-level management strategies under anticipated growing conditions.

antécédents de cette station. Parce qu'ils ont été soit trop simplistes, soit, s'ils étaient suffisamment complexes, trop exigeants en données d'étalonnage, ce qui en a limité les possibilités d'exécution sur certains ordinateurs, ces modèles ont été limités à la recherche et aux applications didactiques. Une solution de rechange consiste à combiner l'extrapolation des antécédents et la modélisation de processus en des modèles de « simulation hybride » des peuplements, capables de classer les résultats les plus probables ainsi que la durabilité de diverses stratégies d'aménagement des peuplements dans les conditions prévues d'accroissement.

98. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; APPS, M.J.; KURZ, W.A.; COMEAU, P.G. 1990. Predicting the yield and economic returns of forest management in a changing and uncertain future: The hybrid simulation approach. Pages 247-256 *in* L.C. Wensel and G.S. Biging, eds. Proc. IUFRO Conf. on Forest Simulation Systems, Berkeley, California, 2-5 November 1988. Univ. of Cal., Div. Agric. Natl. Res., Bulletin 1927.

The historical bioassay approach to the prediction of volume and value yields from forest management is probably the best method if future ecological and management conditions are very similar to those of the past rotation. However, under situations of changing and uncertain future conditions, the predictions of historical bioassay yield models are questionable. The ecological and biological process based simulation approach to yield and economic prediction is theoretically attractive because of its ability to predict yields in changing futures, but the complexity of this approach has so far restricted it to research and educational applications. However, the combination of these two approaches into a hybrid simulation model (eg. FORCYTE) appears to offer the best currently available method of predicting long term forest productivity and yield in a changing and uncertain future.

La prédiction du rendement en volume et du rendement économique de l'aménagement forestier par l'extrapolation des antécédents est probablement la meilleure méthode, si les conditions écologiques et les conditions d'aménagement éventuelles sont très semblables à celles de la révolution antérieure. Toutefois, quand les conditions sont changeantes et incertaines, on peut contester les résultats des modèles d'extrapolation du rendement. La prédiction des rendements et la prédiction économique par la simulation des processus écologiques et biologiques sont en théorie attrayantes parce qu'elles sont capables de fonctionner dans des conditions changeantes, mais la complexité de cette voie d'approche a jusqu'ici cantonné cette dernière dans la recherche et les applications didactiques. Toutefois, la combinaison des deux approches dans un modèle hybride de simulation (p. ex. le modèle FORCYTE) semble offrir la meilleure méthode actuellement accessible pour la prédiction à long terme de la productivité et du rendement forestiers dans un avenir changeant et incertain.

99. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; BIGLEY, R.E.; KURZ, W.(A); COMEAU, P.G.; CHATARPAUL, L. 1986. Yield prediction models: The need for a hybrid ecosystem-level approach incorporating canopy function and architecture. Pages 26-48 *in* T. Fujimori and D. Whitehead, eds. Proc. IUFRO Symp. on Crown and Canopy

Structure in Relation to Productivity, 'sukuba, Japan, 14-20 October 1985. For. and For. Prod. Res. Inst., Ibaraki, Japan.

The history of forest stand production studies can be divided into three major phases associated with three different approaches: historical bioassay, process studies and hybrid simulation. The historical bioassay approach gives believable predictions of future production, but only if future growth environments remain similar to those of the recent past. The process approach gives us an understanding of how forest production is determined, and it has the flexibility to predict growth accurately in changed future growth environments. However, process models have not been produced at the level of biological integration that is needed to make them useful predictors of the effects of changes in management on forest stand production. The hybrid simulation approach combines the historical bioassay and process approaches, the strengths of each approach compensating for the weakness of the other.

FORCYTE is an example of a hybrid stand production predictor. Its latest version combines a simulation of canopy architecture, light extinction profiles and canopy function. These are described, and some shortcomings of the present version of the model are identified.

L'historique de l'étude des antécédents de la production des peuplements forestiers peut se subdiviser en trois grandes étapes qui correspondent à trois voies d'approche : l'extrapolation des antécédents, les études de processus et la simulation hybride. L'extrapolation des antécédents prédit de façon plausible la production à venir, mais seulement si les conditions dans lesquelles l'accroissement se produira restent semblables à celles d'un passé récent. La modélisation de processus permet de comprendre les mécanismes de la production forestière et elle possède la souplesse qui lui permet de prédire avec précision l'accroissement dans des conditions nouvelles. Toutefois, les modèles de processus ne possèdent pas encore le degré d'intégration biologique nécessaire pour en faire des moyens utiles de prédiction des effets du changement de l'aménagement sur la production des peuplements forestiers. La simulation hybride combine les deux méthodes précitées, les points forts de l'une annulant les faiblesses de l'autre.

Le modèle FORCYTE est un exemple de modèle de prédiction hybride de la production des peuplements. Dans sa dernière version, il combine la simulation de l'architecture du couvert forestier, les profils d'affaiblissement de la lumière et les fonctions du couvert. Ces caractéristiques sont décrites, tandis que certaines faiblesses de la version actuelle sont identifiées.

- 100 KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; COMEAU, P.G.; KURZ, W.A.; APPS, M.J.; CHATARPAUL, L. 1988. FORCYTE-11: An example of the hybrid simulation approach to predicting the consequences for production, yield, economics, soil fertility nutrient and organic matter reserves, and energy efficiency of alternative crop production systems. Pages 305-314 in A.R. Ek, S.R. Shifley and T.E. Burk, eds. Proc. IUFRO Conf. on Forest Growth Modelling and Prediction, Vol. 1, Minneapolis, Minnesota, 23-27 August 1987. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-120. 579 p.

The eleventh version of the FORCYTE series of models is a flexible, ecosystem-level modelling framework capable of simulating most aspects of single or mixed-species even-aged forest or agroforestry crop production systems. FORCYTE-11 simulates both nutrient

La onzième version du modèle FORCYTE est un moyen souple de modéliser, à l'échelon de l'écosystème, la plupart des caractéristiques des systèmes de production agroforestière ou des systèmes forestiers équiennes constitués d'une seule ou de plusieurs espèces mélangées. Le modèle FORCYTE-11 simule à la fois le cycle des

cycling and nutrient feedback on growth, and within-canopy light intensity profiles and the effects of shading on the production efficiency of foliage. The hybrid approach to yield prediction is explained and the model is briefly described. The application of FORCYTE-11 in tropical agroforestry is discussed as an example of the model's capabilities.

éléments nutritifs et la rétroaction de ces derniers sur l'accroissement, les profils d'intensité lumineuse à l'intérieur du couvert forestier et les effets de l'ombrage sur l'efficacité de la production du feuillage. La méthode hybride de prédiction du rendement est expliquée, tandis que le modèle est brièvement décrit. L'application du modèle FORCYTE-11 en agroforesterie tropicale est présentée comme exemple des capacités de ce modèle.

101. KIRBY, C.L.; CHOW, W. 1983. A mapping and resources analysis system (MARS) at the Northern Forest Research Centre. Pages 367-386 *in* Proc. Can. Inst. Survey. Centennial Conv., Ottawa, Ontario, 19-23 April 1982.

This paper describes the Mapping and Resources Analysis System (MARS) operated by the Northern Forest Research Centre of the Canadian Forestry Service in Edmonton, Alberta. MARS includes the Systemhouse Limited RAMS system, with additional software to convert polygon map information to a grid cell data base and to interact with a mapping program called GIMMS. The project was to: (1) demonstrate how forest inventories may be converted to biomass estimates; and (2) have these inventories displayed to facilitate forest management. MARS is capable of integrating map and satellite information for the updating of maps with regard to changes caused by forest fire, clearcutting, insect and disease damage, and chemical or other disturbances.

Cette communication décrit le système d'analyse des ressources et de la cartographie (MARS) mis en vigueur par le Centre de recherche sur la forêt boréale du Service canadien des forêts à Edmonton (Alberta). MARS comprend le système RAMS du Systemhouse Limited avec un logiciel supplémentaire qui permet de convertir l'information cartographique polygone en une base de données à grille et de dialoguer avec un programme cartographique appelé GIMMS. Le projet fut fondé afin de : (1) démontrer comment les inventaires forestiers peuvent être convertis en prévisions de la biomasse, et (2) visualiser ces inventaires pour faciliter la gestion forestière. MARS est capable d'intégrer les informations cartographiques et spatiales pour permettre la mise à jour des cartes en tenant compte des changements causés par les incendies de forêts, la coupe des arbres, les dégâts causés par les insectes ou les maladies et toutes les perturbations chimiques et autres.

102. LAVERDIÈRE, M. 1980. Exploitation à grande échelle de la biomasse forestière. Pages 193-197 *in* Compte rendu du second séminaire de R&D en bioénergie, Ottawa, Ontario 26-27 mars 1980.

Cette étude vise à déterminer le volume et la qualité de la biomasse forestière laissée sur place après les opérations classiques de coupe. En 1979, nous avons terminé les échantillonnages entrepris dans quatre types principaux de peuplements forestiers : épinette noire, pin gris, espèces feuillues tolérantes et sapin-épinette. Tous les résidus (cimies, branches, tronçons) ont

The objective of this study is to quantify and qualify forest biomass left after conventional logging operations. In 1979, sampling was completed in four major forest types: black spruce, jack pine, tolerant hardwoods and spruce-fir. All logging residues (tops, branches, chunkwood) left on the ground were weighed; residual trees and stumps (aboveground) were measured to determine their volume. Moisture content samples were taken

été pesés. Nous avons aussi mesuré les arbres laissés sur place et les souches (affleurantes) afin d'en mesurer le volume. Des échantillons ont été recueillis pour la détermination de l'humidité; le volume total des résidus sera exprimé en tonnes séchées au four par hectare, selon la catégorie (cimes, branches, troncs brisés, arbres morts ou malades, souches, arbres laissés sur place).

and the total volume of logging residue will be expressed in oven-dry tonnes per hectare, and by major category (tops, branches, broken stems, dead and diseased, stumps and residual trees).

103. LAVIGNE, M.B. 1982. Tree mass equations for common species of Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-213. 14 p. + app.

Equations to predict masses of tree components were prepared for seven species common to the island of Newfoundland. Equations that are applicable to regions of the Island and to the whole Island are provided. Breast-height diameter and total height were combined for use as the predictor variable

Des équations ont été préparées pour la prévision des masses des parties constitutives de l'arbre pour sept essences ordinaires de l'île de Terre-Neuve. Des équations applicables tant aux différentes régions qu'à la totalité de l'île sont fournies. Le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale ont été combinés pour servir de variable de prévision.

104. LAVIGNE, M.B.; VAN NOSTRAND, R.S. 1981. Biomass equations for six tree species in central Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-199. 51 p.

Biomass data were collected in central Newfoundland for six major tree species. Biomass tables for oven-dried mass of above ground components and the whole tree were constructed using regression analyses. Five regression models were tested for predicting biomass. The model providing the best fit to data and having satisfactory statistical properties, was a weighted regression using D^2H as independent variable. Sum of predicted masses of components equals the predicted total mass for any combination of breast-high diameter and height.

Des données sur la biomasse furent recueillies pour six espèces principales d'arbres de la partie centrale de Terre-Neuve. Des tables de biomasse pour la masse anhydre des composantes de la portion érigée et de la totalité de l'arbre furent construites à l'aide d'analyses de régression. Cinq modèles de régression furent essayés pour prédire la biomasse. Le modèle donnant l'ensemble le mieux déterminé et ayant des propriétés statistiques acceptables, était une régression pondérée utilisant D^2H comme variable indépendante. La somme des masses prédites des composantes est égale à la masse totale prédite pour n'importe quelle combinaison de diamètre et de hauteur à hauteur de poitrine.

105. LEE, C.Y. 1982. Comparison of two correction methods for the bias due to the logarithmic transformation in the estimation of biomass. Can. J. For. Res. 12:326-331.

Finney's methods and the method of maximum likelihood for correcting the bias due to the logarithmic transformation in the estimation of biomass are presented as step-by-step procedures and are compared

Ce document présente chacune des étapes de la méthode de Finney et de la méthode de la vraisemblance maximale, qui servent à corriger l'erreur systématique due à la transformation logarithmique qui intervient dans l'estimation de la

by using empirical data and statistical theory. On the basis of theoretical considerations, ease of computation and the use of empirical data, the method of maximum likelihood is recommended.

biomasse et nous les comparons au moyen de données empiriques et de la théorie statistique. D'après les considérations théoriques, la facilité du calcul et les données empiriques, il faut recommander la méthode de la vraisemblance maximale.

106. MacQUARRIE, G.D. 1983. Trial conversion of conventional data to biomass data in Nova Scotia. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-247. 19 p. + app.

Single-tree equations are available for estimating the biomass components for some species in the Maritimes. This pilot study has developed techniques to demonstrate two methods to estimate regional biomass inventory by means of conventional forest inventory data available in Nova Scotia. Measurements from permanent sample plots are transformed by using the available biomass equations. Actual results for two counties are provided and details of missing data are discussed.

Des équations permettent d'estimer, les diverses parties de la biomasse d'arbres individuels de certaines essences des Maritimes. L'étude pilote a permis d'élaborer des techniques pour éprouver deux méthodes d'estimation de la biomasse régionale à partir d'inventaires forestiers ordinaires effectués en Nouvelle-Écosse. Les mesures effectuées sur des parcelles permanentes sont transformées au moyen des équations de la biomasse. Les résultats effectivement obtenus dans deux circonscriptions sont divulgués, tandis que l'on discute des détails des données manquantes.

107. MAHENDRAPPA, M.K.; VAN RAALTE, G.D.; MALIONDO, S.M. 1989. Forest biomass and nutrient inventories in New Brunswick. Pages 211-215 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

In New Brunswick, commercially important tree species growing on good, medium and poor sites were characterized in terms of their aboveground biomass and nutrients in their components and in the belowground portions of stands. The data are essential and useful in evaluating importance of site classes for considerations such as possible energy from biomass, environmental impacts of biomass utilization for energy, establishment of monoculture plantations and so on.

Au Nouveau-Brunswick, les principales essences commerciales sur des sites considérés bons, moyens et pauvres, ont été caractérisées selon la biomasse et les éléments nutritifs que contiennent les peuplements en surface et dans leurs parties souterraines. Les données sont utiles et même essentielles à l'évaluation de l'importance des classes de fertilité pour déterminer les possibilités d'utilisation d'énergie provenant de la biomasse; pour l'évaluation des impacts pouvant provenir de cette utilisation de la biomasse; et pour l'établissement de plantations des monocultures.

108. MAJAESS, F.G. 1982. Biomass inventory for Nova Scotia, Volume 3: The PSP biomass project report. N.S. Dept. Lands and For., For. Resour. Planning and Mensuration Div., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-247. 42 p.

The purpose of this report is to describe some of the basic techniques used in this biomass project, especially the statistical

L'objet du rapport est de décrire certaines techniques de base utilisées dans ce projet de détermination de la biomasse, notamment les calculs

computations carried out, and the two Fortran-V programs used (BIOM1 and BIOM2). The first program (BIOM1), handles the preparation of the biomass database file using the PSP data file. The second program (BIOM2), using the biomass database file prepared by BIOM1 computes and outputs the biomass inventory tables for some specific requested data.

statistiques et les deux programmes en Fortran-V (BIOM1 et BIOM2). Avec le premier programme, on prépare le fichier de la base de données sur la biomasse à l'aide du fichier de données PSP. Avec le second, on calcule, en utilisant le fichier préparé par le programme BIOM1, les tables d'inventaire de la biomasse pour certaines données spécifiquement demandées et on produit les résultats.

- 109 MAJAESS, F.G. 1982. Biomass inventory for Nova Scotia, Volume 4: The MSS project report. N.S. Dept. Lands and For., For. Resour. Planning and Mensuration Div., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-247. 26 p.

The purpose of this report is to describe the three MSS biomass programs (BIOMSS1, BIOMSS2, BIOMSS3) used to produce the multistage biomass inventory (MSSBI) tables. The first program (BIOMSS1) handles the first stage of preparing the multistage biomass database (MSSBDB) file by picking up some specific records from the multistage sample inventory (MSS) data file. The second and final stage of preparing the (MSSBDB) file is handled by BIOMSS2 program, which involves computing the component biomass values, and sorting and reducing the file prepared by the BIOMSS1 program. The third program (BIOMSS3), using the MSSBDB file, computes and outputs the MSSBI tables for some specific requested data.

L'objet du rapport est de décrire les trois programmes MSS relatifs à la biomasse (BIOMSS1, BIOMSS2, BIOMSS3), qui servent à produire des tableaux d'inventaires échelonnés de la biomasse (MSSBI). Le premier programme (BIOMSS1) s'occupe du premier stade de la préparation du fichier de la base de données échelonnées sur la biomasse (MSSBDB) en choisissant des enregistrements spécifiques du fichier des données d'inventaire échelonné des échantillons (MSS). Dans le deuxième et dernier temps de la préparation du fichier MSSBDB, c'est le programme BIOMSS2 qui intervient en calculant la biomasse des diverses parties des arbres, en triant et en réduisant le fichier préparé par le programme BIOMSS1. Le troisième programme (BIOMSS3) calcule et produit, à l'aide du fichier MSSBDB, les tableaux MSSBI des données spécifiques demandées.

110. MANNING, G.H.; MASSIE, M.R.C. 1986. Characteristics of logging residues in the Vancouver Forest Region, 1981. Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-279 8 p. + app.

Data from the B.C. Ministry of Forests Waste Survey of 1981 logging were recompiled and analyzed to characterize logging residue by type of yarding, slope of setting, season of logging and tenure. Compilations were by diameter, length and type of material. Average volume per hectare was almost 70 m³. There were no significant differences by tenure, but impacts of slope, method of yarding and season of logging were evident.

Les données de l'étude du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique sur les résidus d'exploitation produits en 1981 ont été reprises et analysées afin d'établir les caractéristiques des résidus en fonction du type de débusquage, de la pente du terrain, de la saison d'exploitation et de la tenure. Les données considérées sont le diamètre, la longueur et le type de matériel. Nous avons déterminé que le volume moyen à l'hectare était de 70 m³. Nous n'avons pas observé de différences significatives en fonction de la tenure. Par contre,

les effets de la pente, de la méthode de débusquage et de la saison d'exploitation sont évidents.

111. MANNING, G.H.; MASSIE, M.R.C.; RUDD, J. 1984. Metric single-tree weight tables for the Yukon Territory. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-250. 60 p.

Metric weight tables, by component, are presented for the four major tree species in the Yukon Territory. Weight by component is shown as a function of diameter and height. The equation form for white spruce, black spruce, lodgepole pine and trembling aspen is : $y = a + bD^2H + e$.

On donne les tables de masse en unités métriques de chaque élément constitutif des arbres des quatre principales essences du Yukon. La masse de chaque élément est donnée comme une fonction du diamètre et de la hauteur. La forme générale de l'équation pour l'épinette blanche, l'épinette noire, le pin tordu et le peuplier faux-tremble est la suivante : $y = a + bD^2H + e$.

112. MASSIE, M.R.C. 1982. Development of biomass prediction equations for Yukon tree species. Nawitka Renewable Resource Consultants Ltd. Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-141. 15 p. + app.

Nine hundred trees were felled, measured and weighed in the Yukon Territory during 1980 and 1981. Then, in cooperation with B.C. Research, biomass prediction equations were formulated for wet and dry weights for white spruce, black spruce, lodgepole pine and trembling aspen for seven ecoregions between Watson Lake and Beaver (Alaska border) and between Whitehorse and Dawson City. Three types of equations were developed that predict stem wood, bark, branches, twigs and foliage, total tree and deadwood. Volumes for all tree stems were also calculated for inside and outside bark.

En 1980 et en 1981, au Yukon, on a abattu 900 arbres que l'on a mesurés et pesés. De concert avec B.C. Research, on a ensuite construit des équations pour la prédiction du poids humide et du poids sec de l'épinette blanche, de l'épinette noire, du pin tordu et du peuplier faux-tremble de sept écorégions situées entre le Watson Lake et Beaver (frontière de l'Alaska) et entre Whitehorse et Dawson. Les trois types d'équations permettent de prédire la biomasse du bois de fût, de l'écorce, des branches, des ramilles et du feuillage ainsi que la biomasse totale de l'arbre et le bois mort. Le volume de toutes les tiges a également été calculé, avec et sans l'écorce.

113. MASSIE, M.R.C. 1990. Current biomass status of red alder in Coastal British Columbia. For. Can., Pac. For. Cent., Unpubl. Rep. ENFOR P-376 (FRDA Rep. 115). 46 p. + app.

This brief report brings together and reviews information concerning the red alder (*Alnus rubra* Bong.) resource in Coastal British Columbia. The literature review concentrates mainly on the last 12 years, but some major earlier works were included where pertinent. A variety of public and private sources were consulted to identify the current status of inventory information, management information and the utilization situation. Future information

Ce court rapport réunit et examine les renseignements concernant la ressource constituée par l'aulne rouge (*Alnus rubra* Bong.) dans la région côtière de la Colombie-Britannique. L'étude bibliographique se limite aux travaux des 12 dernières années, sans négliger certains travaux antérieurs, s'ils étaient utiles. Diverses sources publiques et privées ont été consultées pour faire le point sur les inventaires, l'aménagement et l'utilisation. La recherche et les besoins en information à venir sont évoqués et étudiés.

needs and research are suggested and discussed.

114. MASSIE, M.R.C.; MANNING, G.H. 1989. Hog fuel yield factors for British Columbia. For. Can., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-313. 15 p.

The history of utilization of woody biomass for fuel in British Columbia is reviewed. Utilization of the various potential components of hog fuel is discussed. A listing of hog fuel yield (by proportion of total volume) factors from merchantable logs, by TSA or supply block, and species grouping is presented.

Les auteurs font l'historique de l'utilisation de la biomasse forestière comme combustible en Colombie-Britannique. Ils traitent de l'exploitation des diverses composantes des déchets de bois ayant un potentiel énergétique et présentent une liste des facteurs de rendement énergétique des déchets de bois (en fonction du volume total) résultant de la coupe des grumes à valeur commerciale, par région d'approvisionnement en bois (TSA) ou carré d'approvisionnement et par groupe d'essences.

115. McDANIELS, T.L.; MANNING, G.H. 1987. Estimation of the supply of forest biomass for energy conversion in British Columbia. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-294. 20 p. + app.

This paper, using data from the national biomass inventory and other reports, derives economic supply curves for forest biomass fuels for British Columbia. These curves allow the analysis of the potential for use of bioenergy in British Columbia.

À partir de données tirées de l'inventaire national de la biomasse et d'autres rapports, cette publication établit les courbes des ressources en combustibles représentée par la biomasse d'origine forestière de la Colombie-Britannique. Ces courbes permettent d'analyser les ressources virtuelles en bioénergie de la Colombie-Britannique.

116. McDONALD, A.G. 1979. Forest biomass for energy inventory. Pages 45-48 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

Objectives of this study were to prepare an accurate stand table for two areas in hardwood forests. It was based on conventional forest inventory methods, and included the recovery and weighing of all aboveground components, as well as stump and root systems. Work was concentrated on the hard maple and yellow birch species, with trees representing the full range of sizes.

Cette étude avait comme objectif la préparation d'une table précise de peuplement pour deux zones forestières plantées de feuillus. Elle était basée sur les méthodes classiques d'inventaire forestier et comportait la récupération et le pesage de tous les éléments aériens, de même que des souches et des racines. Les travaux ont été centrés sur les érables à bois dur et les bouleaux jaunes, à tous les stades de leur croissance.

117. METHVEN, I.(R). 1983. Tree biomass equations for young plantation-grown red pine (*Pinus resinosa*) in the Maritime lowlands ecoregion. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-147. 15 p.

Prediction equations were developed for young (1-20 years) plantation-grown red

Des équations de prédiction, basées sur des rapports de dimensions ont été développées pour de jeunes

pine (*Pinus resinosa* Ait.) based on dimensional relations. The estimator varied according to age class and biomass component but $(dbh)^2$ was the best overall estimator. Biomass yields (kg/ha) from the plantations sampled tended to be lower than those reported in the literature. Reasons for this are discussed.

(1 à 20 ans) pins rouges (*Pinus resinosa* Ait.) en plantation. Le facteur d'estimation variait selon la classe d'âge et la composante de biomasse, mais le $(dhp)^2$ fut en définitive le meilleur. La production de biomasse (kg/ha) des plantations échantillonnées avait tendance à être moins élevée que celle rapportée dans la documentation. L'auteur en discute les raisons.

118. MOORE, W.C. 1986. Procom-2 mapping technique for monitoring forest depletion. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Note 32. 6 p.

The Procom-2 is an economic and universal mapping tool for accurate transfers of location-specific information from any transparent medium. It has continuous enlargement capabilities of 2 to 100 times. The outputs from the Procom-2 are the same as from aerial survey techniques for map updating purposes: lines on maps or polygons in digital data bases.

Le Procom-2 est un moyen économique et universel de cartographie qui permet le transfert précis de renseignements localisés à partir d'un transparent, quel qu'il soit. Il possède une capacité continue d'agrandissement de deux à 100 fois. Les résultats sont les mêmes que ceux des photographies aériennes, en ce qui concerne l'actualisation des cartes : traits sur cartes ou polygones dans des bases de données numériques.

119. MOORE, W.C.; CHOW, W. 1983. Computer mapping for biomass inventories. Pages 355-364 in B.S. Wellar, ed. Proc. Sixth Int. Sym. Auto. Carto. Vol. II: Auto. Carto.-Int. Perspect. Achiev. Challenges, Carleton Univ., Ottawa, Ontario, 16-21 October 1983.

The Northern Forestry Centre is developing a computer mapping capability as part of a geographic information system for the western and northern region. The initial requirement was to develop a capability for converting forest inventory maps and supporting data to a biomass data base. The location-specific data manipulations for a test inventory map from Saskatchewan are described and evaluated. The cost-effectiveness of automated reinterpretation of existing data is discussed, as is the adequacy of such reinterpretation. Future requirements for remote sensing and other integrated inputs are also considered. A complete resource analysis, mapping and information system must be designed and developed for practical and continuing operations in a clear, timely, accurate and economic manner. Further developments and operational applications are required.

Le Centre de foresterie du Nord se dote d'une capacité de cartographie assistée par ordinateur pour son système d'information géographique pour la région de l'Ouest et du Nord. Au départ, il fallait convertir les cartes des inventaires forestiers et les données à l'appui en une base de données sur la biomasse. On décrit et on évalue les manipulations de données locales pour une épreuve de carte d'inventaire de la Saskatchewan. On discute de la rentabilité et de l'à-propos de la réinterprétation automatisée des données que l'on possède déjà. On aborde également les besoins à venir de la télédétection et d'autres données intégrées d'entrée. Il faut concevoir et mettre au point un système complet d'analyse, de cartographie et d'information sur les ressources pour la poursuite des opérations de façon opportune, précise, économique et claire. Des améliorations et des applications pratiques sont nécessaires.

120. MOORE, W.C.; CHOW, W. 1987. A mapping and analysis of resources system application. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Cent., Info. Rep. NOR-X-285. 25 p. + app.

A computer mapping system was developed as part of a geographic information system to enable forest inventory maps and supporting data to be converted to a biomass data base. Application of the Mapping and Analysis of Resources System to sample forest inventory maps for Alberta, Saskatchewan, Manitoba and the Northwest Territories is described and evaluated. The resulting biomass inventory maps are reproduced, and appendices provide listings of the derived biomass data.

On a mis au point un système informatique de cartographie devant faire partie d'un système d'informations géographiques. Grâce à ce système, les données des cartes d'inventaires forestiers et les données connexes peuvent être converties pour l'alimentation d'une base de données sur la biomasse. Dans le présent rapport, les auteurs décrivent et évaluent l'application du système de cartographie et d'analyse des ressources à un échantillon de cartes d'inventaires forestiers de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et des Territoires du Nord-Ouest. Le rapport présente des reproductions des cartes de la biomasse ainsi établies et fournit en annexe les listes des données obtenues sur la biomasse.

- 121 NAWITKA RENEWABLE RESOURCE CONSULTANTS LTD. 1984. Identification of logging waste in the Vancouver Forest Region. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-296. 9 p. + app.

The report describes in quantitative and qualitative terms tree stem logging waste in the Vancouver Forest Region. The objectives were: (a) to identify logging waste by species or species groups, (b) to identify logging waste left as slash or at high lead or grapple landings, (c) to test or identify if accumulation varies by season logged and by gentle as opposed to steep slopes and (d) to identify logging waste by type of piece.

Le rapport décrit de façon quantitative et qualitative les pertes qui affligent la coupe des tiges dans la région forestière de Vancouver. Les objectifs étaient les suivants : a) identifier les pertes par essence ou groupe d'essences; b) identifier les pertes laissées sur place sous forme de rémanents ou au premier dépôt transitoire du téléphérage relevé ou du débardage à pince; c) vérifier ou déterminer si l'accumulation varie selon la saison et selon la raideur de la pente; d) identifier les résidus de la coupe selon le type de pièce de bois.

122. NIELSEN, U.; WESTBY, R. 1979. Assessment of forest biomass using a radar altimeter. Pages 71-73 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

A new forest inventory method developed by the Forest Management Institute has been tested. This is based on detailed tree measurements, derived from large-scale aerial photographs, in turn based on more accurate measurements of camera orientation and height. The latter in turn is based on work of the National Research Council with a radar altimeter that is able to discriminate between foliage attenuation

Une nouvelle méthode pour inventorier les forêts, mise au point par le Forest Management Institute, a été éprouvée. Elle est basée sur les mesures détaillées des arbres, dont les données proviennent de photographies aériennes à grande échelle, basées à leur tour sur une mesure plus précise de l'orientation et de la hauteur de l'appareil. Ces dernières sont basées à leur tour sur les travaux du Conseil National de recherche effectués à l'aide d'un altimètre-radar pouvant faire la distinction

and the ground. Further field trials are required.

entre l'atténuation du feuillage et le sol. Des essais pratiques complémentaires sont nécessaires.

123. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1980. Tree weight tables data acquisition phase - central Newfoundland 1979. Northland Associates Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-112. 18 p. + app.

This paper summarizes the data collection phase for the production of tree weight tables for the six major tree species of central Newfoundland. Green and oven-dry weights were obtained, for tree components, from 451 trees from 119 locations during the course of the study. The data were stored on the computer system at the Newfoundland Forest Research Centre. These data are to be used by the C.F.S. to develop tree weight equations.

Dans l'article, on résume en quoi consiste le rassemblement des données pour l'obtention de tables du poids des arbres des six principales essences du centre de Terre-Neuve. Au cours de l'étude, on a pesé les parties de 451 arbres de 119 localités, à l'état humide et à l'état anhydre. Les données ont été emmagasinées dans un ordinateur du Centre de recherches forestières de Terre-Neuve. Elles seront utilisées par le SCF pour la construction d'équations de la masse des arbres.

124. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1982. Avalon biomass inventory pilot trial. Northland Associates Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-240. 19 p. + app.

The study was undertaken to develop and test suitable methods for estimating biomass of unmerchantable forest lands, and to determine if such biomass data collection can be combined with the regular volume data collection of merchantable stands and integrated into the provincial forest management inventory system. During this two-phase study, field survey crews collected biomass data from 94 cruise lines and 82 permanent forest management inventory plots (Phase 1), and from 301 temporary sample plots in non-commercial forest lands (Phase 2). The experience of this biomass inventory trial suggests that it is possible to integrate collection of biomass data from both merchantable and unmerchantable stands.

L'étude a été entreprise pour élaborer et vérifier des méthodes d'estimation de la biomasse des terrains forestiers ne renfermant pas de bois marchand et pour déterminer si ce rassemblement de données sur la biomasse pouvait être combiné aux données ordinaires sur le volume des peuplements marchands, puis intégré dans les inventaires provinciaux pour l'aménagement forestier. Dans les deux étapes de l'étude, des équipes sur le terrain ont recueilli des données sur la biomasse le long de 94 transects et sur 82 parcelles permanentes d'inventaire pour l'aménagement forestier (étape 1), ainsi que sur 301 parcelles temporaires se trouvant sur des terrains forestiers non industriels (étape 2). D'après cet essai d'inventaire de la biomasse, il est possible d'intégrer les données des peuplements marchands et non marchands.

125. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1984. A review of existing data sources for calibration of the FORCYTE-10 growth simulation model to balsam fir in western Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., ENFOR Secretariat, Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-264. 27 p. + app.

This report states that, on the basis of the information provided, numerous deficiencies exist in the available data base

Dans le rapport, on affirme que, selon les renseignements fournis, la base de données exigée par le modèle de simulation de l'accroissement

as required by the FORCYTE-10 growth simulation model in Newfoundland. Reliable data are available for specific parameters, but for the most part these data do not meet all the requirements of the corresponding input files. As a result, an intensive field program will be necessary to provide measurement of several required parameters.

Certain areas have been given priority for further data collection: Biomass data must be collected for the lower age classes of balsam fir as well as for various age classes of shrub and herb communities. Additional nutrient concentration data must be collected for mature balsam fir stands and also for various age classes of shrubs and herbs. Litterfall data will have to be collected for trees, shrubs and herbs. The above data collections will be replicated to represent good, medium and poor site qualities. Additional parameters which have been given priority for further data collection include geochemical inputs, as well as decay rates for various plant components on good and poor sites.

126. OGAR, G.(E).; HUBBES, M. 1981. Biomass accumulation and nutrient uptake of some hybrid poplar clones. Pages 31-34 *in* Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

Several nutrient concentrations and contents as well as dry matter accumulation for two poplar clones DN 17 and I-45/51 have been studied under field conditions. Seasonal nutrient trends for five macronutrients indicate that foliar NPK concentrations were maximum in late spring while foliar Ca and Mg were highest during midsummer. Dry matter per hectare for the two clones increased with decrease in spacing for the rotation period of two years. The elemental contents follow the trend of dry matter accumulation. The present observations support the concept that repeated harvesting of closely spaced poplar plantations may rapidly deplete the site of its nutrients unless the plantations are frequently fertilized.

FORCYTE-10 à Terre-Neuve souffre de nombreuses lacunes. Pour des paramètres précis, les données sont dignes de confiance, mais la plupart ne satisfont pas à toutes les exigences des fichiers d'entrée correspondants. Il faudra donc mettre sur pied des travaux intensifs pour mesurer sur place plusieurs des paramètres exigés.

Certains points sont devenus prioritaires pour le rassemblement des données sur la biomasse : les classes d'âge inférieures du sapin baumier de même que plusieurs classes d'âge des associations d'arbrisseaux et d'herbes. Des données supplémentaires doivent être recueillies sur les concentrations d'éléments nutritifs dans les peuplements mûrs de sapins baumiers ainsi que dans diverses classes d'âge d'arbrisseaux et d'herbes. Des données devront être recueillies sur la chute des débris qui constituent la litière des peuplements d'arbres, d'arbrisseaux et d'herbes. Ces opérations seront répétées pour les peuplements de qualité supérieure, moyenne et médiocre. Les paramètres supplémentaires devenus prioritaires pour la collecte comprennent les données d'entrée sur la géochimie de même que la vitesse de décomposition des diverses parties des plantes, dans les stations de qualité bonne ou médiocre.

Les concentrations de plusieurs éléments nutritifs, ainsi que l'accumulation de matière sèche ont fait l'objet d'études sur le terrain pour les deux clones de peuplier DN 17 et I-45/51. L'examen des tendances saisonnières des concentrations de cinq macro-éléments nutritifs révèle que les concentrations foliaires de NPK atteignent un maximum à la fin du printemps, tandis que celles de Mg et Ca sont maximales au milieu de l'été. Dans le cas des deux clones, la teneur en matière sèche par hectare s'est accrue à mesure que l'écartement entre les rangées de plants diminuait pour la période de rotation de deux ans. Les teneurs en éléments nutritifs varient de la même façon que l'accumulation de matière sèche. Les observations actuelles confirment que des récoltes répétées de plants de peupliers étroitement espacés peuvent rapidement appauvrir le terrain en éléments nutritifs en l'absence d'épandages fréquents d'engrais.

127. OUELLET, D. 1983. Biomass equations for black spruce in Quebec. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-60E. 11 p. + app.

Biomass prediction equations for black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) were developed from sampling carried out in three regions of Quebec: Lebel-sur-Quevillon, Chibougamau and Baie-Comeau. Two series of equations are presented for predicting the green and

ovendry masses of the total aboveground tree, stem, merchantable stem, wood and bark of the merchantable stem, unmerchantable stem and crown. The first series of equations uses diameter at breast height and the total height as predictors, while the second series uses only the diameter at breast height.

Voir 129 pour le français.

128. OUELLET, D. 1983. Biomass prediction equations for twelve commercial species in Quebec. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-62E. 15 p. + app.

Biomass prediction equations were constructed for twelve commercial species from sampling conducted throughout Quebec. The coniferous species studied include eastern white pine (*Pinus strobus* L.), red pine (*Pinus resinosa* Ait.), jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.), balsam fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.), white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss), red spruce (*Picea rubens* Sarg.), and tamarack (*Larix laricina* [Du Roi] Koch.). The deciduous

species are trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.), yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britt.), white birch (*Betula papyrifera* Marsh.), sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.), and red maple (*Acer rubrum* L.). The equations are designed to predict the green and ovendry masses of the total aboveground tree, the stem, the merchantable stem, the wood and the bark of the merchantable stem, and the crown. The equations use the diameter at breast height and the total height as predictors.

Voir 130 pour le français.

129. OUELLET, D. 1983. Équations de biomasse pour l'épinette noire au Québec. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-60. 27 p. + ann.

Des équations de prédiction de la biomasse de l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) ont été construites à partir d'un échantillonnage effectué dans trois régions du Québec, soit : Lebel-sur-Quévillon, Chibougamau et Baie-Comeau. Deux séries d'équations sont présentées afin de prédire les masses vertes et anhydres de l'arbre total (partie située au-dessus du niveau du

sol uniquement), de la tige, de la partie marchande de la tige, de son bois et de son écorce, de la partie non marchande de la tige, et de la cime. La première série d'équations utilise le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale de l'arbre comme variables explicatives tandis que la deuxième série d'équations utilise le diamètre à hauteur de poitrine.

See 127 for English.

130. OUELLET, D. 1983. Équations de prédiction de la biomasse de douze essences commerciales du Québec. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-62. 15 p. + ann.

Des équations de prédiction de la biomasse forestière de douze essences échantillonnées à travers le Québec ont été construites. Ces essences sont pour les résineux : le pin blanc (*Pinus strobus* L.), le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.), le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.), l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss), l'épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.), et le mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] Koch.). Pour les essences

feuillues, ce sont : le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.), le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.), l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) et l'érable rouge (*Acer rubrum* L.). Ces équations ont pour but de prédire les masses vertes et anhydres de l'arbre total (partie située au-dessus du niveau du sol), de la tige, de la partie marchande de la tige, de son bois et de son écorce, ainsi que de la cime. Les équations utilisent le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale de l'arbre comme variables explicatives.

See 128 for English.

131. OUELLET, D. 1985. Biomass equations for six commercial tree species in Quebec. For. Chron. 61:218-222.

Six commercial species were sampled throughout Quebec and prediction equations of oven-dry masses for the total aboveground tree and its components were constructed. The coniferous species are: eastern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) and eastern hemlock (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.). The deciduous species are: red maple (*Acer rubrum* L.), white ash (*Fraxinus americana* L.), black ash (*Fraxinus nigra* Marsh.), and beech (*Fagus grandifolia* Ehrh.). The components expressed in oven-dry masses are: the total tree, the stem, the merchantable stem, the wood and bark of the merchantable stem, and the crown. A nonlinear model is used with the diameter at breast height and the total height as predictors.

Six essences commerciales ont été échantillonnées à travers le Québec et des équations de prédiction des masses anhydres de l'arbre total et de ses composantes ont été construites. Les essences résineuses sont : le thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.) et la pruche (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.). Les essences feuillues sont : l'érable rouge (*Acer rubrum* L.), le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana* L.), le frêne noir (*Fraxinus nigra* Marsh.) et le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.). Les composantes exprimées en masses anhydres sont : l'arbre total, la tige, la cime, la partie marchande de la tige, le bois et l'écorce de la partie marchande de la tige. Le modèle retenu est de forme non-linéaire et utilise le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale comme variables explicatives.

132. OUELLET, D.; FRISQUE, G. 1982. Détermination de la biomasse de l'épinette noire au Québec. Pages 89-94 in Compte rendu du quatrième séminaire de R&D en bioénergie, Winnipeg (Manitoba), 29-31 mars 1982.

L'épinette noire est l'essence commerciale la plus importante au Québec (1475 millions de m³). Afin de détecter d'éventuelles variations régionales, près de 900 tiges d'épinette noire ont été échantillonnées dans la région de Chibougamau (Centre du Québec), 90 dans la région de Lebel-sur-Quévillon (Ouest) et 90 au nord de la Baie-Comeau (Est).

Black spruce is the most important commercial species in Quebec with 1475 million m³ of standing timber. To detect possible regional variations, about 900 black spruce trees were sampled in the Chibougamau area (Central Quebec), 90 in the Lebel-sur-Quévillon area (western Quebec) and 90 north of Baie-Comeau (eastern Quebec). Each sample plot (0.04 ha in area) was made up of 30 sample trees, from which 20 trees with a DBH of 9

Chaque parcelle-échantillon d'une superficie de 0,04 ha est composée de 30 arbres-échantillons dont 20 arbres de DHP supérieur à 9 cm, choisis proportionnellement au volume sur pied. Pour les arbres de moins de 9 cm au DHP, 2 arbres par classe de diamètre ont été échantillonnés. Des équations permettant d'obtenir les masses anhydres et vertes totales de l'arbre et de chacune de ses composantes ont été établies. Aucune mesure n'a été effectuée pour la partie souterraine de l'arbre.

cm or more were selected in proportion to the standing volume. For trees with a DBH of less than 9 cm, 2 trees were sampled in every DBH category. Equations to obtain green and dry weights of the entire aboveground tree and for each component were formulated. No data were taken for the belowground part of the tree.

133. PARKER, M.L.; JOZSA, L.A.; BRAMHALL, P.A.; JOHNSON, S.G. 1980. Impact of climatic variation on Boreal forest biomass through use of tree ring analysis. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Interim Progress Rep. ENFOR P-149. 9 p. + app.

Tree growth responds to a number of factors. In this study, the investigators are concerned with the response of white spruce growth to climatic factors at different locations within the Boreal forest in Canada. Tree ring width and density data are being derived, using the technique of X-ray densitometry, for trees at sites along the two transects. These data provide information of the tree growth - climatic response relationships with respect to changes in geographic location (latitude) and with respect to changes through time (climatic change). This interim report deals with tree-ring data from trees growing near Swan Hills, Alberta.

L'accroissement des arbres obéit à un certain nombre de facteurs. L'étude s'attache à la réaction de l'épinette blanche aux facteurs climatiques qui s'exercent dans diverses localités de la forêt boréale canadienne. La largeur des cernes annuels et les données sur la densité sont dérivées de mesures effectuées par densitométrie aux rayons X dans les localités le long de deux transects. Ces données éclairent la relation entre l'accroissement et les conditions climatiques en fonction de la localité (latitude) et du temps (changements climatiques). Ce rapport provisoire porte sur les données sur les cernes annuels des arbres croissant près de Swan Hills, en Alberta.

134. PARKER, M.L.; JOZSA, L.A.; BRAMHALL, P.A.; JOHNSON, S.G. 1981. The effect of climatic variation on tree rings of spruce from the western Canadian Boreal forest. Pages 37-40 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

Tree ring samples were collected from white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) trees at a number of sites extending along the north-south transect through the Boreal forest from the tree line in the Northwest Territories to the southern limit of the Boreal forest in Alberta. Detailed earlywood and latewood, width and density chronologies have been constructed using

On a prélevé des échantillons d'anneaux de croissance sur des épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) à différents endroits le long d'un transect nord-sud qui part de l'orée de la forêt boréale, dans les Territoires du Nord-ouest, et se rend à la limite méridionale en Alberta. En appliquant une technique de densimétrie à rayons X, on a pu séparer les bois initial et final, et établir une chronologie des largeurs et densités. On étudie

the technique of X-ray densitometry. Tree growth and climate relationships are studied through time and space. The effect of climatic variation on Boreal forest biomass is examined.

la croissance des arbres en fonction des conditions climatiques dans le temps et l'espace. On examine également l'effet des variations climatiques sur la biomasse de la forêt boréale.

135. PAUL H. JONES AND ASSOCIATES LTD. 1979. Energy from forest biomass on Vancouver Island. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-197. 42 p. + app.

A study was performed on Vancouver Island to determine the availability and cost of forest biomass for energy production. Total annual availability of logging slash, red alder and material from precommercial thinnings is 195 million ft³. Cost of removal ranged from a high of \$73.50/cunit to a low of \$25.10/cunit. Within the economic road hauling distance of 30-40 miles, four generation sites were identified: Port McNeill/Beaver Cove, Campbell River/Menzies Bay, Lake Cowichan and Port Alberni. Wood costs at these locations would give a fuel cost of about 20 mills/KWH.

Une étude a été effectuée sur l'île Vancouver pour déterminer la disponibilité et le coût de la biomasse forestière en vue de la production d'énergie. La disponibilité totale annuelle de rémanents de coupe, d'aulne rouge et de matériel provenant d'éclaircies commercialisables est de 195 millions de pieds cubes. Les coûts de déblaiement ont varié de 73,50 \$ à 25,10 \$/cunite. À l'intérieur de la distance de débardage de 30 à 40 milles, quatre stations génératrices ont été identifiées; ce sont : Port McNeill/Beaver Cove, Campbell River/Menzies Bay, Lac Cowichan et Port Alberni. Les coûts de bois à ces endroits pourraient générer un coût d'environ 20 mills/kWh pour le combustible.

136. PETERSON, E.B. 1979. Volume and biomass yields of young aspen in the Prairie provinces. Pages 65-70 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

The primary objective of this study was to measure hardwood biomass yields, mainly aspen, in Alberta, Saskatchewan and Manitoba. Biomass yield tables were developed for aspen up to 40 years of age, derived from site productivity classes in a full range of stand densities. In addition, regression equations were developed for the projection of selected tree components from the more readily available tree height and diameter measurements. The raw field data is being analyzed at the Northern Forest Research Centre.

L'objectif primordial de cette étude consistait à mesurer les rendements de la biomasse de bois dur, principalement des trembles, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Les tables de rendement de la biomasse furent mises au point pour les trembles ayant jusqu'à 40 ans, compte tenu des catégories de productivité sur une gamme totale de densités de peuplement. De plus, les équations de régression ont été mises au point pour savoir quels sont les éléments sylvestres sélectionnés à partir des arbres d'un diamètre et d'une hauteur plus aisément disponibles. Les données brutes sont en cours d'analyse au Centre des recherches forestières du Nord.

137. PETERSON, E.B.; CHAN, Y.-H.; PETERSON, N.M. 1988. Biomass and nutrient content of aspen ecosystems in Alberta, Canada. Pages 119-123 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

This study estimated ecosystem biomass and nutrient content in 15-, 30- and 45-year Alberta aspen stands. Data from 37 sample plots were used to develop weight tables for aboveground tree components and for total aboveground weight. Regression equations were developed to relate root dry weight to tree height and tree diameter. Nutrient content (N, P, K, Ca, Mg, S) of each component was estimated from biomass and nutrient concentration data. Potential nutrient cycling consequences are outlined for harvest removals of various combinations of biomass components.

Cette étude évalue la teneur en biomasse et en éléments nutritifs des peuplements de peuplier de 15, 30 et 45 ans en Alberta. Des données sur 37 terrains types servent à mettre au point des tableaux de poids pour les constituants aériens des arbres et pour le poids aérien total. Des équations de régression permettent de lier le poids sec des racines à la hauteur et au diamètre des arbres. La teneur en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg, S) de chaque constituant est évaluée à partir de données sur la concentration en biomasse et en éléments nutritifs. Les auteurs décrivent les conséquences possibles de la récolte de différentes combinaisons de constituants de la biomasse sur la circulation des éléments nutritifs.

38. PETERSON, E.B.; LEVSON, V.(M).; KABZEMS, R.(D). 1980. Upper limits of standing crop density and growth rates for woody species in the Prairie provinces. Pages 245-249 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Summer (1979) sampling in young stands of deciduous and coniferous tree species and in dense stands of shrub species, revealed that standing crop density (kg/m^3) of these stands commonly reaches the 1 kg/m^3 (dry weight) characteristic of mature forest stands. High values, in excess of 4 kg/m^3 (dry weight), were found in some stands of alder, aspen and alpine fir, all under 20 years of age. These results have important implications for the design of biomass harvesters.

Des échantillonnages, effectués pendant l'été 1979 dans de jeunes peuplements d'espèces feuillues et de conifères ainsi que dans des peuplements denses d'arbustes ont montré que ces peuplements atteignent habituellement une densité de 1 kg/m^3 (poids sec), densité caractéristique des peuplements forestiers matures. Certains peuplements d'aulnes, de peupliers et de sapins de l'Ouest de moins de vingt ans avaient même des densités dépassant 4 kg/m^3 (poids sec). Ces résultats auront une incidence importante sur la conception des engins de récolte de la biomasse.

39. PETERSON, E.B.; LEVSON, V.M.; KABZEMS, R.D. 1982. Upper limits of standing crop density for woody species in the Prairie provinces. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-243. 44 p. + app.

Young tree and shrub stands in Alberta, Saskatchewan and Manitoba were sampled in 1979 to obtain estimates of maximum standing crop density. Aboveground standing crop values double the regional averages were found, with the upper limit dry weights of 16.9 t/ha for a 3-year-old aspen-alder stand, 18.1 t/ha for a 4-year-old aspen-alder stand, and 29.6 t/ha for a 5-year-old aspen stand. Some young stands achieved standing crop densities comparable to those of fully closed mature stands. Recorded standing crop densities

En 1979, on a étudié par places-échantillons des peuplements de jeunes arbres et arbrisseaux en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba afin d'estimer la densité maximale des tiges sur pied. Les valeurs obtenues pour les parties aériennes étaient le double des moyennes régionales, les chiffres les plus élevés du poids anhydre étant de 16,9 t/ha et de 18,1 t/ha pour des peuplements d'aulne et peuplier de trois ans et quatre ans, respectivement, et de 29,6 t/ha pour un peuplement de peuplier de cinq ans. Quelques jeunes peuplements ont atteint des densités comparables à celles des peuplements de grande densité parvenus à

included 2.16 kg/m³ for an 8-year-old willow stand, 1.66 kg/m³ for an 8-year-old lodgepole pine stand, and 1.19 kg/m³ for a 9-year-old alder stand. Equations for predicting foliage dry weight, wood dry weight and total aboveground dry weight from independent variables of stem diameter, stem height, stand age and number of stems per hectare yielded results of low reliability.

maturité. On a enregistré des densités de 2,16 kg/m³ pour un peuplement de saule de huit ans, de 1,66 kg/m³ pour un peuplement de pin tordu latifolié de huit ans et de 1,19 kg/m³ pour un peuplement d'aulne de neuf ans. Les équations servant à calculer le poids anhydre du feuillage, du bois et de l'ensemble des parties aériennes à partir de variables indépendantes, c'est-à-dire le diamètre et la hauteur de la tige, l'âge du peuplement et le nombre de tiges par hectare ont donné des résultats peu satisfaisants.

140. POLAND, J.S.; van LOON, G.W. 1989. Nutrient relationships in poplar plantations. For. Can., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl. Contractor's Rep. 178 p.

Biomass, and soil and foliar nutrient concentrations from the 1 K (Domtar) plantations are reported. Results are tabulated by clone/age group and are the mean of all analyses for a given category. The results of correlations done between the various measured parameters are listed. The data, while extensive, show little evidence of good correlation between soil properties and leaf nutrient concentrations. The results for correlations between nutrient concentrations in the samples from the 35 K (Kemptville) plots are also given. As with the 1 K plantations, these simple relations generally show considerable variability. There may be a significant correlation between leaf and soil phosphorous but for all the other elements there would appear to be no consistency.

Les concentrations d'éléments nutritifs dans le feuillage, le sol ainsi que la biomasse dans les plantations 1 K (Domtar) sont données dans des tableaux organisés selon le clone et l'âge, et elles constituent la moyenne de toutes les analyses effectuées pour une catégorie donnée. Les résultats des corrélations effectués entre les divers paramètres mesurés sont énumérés. Malgré cette masse de données, on trouve peu d'indications d'une bonne corrélation entre les propriétés du sol et les concentrations d'éléments nutritifs dans le feuillage. Les résultats des corrélations entre les concentrations d'éléments nutritifs dans les échantillons prélevés dans les parcelles 35 K (Kemptville) sont également donnés. Comme dans les plantations 1 K, ces relations simples sont généralement très variables. Entre la teneur en phosphore du feuillage et celle du sol, la corrélation peut être forte, contrairement à celle qui existe entre tous les autres éléments, où il ne semblerait pas y avoir de corrélation constante.

141. POLLOCK, W.S. 1979. Development of a method for predicting logging residues. Pages 79-81 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

A technique has been described for inventorying total biomass in uncut natural forest stands. This includes assessment of standing trees below merchantable size, standing dead trees, or tree components lying on the forest floor. This will help in predicting total biomass availability for future commercialization.

Une méthode a été décrite pour procéder à l'inventaire de la totalité de la biomasse dans un peuplement forestier naturel, non coupé. Ceci comprend l'évaluation du peuplement en arbres dont la hauteur est inférieure aux normes de commercialisation, les peuplements d'arbres morts, ou les éléments d'arbres reposant sur le sol forestier. Ces travaux aideront à prévoir la disponibilité de la biomasse totale en vue de la commercialisation future.

142. POLLOCK, W.S. 1979. Development of a method to predict logging residues. Timmerlin Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-23. 20 p.

It was tried to see if there was a correlation between the standing tree data and the dead tree material lying on the forest floor in each forest type, and no correlation was found. Then it was concluded that the volume and weight of fallen trees or components of trees lying on the forest floor could not be predicted from forest inventory data. It was evident that stand origin, history and specific site conditions are more important parameters in predicting the volume and weight of downed tree components lying on the forest floor, but these parameters would be very difficult, if not impossible to quantify for inclusion in a prediction. The volume of material on the ground varied from 1.7 m³ per hectare to a high of 64.5 m³ per hectare, or from 0.6 metric tonnes per hectare to 19.9 metric tonnes per hectare.

On a tenté, mais en vain, de découvrir une corrélation entre les données sur les arbres sur pied et sur les arbres morts gisant sur le sol forestier, dans chaque type de forêt. On en a conclu que le volume et la masse des arbres et des parties d'arbres gisant sur le sol forestier ne pouvaient pas être prédits à l'aide des données de l'inventaire forestier. Il était évident que l'origine du peuplement, ses antécédents et les conditions stationnelles spécifiques sont des paramètres plus importants dans la prédiction du volume et de la masse des parties des arbres gisant sur le sol, mais que ces paramètres pouvaient être très difficiles, sinon impossibles, à quantifier pour les inclure dans une prédiction. Le volume de la matière végétale au sol variait de 1,7 à 64,5 m³/ha, soit de 0,6 à 19,9 t/ha.

143. POLLOCK, W.S.; LEBLANC, J.D. 1982. Biomass equations, data acquisition phase, Northwest Territories 1981. Pages 75-78 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

This paper summarizes the data collection phase for the development of predictive component biomass equations for the six major tree species in the Northwest Territories. Additional sampling was carried out for the forest fire research and climatological studies. Green weights were obtained for tree components by field sampling a wide range of tree sizes. Oven-dry weights were obtained of component sub-samples. Three hundred and thirty-six trees were sampled from three locations.

Ce document résume la phase d'acquisition des données d'un programme visant à définir des équations de prévision des composantes de la biomasse pour les six espèces arborifères principales des Territoires du Nord-Ouest. Un échantillonnage supplémentaire a été exécuté pour la recherche sur les incendies de forêt et pour des études climatiques. Des pièces de bois vert ont été pesées après échantillonnage sur le terrain d'un grand nombre d'arbres de différentes grosseurs. Des pièces séchées au four, prélevées sur les échantillons originaux, ont été étudiées. Trois cent trente-six arbres ont été échantillonnés dans trois zones.

144. POLSON, J.; WHITING, J. 1988. A preliminary determination of Saskatchewan non-core area wood supply. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-334. 24 p.

MSS Digital Satellite image data were used to classify non-core area woodland lying south of the Weyerhaeuser lease

Les données des images satellites numériques à balayage multispectral ont servi à classer les régions boisées périphériques qui se trouvent au sud de la

area. Fixed-wing aircraft were used to obtain ground data for input into the ARIES II digital analysis system and to assess the accuracy of classifications produced. Color thematic maps at a scale of 1:125 000 were produced as well as tabular data and area statistics for these maps. Classes included were lakes and rivers, hardwood dominant, softwood dominant, cultivated land, bogs and willows. In addition, maps were also created of roads, rural municipal boundaries, townships and ranges, land tenure and soil data (texture and slope). All of these data are in digital form and can be manipulated by GIS modelling equations.

concession accordée à Weyerhaeuser. Des avions à voilure fixe ont permis d'obtenir les données au sol à charger dans le système d'analyse numérique ARIES II et d'évaluer la précision des classements produits. On a produit des cartes thématiques en couleur à l'échelle de 1/125 000 de même que des tableaux de données et de statistiques sur les régions représentées. Les classes représentées étaient les lacs et les cours d'eau, les peuplements de feuillus dominants, les peuplements de résineux dominants, les terres cultivées, les marais et les peuplements de saules. En outre, on a créé des cartes pour représenter les routes, les limites des municipalités rurales, les townships et les rangs, les tenures et les données sur les sols (texture et pente). Toutes ces données numérisées peuvent être intégrées dans des équations de modélisation des systèmes d'information géographique.

145. REID, COLLINS; SILVIBA. 1990. Residual wood for energy and manufacture: New opportunities in Saskatchewan and Manitoba. For. Can., Nor. For. Cent., Brochure. 2 p.

Residual wood volumes left after logging and after wildfire are presented for five supply areas located along the forestry-agriculture fringe zone in Saskatchewan and Manitoba. Wood volumes are presented by supply region and summarized by species, piece size and tree component for the major cover types (viz softwoods, hardwoods and mixedwoods). Logging residues averaged 48 m³ per ha consisting mainly of slash, while 124 m³ per ha of fire killed standing timber occurred after wildfire. These significant waste wood volumes may be utilized for energy production or processed into a number of forest products.

Pour cinq régions productrices situées à l'interface du domaine forestier et du domaine agricole en Saskatchewan et au Manitoba, on donne les volumes résiduels de bois laissés après la coupe et après le passage de l'incendie forestier. Les volumes sont présentés région par région, et, pour les principaux types de couverts forestiers (p. ex. résineux, feuillus et bois mélangés), les chiffres sont résumés par essence, classe de dimensions des bois et partie de l'arbre. En moyenne, le volume des résidus de la coupe totalise 48 m³/ha et il est surtout constitué de rémanents, tandis que, après l'incendie, on retrouve, à l'hectare, 124 m³ de bois mort debout. Ces volumes considérables peuvent servir à produire de l'énergie ou être transformés en un certain nombre de produits forestiers.

146. SINGH, T. 1982. Biomass equations for ten major tree species of the Prairie provinces. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-242. 35 p.

Ten major tree species of the Prairie provinces were sampled for aboveground biomass in 1979 and 1980 in order to develop regional biomass equations. Measurements were taken of diameter, height, crown length and width, age, and the biomass weights of subsamples obtained from tree stem and nonstem components. Oven-dry weights for the

En 1979 et 1980, on a échantillonné dix essences d'arbres importantes des Prairies pour déterminer la biomasse au-dessus du sol afin d'établir des équations régionales de la biomasse. On a mesuré le diamètre, la hauteur ainsi que la longueur et la largeur du houppier des arbres, et on a déterminé leur âge ainsi que le poids de la biomasse de sous-échantillons prélevés sur les tiges et sur d'autres parties des arbres. Au laboratoire, on a séché à

subsamples were determined in the laboratory and were used to calculate the dry/fresh weight ratios and bark/wood weight ratios for the sampled tree components. Five variables based on diameter and height measurements (D, H, D²H, D², and D³) were tested in all combinations as predictors for biomass. A multiple regression model using all five variables provided the best estimates. A polynomial model based on D, D², and D³ and a model based on only D²H were nearly as good. Equations derived from the three models are presented for each of the 10 tree species.

l'étuve et pesé les sous-échantillons pour calculer les rapports du poids sec au poids frais ainsi que du poids de l'écorce au poids du bois. On a vérifié dans toutes leurs combinaisons possibles 5 variables (D, H, D²H, D², et D³) où entraient la mesure de diamètre et de la hauteur et qui permettraient de calculer la biomasse. On a obtenu les meilleurs résultats avec un modèle à régression multiple utilisant les 5 variables. Un modèle à polynômes utilisant D, D², et D³ et un modèle où entrait seulement D²H ont été presque aussi bons. Pour chacune des 10 essences, on présente les équations établies à l'aide de ces trois modèles.

147. SINGH, T. 1982. Weight tables for important tree species in the Prairie provinces. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Note 14. 4 p.

The dry weight tables presented in this note were derived from data obtained in field and laboratory sampling of 60 trees of each of 10 species in Alberta, Saskatchewan and Manitoba. Using the D and H measurements, regression equations were thus obtained for balsam fir, alpine fir, white birch, tamarack or eastern larch, white spruce, black spruce, jack pine, lodgepole pine, balsam poplar and trembling aspen.

Les tables du poids sec présentées dans cette note proviennent de données obtenues, sur le terrain et en laboratoire, d'un échantillon de 60 arbres répartis également entre 10 essences, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. À l'aide des mesures du diamètre et de la hauteur, on a obtenu des équations de régression pour le sapin baumier, le sapin subalpin, le bouleau à papier, le mélèze laricin, l'épinette blanche, l'épinette noire, le pin gris, le pin tordu, le peuplier baumier et le peuplier faux-tremble.

148. SINGH, T. 1983. Weight tables for important tree species in the Northwest Territories. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Note 27. 4 p.

Weight tables were prepared on the basis of diameter outside bark at breast height (D) and total height of the tree (H), because these are the most commonly measured characteristics of a forest tree. The data used for the derivation of regression consisted of field and laboratory determinations made on 336 trees belonging to six major tree species of the Northwest Territories.

Des tables des masses ont été préparées à partir du diamètre à hauteur de poitrine avec écorce (D) et de la hauteur totale de l'arbre (H), puisque ce sont les caractéristiques les plus souvent mesurées d'un arbre forestier. Les données qui ont servi à la régression provenaient de déterminations sur le terrain et en laboratoire effectuées sur 336 arbres appartenant à six essences importantes des Territoires du Nord-Ouest.

149. SINGH, T. 1984. Biomass equations for six major tree species of the Northwest Territories. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-257. 22 p.

Biomass data obtained from 336 trees representing six major species of the Northwest Territories were used to derive regression equations for estimating oven-dry biomass for stem and nonstem components. The predictor variables were the diameter at breast height outside bark and the total height of the tree. Prediction equations based on three models were derived for merchantable stem, nonmerchantable stem, live large branches and live small branches including foliage. The best estimates were provided by a multiple regression model using five predictor variables. Equations are included for predicting total oven-dry biomass of living tree above ground with and without foliage. Also presented are 95% confidence bands for the oven-dry biomass weight prediction and pie diagrams for the stem and nonstem biomass dry weights.

On a utilisé les données sur la biomasse de 336 arbres représentant six espèces importantes des Territoires du Nord-Ouest pour établir des équations de régression permettant d'estimer la biomasse anhydre de la tige et des autres parties de l'arbre. Les variables retenues sont le diamètre à hauteur de poitrine avec écorce et la hauteur totale de l'arbre. À l'aide de trois modèles, on a établi des équations pour quatre composants différents, soit la tige marchande, la tige non marchande, les grosses branches vivantes et les petites branches vivantes, y compris le feuillage. Les meilleures estimations ont été celles d'un modèle à régressions multiples utilisant cinq variables. Le document comprend des équations pour le calcul de la biomasse anhydre totale des parties aériennes des arbres vivants, avec et sans feuillage. Il présente également des bandes de confiance à 95 % pour le calcul du poids de la biomasse anhydre et des diagrammes montrant la répartition de la tige et des autres parties de l'arbre d'après le poids net de leur biomasse.

150. SINGH, T. 1984. Biomass weight tables for the Prairie region. Pages 6-7 in *Growth, Yield, and ENFOR*. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Forestry Report 29.

The first step in estimating forest stand biomass by components is the development of weight tables for different species in terms of easily measurable variables such as diameter at breast height (dbh) and total height. These relationships have now been developed for all major tree species of the prairie provinces. Three different models using dbh and total height as predictor variables for estimating the oven-dry biomass have shown good fit. For living tree aboveground biomass (without foliage), the R^2 values for the 10 tree species ranged from 0.96 to 0.99 for the best model. Using dbh alone, R^2 values also ranged from 0.96 to 0.99, although most species were near the lower end of this range.

La première étape dans l'estimation de la biomasse d'un peuplement forestier, selon les diverses parties des arbres, est la construction de tables des masses des différentes essences dont les entrées sont des variables faciles à mesurer telles que le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale. Ces rapports sont maintenant connus pour les principales essences de la Prairie. Trois modèles qui utilisaient le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale comme variables pour l'estimation de la biomasse anhydre se sont révélés justes. Pour la biomasse aérienne des arbres vivants (sans le feuillage), les valeurs R^2 des 10 essences ont varié de 0,96 à 0,99, dans le cas du meilleur modèle. À partir du diamètre à hauteur de poitrine uniquement, les valeurs R^2 ont également varié entre les mêmes limites, mais la plupart des essences se trouvaient à la limite inférieure de cet intervalle.

151. SINGH, T. 1984. Conversion of tree volume to biomass in the Prairie provinces. *Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Note 28*. 7 p.

Provincial forest inventories in the Prairie provinces provide information on the

Les inventaires forestiers provinciaux de la région de la Prairie renseignent sur le volume marchand

merchantable volume of forest trees and related data. This information can be used with the help of appropriate conversion factors or equations to obtain biomass. Each tree species was considered individually for such conversions, and separate prediction equations based on provincial merchantability limits were derived for the construction of biomass tables.

des arbres forestiers et sur des caractéristiques connexes. Les renseignements peuvent servir, avec le concours des coefficients et des équations utiles de transformation, à calculer la biomasse. Chaque essence a été prise individuellement en considération pour ces calculs, et des équations distinctes de prédiction, fondées sur les limites provinciales de la qualité marchande, ont été obtenues pour la construction de tables de la biomasse.

152. SINGH, T. 1984. Energy potential of coniferous tree species in the Prairie provinces of Canada. Pages 85-88 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Conifers are the predominant timber and pulpwood tree species in the Prairie provinces. The estimated unused forest biomass after harvest and the total energy potential of the conifer tree species are presented here according to merchantable and nonmerchantable components. The main conifers in Alberta, Manitoba and Saskatchewan have the gross energy potential of 15 606 PJ on an oven-dry weight basis, compared to 10 199 PJ for the main hardwood tree species. The nonmerchantable portions of conifers comprise 19.7% of the total biomass potential energy.

Les conifères constituent les principales essences de bois de sciage et de papeterie utilisées dans les provinces des Prairies. Des estimations de la biomasse forestière abandonnée sur le parterre de coupe et du potentiel énergétique total des espèces résineuses sont présentées selon les composantes commerciales et non commerciales. En Alberta, au Manitoba et en Saskatchewan, les principaux conifères ont une énergie potentielle brute de l'ordre de 15 606 PJ basée sur le poids sec comparativement à 10 199 PJ pour les principales espèces feuillues. Les parties non commerciales des conifères renferment 19,7 % du potentiel énergétique total de la biomasse.

153. SINGH, T. 1986. Generalizing biomass equations for the Boreal Forest Region of west-central Canada. For. Ecol. Manag. 17:97-107.

Living tree dry weight estimates are needed for resource inventories and are usually predicted by using equations based on tree diameter and height for each species. Two procedures (prediction error sum of squares and covariance analysis) were used to assess errors in prediction when local regression equations were combined to form generalized regional equations based on sampling of similar stands distributed extensively over well-defined vegetation regions in west-central Canada.

Pour l'inventaire des ressources, on a besoin de l'estimation de la masse sèche des arbres vivants, paramètre que l'on prédit actuellement au moyen d'équations fondées sur le diamètre et la hauteur des arbres de chaque essence. Au moyen de deux méthodes (somme des carrés de l'erreur de prédiction et analyse de la covariance), on a évalué l'erreur de prédiction qui résulte de la combinaison des équations locales de régression pour l'obtention d'équations régionales généralisées fondées sur l'échantillonnage de peuplements semblables répartis d'un bout à l'autre de régions floristiques bien définies du centre-ouest du Canada.

154. SINGH, T. 1986. Prediction error in tree biomass regression functions for western Canada. Pages 199-208 in E.H. Wharton and T. Cunia, comps. Proc. Workshop on Tree

Biomass Regression Funct., Contrib. Error For. Inven. Estimates, Syracuse, N.Y., 26-30 May 1986.

Biomass equations were derived for eight commercial tree species in the Boreal Forest Region of western Canada, using two regression functions based on diameter and a combination of diameter and height. The model based on diameter and height regression function gave excellent predictions when validated using independent data; R^2 obtained for the predictions based on this regression function for regional and Alberta applications were 0.99 and 0.97 for trembling aspen, and balsam fir had R^2 values of 0.96 for both regional and Alberta applications.

Pour huit essences commerciales de la région forestière boréale de l'ouest du Canada, on a obtenu des équations de la biomasse au moyen de deux fonctions de régression axées sur le diamètre et la combinaison du diamètre et de la hauteur. Le modèle fondé sur la fonction de régression du diamètre et de la hauteur a donné d'excellentes prédictions lorsqu'il a été validé au moyen de données indépendantes; les valeurs R^2 obtenues pour les prédictions fondées sur cette fonction de régression, pour des applications régionales et des applications à l'Alberta, étaient respectivement de 0,99 et de 0,97 chez le peuplier faux-tremble, tandis qu'elles étaient de 0,96, dans les deux cas, pour le sapin baumier.

155. SINGH, T. 1987. Estimating downed-dead roundwood fuel volumes in central Alberta Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Cent., Info. Rep. NOR-X-289. 23 p.

A total of 46 pine- and spruce-dominated stands at five locations in central Alberta were sampled by means of the line intersect method to determine downed-dead fuel volumes. The stands were classified into five subgroups on the basis of species composition and basal area. The components of downed-dead materials were classified into three main fuel condition classes: (1) sound, (2) partly decomposed and (3) punky. The total downed-dead fuels (m^3/ha) in the dominant subgroups were jack pine 4.7-64.5, black spruce 1.7-63.8, white spruce 33.7-52.1, balsam fir 56.5, and tamarack 7.7. Prediction equations were derived to estimate roundwood fuel volumes from the following stand measurements: basal area, stem density, crown density, height and age.

Dans 46 peuplements se trouvant à 5 endroits dans le centre de l'Alberta, un échantillonnage linéaire a été effectué pour déterminer les volumes de bois mort gisant au sol. Ces peuplements, où dominaient les pins et les épinettes, ont été classés en 5 sous-groupes suivant leur composition (espèces) et leur surface terrière. Le matériel mort, au sol, a été classé en trois catégories selon son état : (1) sain; (2) partiellement décomposé; et (3) pourri. Les quantités totales de combustibles morts gisant au sol dans les sous-groupes dominants variaient de 4,7 à 64,5 m^3/ha pour le pin gris, de 1,7 à 63,8 m^3/ha pour l'épinette noire, de 33,7 à 52,1 m^3/ha pour l'épinette blanche; il était de 56,5 m^3/ha pour le sapin baumier et de 7,7 m^3/ha pour le mélèze laricin. On a établi des équations pour l'estimation des volumes de combustibles (bois rond) à partir des données suivantes de mesure des peuplements : la surface terrière, la densité de peuplement, la densité du couvert, la hauteur et l'âge.

156. SINGH, T.; CAMPBELL, D. 1983. FORTRAN subroutines for biomass computation. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Notes 22. 7 p.

Three main subroutines (RATIOS, STEM, and NSTEM) to perform the required computations for determining the dry weights of wood and bark for various

On a rédigé et présenté trois sous-programmes principaux (RATIOS, STEM et NSTEM) pour effectuer les calculs nécessaires à la détermination de la masse sèche du bois et de l'écorce de diverses

components of the tree were prepared and presented. In all cases, driver programs (FORTRAN statements) have to be written specifically for these three subroutines to perform the needed computations according to the number of subsamples and tree components used in a given study.

parties de l'arbre. Dans tous les cas, les programmes de commande (énoncés FORTRAN) doivent être rédigés spécifiquement pour ces trois sous-programmes afin d'effectuer les calculs nécessaires selon le nombre de sous-échantillons et de parties des arbres utilisés dans une étude donnée.

157. SMITH, J.H.G.; WILLIAMS, D.H. 1980. A proposal to develop a comprehensive forest biomass growth model. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-64. 47 p.

This report is a result of a study in two parts. Part I reviews the state of the art and defines the need for modelling biomass and conventional timber products. Part II outlines the essential features of the system to be developed, and estimates the data required and costs involved.

Le rapport est l'aboutissement d'une étude en deux parties. La première porte sur les techniques de pointe et définit le besoin de modéliser la biomasse et les produits ordinaires du bois. La deuxième décrit à grands traits les caractéristiques essentielles du système à développer, les données exigées et les coûts ainsi entraînés.

The main objective of Part I was to determine whether or not there is a need for a comprehensive forest biomass growth model that could be used as an aid in the management of forest stands for the production of biomass for energy. A review of the state of the art was made and this review demonstrated many potential advantages from a system that is capable of modelling biomass and timber harvests. Development of a national modelling system could provide an important focus and stimulation for regional studies. A comprehensive national system could incorporate many regional models that would contribute special knowledge about local species and circumstances.

La partie I avait pour objectif principal de déterminer si le besoin existe d'un modèle complet de l'accroissement de la biomasse forestière, qui pourrait aider à l'aménagement des peuplements forestiers en vue de l'obtention d'une biomasse destinée à produire de l'énergie. Après recensement des techniques de pointe, on a prouvé les nombreux avantages possibles d'un système capable de modéliser la biomasse et les récoltes de bois. La construction d'un système national de modélisation pourrait concentrer l'attention sur les études régionales et stimuler ces dernières. Un système national complet pourrait intégrer de nombreux modèles régionaux qui contribueraient à faire particulièrement bien connaître les essences et les conditions locales.

The main objective of Part II was to review current stand models and to recommend a strategy and program of work to develop a biomass model. It was expected that such a growth model, if developed, would be a useful tool for testing different options in the management of forest stands for biomass production.

Le principal objectif de la partie II était d'examiner les modèles existants des peuplements et de recommander une stratégie ainsi qu'un programme de travail pour élaborer un modèle de la biomasse. On s'attendait à ce que, s'il était construit, un modèle de l'accroissement fût utile à la vérification des différentes options qui s'offrent à l'aménagement des peuplements forestiers pour la production de la biomasse.

158. STANDISH, J.T.; MANNING, G.H.; DEMAERSCHALK, J.P. 1985. Development of biomass equations for British Columbia tree species. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-264. 19 p. + app.

Biomass equations were developed for 22 commercial species covering all of British Columbia except the northern part of the province and the Queen Charlotte Islands, on the basis of 1155 sample trees. Trees were destructively sampled and equations of the form $y = b_0 + b_1 D^2 H$ and multiple linear equations based on D, H, and V and their interactions were developed. Both forms of equations give reasonably accurate and precise predictions, and choice depends on the use to which the biomass equations will be put.

Des équations de masse ont été établies pour 1 155 arbres, de 22 essences commerciales, répartis dans toute la Colombie-Britannique, sauf dans la partie nord et les îles de la Reine-Charlotte. Les arbres ont été échantillonnés suivant une méthode destructive, et on a construit des équations de la forme $y = b_0 + b_1 D^2 H$ ainsi que des équations linéaires multiples basées sur D, H et V et leurs interactions. Les deux types d'équations donnent des estimations d'une précision et d'une exactitude raisonnable, et le choix de l'une ou l'autre dépend de l'application que l'on veut faire des équations de masse.

- 159 T.M. THOMSON AND ASSOCIATES LTD. 1981. A survey of ENFOR biomass estimation projects. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-219. 134 p.

All ENFOR projects concerned with the estimation of biomass are reviewed and their contribution to a national forest biomass inventory is assessed. A summary of the measurements taken, of the range of samples and of the main results is presented for each project completed or under way in March 1981. Recommendations for future work are made.

Tous les projets ENFOR par lesquels on cherche à estimer la biomasse sont examinés; on évalue en outre leur contribution à l'inventaire national de la biomasse forestière. Pour chaque projet qui a été réalisé ou qui est en voie de l'être en mars 1981, on présente un sommaire des mesures prises, de la gamme d'échantillons prélevés et des principaux résultats obtenus. Des recommandations de travaux ultérieurs sont formulées.

160. T.M. THOMSON AND ASSOCIATES LTD. 1984. Access data for 1984 national biomass inventory. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl Contractor's Rep. ENFOR P-265. 12 p. + app.

The number of cells that are accessible by either road, rail or water transportation systems for each province and territory is summarized. As expected, the Maritime provinces of Prince Edward Island, Nova Scotia and New Brunswick are almost totally accessible by at least one of the transportation systems. The southern portions of many of the remaining provinces are also accessible. The northern portions of many of the provinces still contain frontier areas which are gradually being developed by road transportation

On fait la récapitulation du nombre de cellules accessibles soit par route, soit par voie ferrée ou par eau dans chaque province et territoire. Comme on s'y attendait, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick sont presque totalement accessibles grâce à au moins un des réseaux de transport. Le sud de beaucoup des autres provinces est également accessible. Le nord de beaucoup d'entre elles continue de constituer des régions frontières qui sont graduellement ouvertes au réseau routier, à mesure que le besoin de ressources forestières augmente. Parmi les trois réseaux de transport, le réseau routier s'est révélé le

systems as the need for forest resources increases. Of the three transportation systems, road transportation proved to be the most difficult to identify in updating the base maps.

plus difficile à identifier dans l'actualisation des cartes de base.

161. TALISMAN LAND RESOURCE CONSULTANTS. 1981. Estimation of the quantity of biomass following logging in B.C. forests to specified recovery criteria. Talisman Land Resource Consultants, Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-142. 38 p. + app.

This report summarizes the findings for the first year of a three-year study aimed at developing a system to estimate the quantity of biomass following logging to specified recovery criteria in British Columbia forests. A total of 250 sample trees of 14 tree species occurring in the southern interior of the province were sampled. The emphasis in the first year of the project was on sampling and data analysis based on complete initial data sets for ponderosa pine and western larch. This report is concerned primarily with sampling considerations. Regression equations, data summaries and conceptual model design are discussed and summarized.

Le rapport résume les conclusions de la première année d'une étude de trois ans visant à mettre au point un système pour estimer la biomasse consécutivement à l'exploitation forestière faite conformément à des critères précis de récupération dans les forêts de la Colombie-Britannique. On a prélevé en tout 250 échantillons d'arbres de 14 essences dans le sud de l'intérieur de cette province. Au cours de la première année, on a insisté sur l'échantillonnage et l'analyse d'ensembles complets de données sur le pin ponderosa et le mélèze occidental. Le rapport porte principalement sur les questions concernant l'échantillonnage. Les équations de régression, les sommaires de données et la conception d'un modèle théorique font l'objet de discussions et d'un résumé.

162. TALISMAN LAND RESOURCE CONSULTANTS. 1982. Estimation of the quantity of biomass following logging in B.C. forests to specified recovery criteria. Talisman Land Resource Consultants, Unpubl. Contractor's Interim Rep. ENFOR P-142. 15 p. + app.

A multiple linear regression equation using D, H, and V and their interactions gives the best overall results for prediction of component and total oven-dry biomass for all species studied. The estimates obtained from this model are very precise compared to existing standards. Because of the relative efficiency of the equation, significant sampling cost reductions could be realized. Data collection requirements are the same as for other widely used models. Diameter and height are the only variables that need to be measured; other independent variables are calculated from existing volume equations or are calculated as interactions of D, H and V. Coefficients for various biomass components are

C'est une équation de régression linéaire multiple, dans laquelle entrent les termes D, H et V ainsi que leurs interactions réciproques, qui procure les meilleures prédictions globales de la biomasse anhydre de chaque partie ou de tout l'arbre de toutes les essences étudiées. Les estimations obtenues à l'aide de ce modèle sont très précises au regard des normes actuelles. À cause de l'efficacité relative de l'équation, on pourrait réaliser d'importantes économies au poste de l'échantillonnage. Les exigences touchant l'obtention des données sont les mêmes que pour les modèles largement utilisés. Le diamètre et la hauteur sont les seules variables à mesurer; les autres variables indépendantes sont calculées à partir d'équations du volume ou en tant qu'interactions de D, de H et de V. Les coefficients des divers constituants de la biomasse

additive as long as the same variables are used for all components within a species.

s'additionnent tant que les mêmes variables sont utilisées pour les mêmes constituants à l'intérieur de la même essence.

163. THOMAS, J.B. 1981. Biomass inventory of tolerant hardwoods in Algoma, Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-21. 25 p. + app.

This report summarizes the results of two related contract studies, one covering the field work for a biomass inventory of 4738 ha of overmature tolerant hardwoods, the other for compiling the biomass inventory and relating it on a stand by stand basis with the cubic foot volume inventory of the same area. The first study required the development of weight/diameter data for 9 hardwoods and 6 coniferous species. Non-linear regression equations were derived and tables of weights for green and dry weights were calculated by components.

In the second study, the stand tables were combined with the weight/diameter tables to produce biomass estimates, by components, for each stand. These estimates were compared with cubic foot volume estimates for the same stands, to determine the degree of relationship between a biomass inventory and a conventional volume inventory of the same area.

Le rapport résume les résultats de deux études connexes, réalisées en vertu d'un marché, la première sur le travail sur le terrain pour l'inventaire de la biomasse de 4738 ha de feuillus tolérants surâgés, l'autre pour l'inventaire de la biomasse et la corrélation des résultats de cet inventaire, peuplement par peuplement, avec l'inventaire des volumes (en pieds cubes) dans la même région. Pour la première étude, il a fallu recueillir des données sur le poids et le diamètre de neuf feuillus et six conifères. On a construit des équations de régression non linéaire et on a dressé les tables du poids humide et du poids sec de chaque constituant.

Dans la deuxième étude, on a combiné les tables des peuplements et les tables du poids et du diamètre afin d'estimer la biomasse de chaque constituant et peuplement. On a comparé les résultats à l'estimation du volume en pieds cubes des mêmes peuplements afin de déterminer le degré de corrélation entre l'inventaire de la biomasse et un inventaire ordinaire des volumes effectué dans la même région.

164. TUNNER, A.; STANDISH, J.T. 1986. Predicting logging residues in British Columbia. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-284. 13 p. + app.

A computer simulation model is presented which allows the calculation of residual biomass following conventional harvesting. The model is applicable to British Columbia, and requires the user to specify the level of tree utilization and to provide forest stand data (Compartment Area Statement) available from the British Columbia Ministry of Forests. However, it can be used to give estimates for any forest stand that a user may specify. Outputs are in total tonnes by tree component (stem wood, stem bark, three size classes of branches and foliage).

Un modèle de simulation par ordinateur permettant le calcul de la biomasse résiduelle après une récolte de type classique est présenté. Ce modèle, applicable à la Colombie-Britannique, exige que l'utilisateur indique le niveau d'utilisation des arbres et fournisse des données sur le peuplement (Compartment Area Statement), lesquelles peuvent être obtenues du ministère provincial des Forêts. Ce modèle peut être utilisé pour produire des estimations pour tout peuplement forestier décrit par l'utilisateur. Les résultats sont exprimés en tonnes totales par composante des arbres (bois de tige, écorce de la tige, trois classes de dimension des branches et feuillage).

165. van NOSTRAND, R.S. 1980. Energy from Newfoundland's forest biomass: A research and development program. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-180. 34 p.

The forests of Newfoundland have a potential for making a substantial contribution to the energy needs of the province. Eight sources of biomass suitable for the production of energy are identified, and quantities estimated. Major sources offering immediate potential are the under-utilized hardwoods which comprise 34 million m³ of the Island's forests, and the dead and dying softwoods amounting to 22 million m³ as a result of severe Island-wide spruce budworm infestation. Estimates of biomass in proximity to the three newsprint mills at Grand Falls, Corner Brook and Stephenville are given.

Les forêts de Terre-Neuve pourraient contribuer substantiellement aux besoins d'énergie de la province. On identifie huit sources de la biomasse qui sont propres à la production d'énergie, et on en estime des quantités. Les plus grandes sources qui offrent du potentiel immédiat sont les bois durs sous-utilisés qui constituent 34 millions de m³ des forêts de l'Île, et les bois tendres représentant 22 million de m³ qui sont morts ou en train de mourir à cause de l'infestation sévère répandue dans toute l'Île de tordeuse des bourgeons de l'épinette. On donne des estimés de la biomasse à proximité des trois papeteries situées à Grand Falls, Corner Brook et Stephenville.

166. WELLWOOD, R.W. 1979. Complete-tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part I: Biomass of forest tree components (Revision and update of J.L. Keays, 1971). Environ. Can., Can. For. Serv. HQ, ENFOR Rep. P-15. 89 p.

A literature review on the amounts of biomass in tree components, noting the factors affecting variations within and between species, and indicating the range of harvest gains possible. Average percentages of total biomass contributed by the various components are presented.

Étude bibliographique de la biomasse des diverses parties des arbres, dans laquelle on note des facteurs de variation intra- et interspécifiques et dans laquelle on indique l'écart des gains possibles à la récolte. On présente également le pourcentage moyen de la biomasse totale que l'on retrouve dans les diverses parties des arbres.

167. WILLIAMS, D.H.; SMITH, J.H.G. 1980. Forest biomass growth models. Pages 215-219 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Models should assist testing of management options and help evaluate tradeoffs among conventional timber products, biomass products and various combinations. Such models must describe tree and stand growth and yield in biomass and merchantable wood components through analyses of crown and bole development. Some conventional growth models might be modified to perform these functions. However, they may be limited by inadequate data and incomplete functional statements. New systems of models may be needed to define and test alternatives.

Les modèles ont pour rôle de nous aider à éprouver les solutions de gestion et à évaluer les solutions de compromis qui existent entre l'utilisation des produits forestiers classiques, de la biomasse et de diverses combinaisons des deux. Ils doivent pouvoir nous permettre de déterminer la croissance des arbres et des peuplements et le rendement en biomasse et en produits forestiers marchands à partir d'analyses de la croissance de la cime et du fût. Il est possible que certains modèles classiques de la croissance puissent être modifiés pour se prêter à de telles analyses. Toutefois, des données inadéquates et des instructions de fonction incomplètes peuvent constituer des obstacles et nécessiter l'élaboration de nouveaux modèles pour

la détermination et la mise à l'épreuve d'autres solutions.

168. WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD. 1983. Area of forest cover on the non-inventoried areas of the Prairie provinces. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-273. 6 p. + app.

The area of the three vegetation strata, Parkland, Grassland and Tall Grass Prairie was determined. As a sample size, 5% of these areas were located on randomly selected summertime photographs at scales ranging between 1:40 000 and 1:60 000. All photographs were typed to delineate the measurable forest cover. These photographs were individually planimeted to produce the precise area and the forested area on each photograph. These results were then compiled for each sample strata by province and in total. It was found that the sample size must be increased dramatically to achieve a satisfactory level of statistical accuracy.

On a déterminé la superficie de trois strates de la végétation : la forêt-parc, la prairie et la prairie à hautes herbes. L'échantillon constituait 5 % de ces strates, choisies au hasard sur des photographies prises l'été à des échelles qui variaient de 1/40 000 à 1/60 000. On a catégorisé toutes les photographies afin de délimiter la couverture forestière mesurable. Chaque photographie a été soumise au planimétrage pour déterminer la superficie précise ainsi que la superficie forestière de chaque photographie. Les résultats ont ensuite été compilés pour chaque strate échantillon, par province et pour l'ensemble. On a constaté qu'il fallait augmenter considérablement la taille de l'échantillon afin d'en arriver à un niveau satisfaisant de précision statistique.

169. WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD. 1983. Non-destructive sampling of non-inventoried areas and non-sampled covertypes in the Prairie provinces and Northwest Territories. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-273. 13 p. + app.

This report summarizes the results of a study which was designed to collect and compile data for the estimation of forest biomass on non-inventoried and non-sampled forest land in the Prairie Provinces and Northwest Territories. This relates to an area of approximately 182 000 km². A total of 1100 sample plots were taken.

Le rapport résume les résultats d'une étude qui a été conçue pour recueillir et compiler les données en vue de l'estimation de la biomasse forestière sur des terrains forestiers non inventoriés et non échantillonnés des provinces des Prairies et des Territoires du Nord-Ouest. Il s'agit d'une superficie d'environ 182 000 km². En tout, 1100 placettes d'échantillonnage ont été visitées.

170. WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD. 1984. Forested land area statistics update in the Prairie provinces. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-316. 5 p.

The 1:250 000 N.T.S. sheets for the Prairie provinces are superimposed with a green screen which denotes tree cover. This cover is defined as biomass. The maps in question were compiled from outdated photography. This project was designed to

Sur les feuilles du Système national de référence cartographique qui, à l'échelle de 1/250 000, représentent les provinces de la Prairie, on superpose une trame verte qui tient lieu de la couverture forestière. Cette couverture définit la biomasse. Les cartes ont été compilées à partir de

update this screening and hence arrived at the area of the Prairies covered by biomass. By utilizing the N.T.S. sheets, it is possible to relate biomass cover to the township grid across the three Prairie provinces.

photographies périmées. Le projet visait à actualiser ce tramage. De là, on a déterminé la superficie des Prairies couverte par la biomasse. En utilisant les feuilles du Système national de référence, il est possible de corrélérer la couverture de la biomasse et le réseau des townships des trois provinces des Prairies.

171. YOUNG, G.B. 1980. The selection, falling, measurement, weighing and subsampling of the main commercial species within the Prairies and NWT: Phase II (Phase I, 1979). Woodlot Service (1978) Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-92. 17 p.

During the summer of 1979 and 1980 the main commercial tree species of the Prairie provinces were selected, felled, measured, weighed and subsampled. The species involved were balsam fir, white spruce, black spruce, jack pine, trembling aspen, lodgepole pine, alpine fir, larch, white birch and balsam poplar. These species were sampled in each of the three Prairie provinces (Manitoba, Saskatchewan and Alberta). A total of 600 trees were sampled, equally divided between species and the following diameter classes: 0-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm and 31+ cm.

Au cours de l'été de 1979 et de 1980, les principales essences marchandes (sapin baumier, épinette blanche, épinette noire, pin gris, peuplier faux-tremble, pin tordu, sapin subalpin, mélèze, bouleau à papier et peuplier baumier) des provinces des Prairies (Manitoba, Saskatchewan et Alberta) ont fait l'objet d'un échantillonnage, d'une coupe, de mesures, de pesées et de sous-échantillonnages. En tout, on a échantillonné 600 arbres, répartis également entre les essences et les classes suivantes de diamètres : 0 à 10 cm, 11 à 20 cm, 21 à 30 cm et plus de 31 cm.

172. YOUNG, G.B.; VAN RAALTE, G.D. 1979. Site-specific estimation of inventory. Pages 35-37 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

The objective of this study was to carry out field measurements of total forest biomass availability, including all tree and woody shrub species, from root system to needle tips, in order to project forest biomass yields. Quantification studies were undertaken in a selected area around Oxford, Nova Scotia. This differs from other conventional inventories in that all stems were counted. It is obvious that the largest under-utilized forest mass in the Maritimes is that of the hardwoods.

Les objectifs de cette étude consistaient à évaluer en chiffres la disponibilité de la biomasse sylvestre totale, c'est-à-dire tous les arbres et les espèces ligneuses, depuis la racine jusqu'à la pointe des aiguilles des conifères, afin d'envisager les perspectives de rendement de la biomasse forestière. Des études quantitatives ont été entreprises dans une zone sélectionnée des alentours d'Oxford, Nouvelle-Écosse, études qui diffèrent des inventaires classiques en ce sens qu'elles reposent sur le comptage de tous les troncs. Il est évident que la plus considérable sous-utilisation de la masse sylvestre dans les Maritimes est celle des bois durs.

173. ZSUFFA, L. 1980. Update of Canadian activities in poplar biomass production and utilization. Pages 111-113 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

The objective of the project is to update and summarize Canadian activities in

Notre projet vise à mettre à jour et à résumer les travaux canadiens portant sur la gestion du peuplier,

poplar management, utilization and research for planning of future programs. The work consists of the following parts: (1) Existing poplar resource, with chapters on poplar species, hybrids and cultivars; inventories of natural poplar resource; and management of natural poplar resource; (2) Poplar plantation programs with chapters on history and present status of poplar plantations, shelter-belt plantings and poplar nursery production per provinces; (3) Poplar biomass consumption and trends, with data on allowable cuts and harvesting, poplar-using industries and poplar biomass consumption trends; (4) Poplar research and development activities with chapters on genetic improvement, including taxonomy, physiology, ecology and nutrition; silviculture and plantation culture; diseases and insects; mensuration, yield and economical studies; biomass qualities and utilization; and mechanical equipment development.

son utilisation et les recherches dont il est l'objet afin d'aider la planification des programmes futurs. Nous procéderons par étapes, de la façon suivante : (1) relevé des ressources existantes, y compris des chapitres portant sur les espèces; les hybrides et les cultivars; inventaires des ressources naturelles en peupliers et leur gestion; (2) exposé sur les programmes de plantation, y compris des chapitres sur l'historique et la situation actuelle des plantations de peupliers et des plantations de rideaux-abris ainsi que la production des pépinières par province; (3) exposé sur la consommation de biomasse et ses tendances, y compris des données sur les possibilités réalisables et les récoltes, sur les industries qui utilisent le peuplier et sur les tendances qui marquent la consommation de cette biomasse; (4) état de la recherche et du développement, y compris des chapitres sur l'amélioration génétique et la taxonomie, la physiologie, l'écologie et la nutrition, la silviculture et les plantations, les maladies et les ravageurs, les études portant sur les mesures, le rendement et l'économie, les qualités et l'utilisation de la biomasse et la mise au point d'une machinerie spécialisée.

174. ZSUFFA, L.; BOUFFORD, D.; LEGGAT, M.A. 1979. Update of Canadian activities in poplar biomass production and utilization. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-139. 127 p.

The report is presented in four main sections: Existing Poplar Resource, Poplar Plantation Programs, Poplar Biomass Consumption and Trends, and Poplar Research and Development Activities. Information is based on questionnaires returned by PCC members and other specialists, and on review of the literature; nearly 200 references are cited. A number of recommendations for research and resource development are also included.

Although some data on the extent and the amount of poplar in natural stands are presented, the report emphasizes the inadequacy of resource inventory information.

The history and current status of poplar plantings in Canada are described and discussed. Exotic and native poplar

Le rapport comporte quatre grandes divisions : la ressource actuelle en peupliers; les programmes de plantation de peupliers; la consommation et les tendances de la biomasse de peupliers; et la recherche et le développement sur les peupliers. Les renseignements se fondent sur les réponses fournies par les membres du *Poplar Council of Canada* et d'autres spécialistes ainsi que sur une étude bibliographique; près de 200 travaux sont cités. Un certain nombre de recommandations sont également formulées pour la recherche et la mise en valeur de la ressource.

Bien que certaines données sur la répartition et la proportion de peupliers dans les peuplements naturels soient présentées, le rapport insiste sur les lacunes de l'information et des inventaires de la ressource.

L'historique et la situation actuelle de la populiculture au Canada sont décrits et font l'objet

cultivars have been known and planted for more than two centuries. Since 1909, more than 8000 ha of poplar plantations have been established and more than 50 million poplar trees have been planted. Production-scale poplar plantation programs are underway in Quebec, Ontario and British Columbia, and experimental scale plantings exist in most provinces.

Poplar has been drastically under-utilized in Canada. Problems are lack of economic incentive, inaccessibility of many large stands and the overmaturity, and consequent low quality of many stands.

Poplar R&D in Canada, although intermittent, has produced considerable information over the past 50 years. The history and present status of poplar research in Canada are discussed and summarized.

d'une discussion. On connaît et on plante depuis plus de deux siècles des cultivars exotiques et indigènes. Depuis 1909, plus de 8000 ha de plantations de peupliers ont été établis et plus de 50 millions de peupliers ont été plantés. Des programmes de plantation de peupliers axés sur la production sont en cours au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique, tandis que des plantations expérimentales existent dans la plupart des provinces.

Le peuplier a été réellement sous-utilisé au Canada. Les causes en sont le manque d'encouragements économiques, l'inaccessibilité de beaucoup de gros peuplements, leur surmaturité et, par conséquent, la faible qualité de beaucoup de peuplements.

La recherche et le développement sur le peuplier au Canada, même si ils sont intermittentes, ont constitué un acquis considérable au cours des 50 dernières années. L'historique et la situation actuelle de la recherche sur le peuplier au Canada font l'objet d'une discussion et d'un résumé.

2. Silviculture and forest management/ Sylviculture et aménagement forestier

75. BOYLE, C.D. 1986. Development of ectomycorrhizal inoculum for Maritime silviculture. Nova Scotia Res. Found. Corp., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-338. 9 p.

It should be emphasized that a given mycorrhizal fungus will not be appropriate for all trees under all field conditions. As such, the results from our field trials will not in any way be conclusive. The intent of these trials was primarily to obtain experience to enable us to design and conduct more extensive trials, using a variety of fungus-tree combinations, under a variety of conditions. Until the performance of trees colonized with fungi collected from a variety of habitats (including those which are physiologically stressed) is assessed on a variety of sites (including some which exhibit the same stress as that from which the fungi were isolated), we will not be able to determine under which conditions inoculation with ectomycorrhizal fungi will be worthwhile. We feel that the work carried out during this project has given us indication that mycorrhizal inoculation is a goal worth pursuing. We are now in the position to conduct extensive inoculation trials to determine which fungi are appropriate for which field conditions.

Soulignons le fait que, pour la mycorrhization, un champignon donné ne conviendra pas à tous les arbres ni à tous les environnements. Ainsi, les résultats de nos essais sur le terrain ne sauraient être concluants. L'objet premier des essais était d'acquiescer l'expérience qui nous permettrait de concevoir et d'exécuter des essais plus étendus, à l'aide d'une variété de combinaisons de champignons et d'arbres, dans une variété de conditions. Tant que la performance des arbres colonisés par les champignons prélevés dans une variété d'habitats (y compris ceux qui sont physiologiquement traumatisés) ne sera pas évaluée dans une variété de stations (y compris certaines stations qui manifestent le même traumatisme que celui de la station d'où proviennent les champignons), nous ne serons pas en mesure de déterminer dans quelles conditions l'inoculation des champignons ectomycorrhiziens sera valable. Nous estimons que les travaux nous ont montré que l'inoculation mycorrhizienne est un but qu'il vaut la peine d'atteindre. Nous sommes maintenant en mesure d'effectuer des essais d'inoculation sur une vaste échelle afin de déterminer les champignons qui se prêtent à certaines conditions naturelles.

76. BOYLE, (C).D. 1988. Feasibility of using ectomycorrhizal fungi to alleviate drought-related problems of containerized black spruce. For. Can., Marit. For. Cent., ENFOR Rep. P-338. 24 p. + app.

The results of this study support the contention that mycorrhizal fungi can affect the ability of a tree to withstand drought stress, and they give some indication as to which isolates should be the best candidates for field testing. Isolate 302 generally showed the most promise. The other isolates showed poor

Les résultats de l'étude étayent l'argument qui veut que les champignons formant des mycorrhizes puissent modifier la résistance des arbres à la sécheresse et ils nous donnent une idée des isolats qui constitueraient les meilleurs candidats pour les essais sur le terrain. L'isolat 302 s'est généralement montré le plus prometteur. Les autres ont échoué à au moins un essai de présélection. Toutefois, les facteurs édaphiques d'une station donnée pourraient influencer davantage sur la performance des isolats que

performance in at least one screening test. However, edaphic factors associated with specific field sites might have a greater effect on the isolates' performance than the factors considered here. For example, competition with indigenous mycorrhizal fungi and compatibility of the introduced fungi with the soil at the field site might be the most important factors. Before it will be possible to say whether any of the prescreening tests used here have validity, it will be necessary to conduct field testing.

les facteurs dont nous tenons compte ici. Par exemple, les facteurs les plus importants pourraient être la concurrence avec les champignons indigènes à mycorrhizes et la compatibilité des champignons non indigènes et du sol de la station. Avant de pouvoir dire si nos essais de présélection sont valides, il faudra effectuer des essais sur le terrain.

177. BOYLE, C.D.; ROBERTSON, W.J.; SALONIUS, P.O. 1987. Use of mycelial slurries of mycorrhizal fungi as inoculum for commercial tree seedling nurseries. *Can. J. For. Res.* 17:1480-1486.

Blended mycelial slurries of a variety of ectomycorrhizal fungi were assessed for their suitability as inoculum for containerized tree seedlings. Mycelium of most fungi tested, with the exception of *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch and *Paxillus involutus* (Batsch.:Fr.)Fr., withstood blending well. Viability remained high after storage in modified Melin-Norkrans agar medium, water, or dilute saline at either 4°C or room temperature, indicating that slurries are robust enough to tolerate conditions that would be encountered in a commercial setting. Experiments investigating methods for applying slurries to containerized seedlings were conducted using *Hebeloma longicaudum* (Pers.:Fr.) Kummer. Slurry infectivity dropped after it was mixed into a peat-vermiculite growing medium, particularly in the presence of high levels of fertilizer. This indicated that inoculum with fertilizer should be avoided. Injection of slurry into the root zone resulted in the most consistently high colonization, but application of the slurry to the surface of the growing medium was also effective, the latter being more feasible in a commercial setting.

Des suspensions de mycéliums de champignons ectomycorhiziens variés ont été évaluées pour leur applicabilité à inoculer des semis d'arbres en récipients. La plupart des champignons, à l'exception du *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch et du *Paxillus involutus* (Batsch.:Fr.)Fr., ont bien résisté au mélange. Leur viabilité est restée élevée après un entreposage à 4°C ou à la température ambiante dans un médium de Melin et Norkrans modifié, d'eau, ou d'eau salée indiquant que ces mycéliums sont assez robustes pour tolérer les conditions rencontrées dans des situations commerciales. Des expériences sur les méthodes de recherches utilisées pour l'application de mycéliums en suspension aux semis d'arbres en récipients ont été faites avec *Hebeloma longicaudum* (Pers.:Fr.) Kummer. L'infectiosité des mycéliums a diminué après qu'on les a ajoutés à un mélange tourbe/vermiculite, particulièrement en présence de concentrations élevées d'engrais. Le contact entre l'inoculum et l'engrais doit être évité. L'injection des suspensions de mycéliums dans la zone des racines a donné comme résultat une colonisation élevée et consistante, mais l'application de suspensions de mycéliums à la surface du médium était également efficace et serait plus pratique dans une situation commerciale.

178. DOWSLEY, B.J. 1987. Study of photosynthetically active radiation and leaf development in a *Salix* energy plantation. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Cent., Info. Rep. N-X-261. 26 p. + app.

Nilsson's equation, $LA = c.H.D$, where LA is shoot leaf area, H is shoot length, D is shoot basal diameter and c is a coefficient, was tested on one year old shoots of *Salix alba* grown at an experimental energy plantation site in central Newfoundland during July and August 1986. The coefficient ($c=0.67$) was derived from destructive measurements of shoot height and diameter, and the equation accurately predicted leaf area during the study period ($R^2 = 0.989$). Measurements of photosynthetically active radiation at the plantation site are also presented.

L'équation de Nilsson $LA = c.H.D$, ou LA représente la surface foliaire du rejet, H, sa longueur, D, son diamètre basal, et c, un coefficient, a été contrôlée en juillet et août 1986 avec des rejets de souche d'un an de *Salix alba* poussant dans une plantation énergétique expérimentale du centre de Terre-Neuve. Le coefficient $c = 0,67$ a été calculé à partir de mesures de la hauteur et du diamètre obtenues par une méthode destructive. L'équation a fourni des estimations exactes de la surface foliaire au cours de la période d'étude ($R^2 = 0,989$). Des mesures du rayonnement utile à la photosynthèse prises dans la plantation sont également présentées.

179. DOWSLEY, B.J. 1987. Study of the correlation of diurnal growth patterns to climatic variables in a *Salix* energy plantation. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Cent., Info. Rep. N-X-260. 28 p.

This report examines the within-season growth patterns of three *Salix* clones at the Newfoundland Forestry Research Centre's Nursery at Pasadena during the 1985 growing season. *Salix viminalis* clone 0683 proved to be the most successful cultivar in terms of final mean height and base diameter achievement. This was attributed to its ability to continue growth later in the season as compared to the other two clones. Daily maximum height growth in all three species occurred between 14:00 and 22:00 hours NDST (Newfoundland Daylight Saving Time). Daily maximum base diameter growth occurred between 22:00 and 06:00 hours NDST. Weekly climatic variables recorded at the study site are reported.

Sont examinées les caractéristiques de croissance au cours de la saison de 1985 de trois clones de *Salix* cultivés à la pépinière du Centre de foresterie de Terre-Neuve, à Pasadena. Le clone 0683 de *Salix viminalis* s'est révélé le meilleur cultivar en ce qui concerne la hauteur moyenne finale et le diamètre basal. Sa meilleure performance a été attribuée à la fin plus tardive de sa période de croissance par comparaison aux deux autres clones. L'accroissement journalier, pour les trois espèces, était maximal entre 14 et 22 h (heure avancée de Terre-Neuve) pour la hauteur et entre 22 et 6 h pour le diamètre basal. Les variables climatiques hebdomadaires enregistrées à l'emplacement de l'étude sont présentées.

180. DYER, A. 1983. A pilot study on the feasibility of establishing willow energy plantations in Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-172. 37 p.

This is a preliminary examination of the environmental, technical and economic feasibility of establishing *Salix* energy

Il s'agit d'un examen préliminaire de la possibilité d'établir des saulaies énergétiques à Terre-Neuve, d'après des critères écologiques, techniques et

plantations in Newfoundland. Land inventory criteria for the preparation of baseline maps are described using the landscape analysis method developed in Sweden for potential energy forest. A 60 km² rural area comprised of farmland, pasture land, forest land, peat and barren land, and residential land near St. John's was selected and analyzed for a case study. Maps showing soils and topographic restrictions, vegetation cover and land use were constructed and used to prepare a composite map designating land for *Salix* energy plantations. The economic viability of growing plantations using estimated production rates, production costs and revenues was investigated.

économiques. Les critères d'inventaire du territoire pour la préparation des cartes de base sont décrits à l'aide de la méthode d'analyse des paysages mise au point en Suède pour les forêts énergétiques potentielles. Dans une étude de cas, on a retenu et analysé une superficie de 60 km² constituée, en milieu rural, de terres agricoles, de pâturages, de terrains forestiers, de tourbières et de terrains dénudés ainsi que d'un habitat bâti près de St. John's. On a dessiné les cartes des restrictions pédologiques et topographiques, de la couverture végétale ainsi que des modes d'occupation des sols et on s'en est servi pour dresser une carte composée pour désigner les terrains destinés aux saulaies énergétiques. On a examiné la viabilité économique des plantations à l'aide des chiffres estimatifs de production, des coûts de production et des revenus estimatifs.

181. HELLENBRAND, K.E.; BOYLE, C.D.; BROWN, H.L.; CERVELLI, R.L. 1989. Comparison of methods for applying mycorrhizal fungal inoculum to containerized seedlings in Maritime forest nurseries. Nova Scotia Res. Found. Corp., Unpubl. Contractor's Final Rep. ENFOR P-338. 13 p. + app.

This project was conducted to test the feasibility of attaining consistently high mycorrhizae formation with a range of fungal species under nursery conditions. Black spruce seedlings, reared at the Nova Scotia Land and Forests Tree Nursery, Wittenburg, N.S., were inoculated under several different treatment regimes with ectomycorrhizae. 112 multiplots were used (approx. 65 seedlings/multiplot). Two inoculation techniques, two soil treatments, two fertilizer regimes and seven fungal species were examined. The results indicate that certain species of ectomycorrhizae can be successfully inoculated into containerized seedlings. Inoculation results vary widely for different fungi and inoculation techniques. Additional research must be done before field testing of a range of mycorrhizal species inoculants can be carried out.

Ce travail a été effectué pour vérifier, en pépinière, la possibilité d'obtenir une mycorrhization constamment élevée au moyen d'une gamme d'espèces de champignons. Des semis d'épinettes noires, cultivés à la pépinière de Terres et Forêts de la Nouvelle-Écosse, à Wittenburg, ont été inoculés en vertu de plusieurs régimes de traitement au moyen d'ectomycorhizes. On a utilisé 112 parcelles multiples (environ 65 semis par parcelle multiple). Deux techniques d'inoculation, deux traitements du sol, deux régimes de fertilisation et sept espèces de champignons ont été examinés. Les résultats montrent que l'on peut inoculer certaines espèces d'ectomycorhizes aux semis en récipients. Les résultats de l'inoculation varient énormément selon le champignon et la technique d'inoculation. Des travaux supplémentaires de recherche restent à effectuer avant de passer à l'essai, en plein champ, d'inoculums de plusieurs espèces mycorrhiziennes.

182. HORTON, B.J. 1984. Improving aspen biomass yield through silvicultural manipulation of clones. Pages 93-95 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Aspen, the common weed tree of the Boreal forest, reproduces by root suckers after logging or fire, forming clones which average some 0.1 ha in area. Superior clones can be several times more productive than inferior, considering biomass, stem size, disease resistance, etc. Methods for classifying clones were tested in Petawawa stands of trembling and largetooth aspen. Treatments designed to expand good clones and inhibit poor clones were applied experimentally in mature and immature stands. First-year results proved promising in terms of expendability of favoured clones.

Le peuplier faux-tremble, l'arbre indésirable de la forêt boréale, se reproduit par des rejets de racines après coupe forestière ou incendie. Il forme des clones dont la surface moyenne est d'environ 0,1 ha. Du point de vue de la biomasse, de la taille des troncs, de la résistance aux maladies, etc., la productivité des meilleurs clones peut être de plusieurs fois celle des clones inférieurs. On a procédé à l'évaluation des méthodes de classification des clones dans des peuplements de peuplier faux-tremble et de peuplier à grandes dents de Petawawa. Des traitements conçus pour favoriser l'expansion des clones désirables et inhiber celle des clones indésirables ont fait l'objet d'essais expérimentaux portant sur des peuplements matures et immatures. Les résultats de première année s'avèrent prometteurs pour l'expansion des clones que l'on veut propager.

- 183 HORTON, B.J. 1984. Silvicultural treatments to maximize biomass production in aspen stands. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-257. 19 p.

Aspen, the common weed tree of the Boreal forest, reproduces by root suckers after logging or fire, forming clones which average some 0.1 ha in area. Superior clones can be several times more productive than inferior, considering biomass, stem size, disease resistance, etc. Methods for classifying clones were tested in Petawawa stands of trembling and largetooth aspen. Treatments designed to expand good clones and inhibit poor clones were applied experimentally in mature and immature stands. First-year results proved promising in terms of expendability of favoured clones.

Après la coupe ou l'incendie, le peuplier, essence commune et indésirable de la forêt boréale, se reproduit par drageonnement racinaire, en formant des clones qui couvrent en moyenne 0,1 ha. Les clones supérieurs peuvent être plusieurs fois plus productifs que les clones inférieurs, si l'on considère la biomasse, la taille des tiges, la résistance aux maladies, etc. Des méthodes d'identification des clones ont été éprouvées dans des peuplements de faux-trembles et de peupliers à grandes dents de Petawawa. Des traitements visant à favoriser l'expansion des bons clones et à inhiber celle des clones médiocres ont été expérimentés dans des peuplements parvenus et non encore parvenus à maturité. Les résultats de la première année sont prometteurs pour les clones que l'on veut propager.

184. HYD-MECH ENGINEERING LTD. 1981. Planting machine for mini-rotation poplar: Design criteria. Hyd-mech Engineering Ltd., Woodstock, Ontario, Unpubl. Contractor's Final Rep. ENFOR P-67. 57 p.

On the basis of literature search, analysis of existing planting machines, test data and discussion with planting specialists, the following conclusions were reached: (1) By clarifying the basics of the cutting-soil

À la lumière d'une étude bibliographique, de l'analyse des engins de plantation, des données expérimentales et des discussions tenues avec les spécialistes de la plantation, on arrive aux conclusions suivantes : (1) en clarifiant les

interaction, this report should assist the development of a high-output insertion planter. It may also assist management to evaluate soil conditions in quantitative terms. (2) Nevertheless, design of a high-output, reliable planting machine is a difficult and costly long-range task. The concept of a multiple-head, insertion planter is not new, and has been tried several times, without great success. (3) The design, test and introduction to production of an insertion planter should be undertaken by a specialized team of people. (4) There are on the market, currently built, reliable furrow-type planters. Their productivity is not very high, but they can satisfy the immediate needs.

fondements de l'interaction entre les boutures et le sol, le rapport devrait aider à la mise au point d'une planteuse à plantoir à haut rendement. Il peut également aider la haute direction à évaluer de façon quantitative l'état du sol; (2) néanmoins, la conception d'une planteuse fiable et à haut rendement est une tâche ardue, coûteuse, qui exige beaucoup de temps (l'idée d'une planteuse à plantoirs multiples n'est pas nouvelle et elle a été éprouvée plusieurs fois, sans grand succès); (3) la conception, l'essai et la fabrication d'une planteuse à plantoir devraient être confiés à une équipe de spécialistes; (4) on trouve sur le marché des planteuses à rayonneur qui sont fiables et modernes. Leur productivité n'est pas très élevée, mais elles peuvent satisfaire aux besoins immédiats.

185. KIMMINS, J.P. 1979. Impact of short rotations and whole-tree harvest on forest nutrient budgets. Pages 57-64 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

World population growth and increasing demand for energy as fuel will result in a marked increase in the use of forest products. Resultant increased utilization of tree parts and shorter rotations will have a serious impact on forestry. A series of nutrient tables has been developed, along with a review of the pertinent scientific literature, in an effort to predict the impact of this increased commercialization on forest nutrient budgets. This is based in part on the development of a computer simulation model.

L'évolution de la population mondiale et, par suite, la demande croissante en énergie en tant que combustible et carburant, contribuera à un accroissement marqué dans l'emploi des produits forestiers. Cette utilisation accrue des éléments d'arbres et l'écourtement des rotations auront un sérieux effet sur la sylviculture. Outre la mise au point d'une série de tables des principes nutritifs, on a procédé à un passage en revue de la documentation scientifique appropriée, afin de prévoir l'influence de cette commercialisation accrue sur le bilan des éléments nutritifs forestiers. Ceci est basé en partie sur le développement d'un modèle de simulation informatisé.

186. KIMMINS, J.P. 1986. FORCYTE in forestry: The need for a systems approach in forestry education, yield prediction and management. Pages 1-25 in The E.B. Eddy Distinguished Lecture Series, Fac. For., Univ. Toronto, November 1986.

Many of the problems that beset forestry can be related to variations in the time and space scales at which different levels of forestry activity take place. These scale differences constitute barriers to the information exchange between different levels of forestry that is so necessary for successful forest management. Mechanisms

Beaucoup de problèmes qui assaillent la foresterie peuvent être attribués aux fluctuations des échelles spatio-temporelles auxquelles se déroulent les différents niveaux de l'activité forestière. Ces écarts d'échelle constituent, entre les différents niveaux de la foresterie, des obstacles à l'échange de l'information qui est si nécessaire à la réussite de l'aménagement forestier. On a besoin de

are needed by which to promote and facilitate information transfer between forest research, stand management, whole-forest management, and provincial and national forest policy.

The adoption of a systems approach in all aspects of forest land management would facilitate both yield prediction and between-level information transfer. Such an approach is particularly important in the following three types of forestry activity: forestry education, stand management and whole-forest management. The need for and nature of the systems approach in these three activities is explored, and FORCYTE, an ecosystem-level forest management simulator, is described as an example of the type of analytical tool that can assist in developing the systems approach.

mécanismes par lesquels on pourrait promouvoir et faciliter cet échange entre la recherche forestière, l'aménagement des peuplements et l'aménagement des forêts entières ainsi que la politique forestière de chaque province et du pays.

L'adoption d'une voie d'approche systémique dans tous les aspects de l'aménagement des terrains forestiers faciliterait à la fois la prédiction des rendements et le transfert de l'information entre les divers niveaux. Elle est particulièrement importante dans les trois activités forestières suivantes : l'éducation forestière, l'aménagement des peuplements, et l'aménagement des forêts entières. La nécessité de l'approche systémique et la nature de cette dernière dans les trois activités sont explorées, tandis que l'on décrit le modèle FORCYTE, modèle de simulation de l'aménagement forestier à l'échelon de l'écosystème, que l'on décrit comme un exemple du type de moyens analytiques qui peuvent aider à mettre au point une approche systémique.

187. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.(A). 1979. FORCYTE: A computer simulation approach to evaluating the effect of whole-tree harvesting on the nutrient budget in northwest forests. Pages 266-273 in S.P. Gessel, R.M. Kenady and W.A. Atkinson, eds. Proc. For. Fertilization Conf., Union, Washington, 25-27 September 1979. Inst. For. Resour., Univ. Wash., Seattle, Washington.

A brief description is given of FORCYTE, an interactive simulation model designed to examine, on a site-specific basis, the long-term effects on nutrient budgets and productivity of various intensive forest management and harvesting practices. There is an input-data file that provides the necessary site and species information and enables the user to dictate various regeneration, spacing, thinning, fertilization and harvesting options. The model is a hybrid between a process model and an empirical model. It is being designed for use with inventory type data that can be obtained in one year of research, from the literature, or both.

On décrit rapidement le modèle FORCYTE, modèle interactif de simulation visant à examiner, station par station, les effets à long terme de diverses pratiques de récolte et d'aménagement intensif sur le bilan des éléments nutritifs et sur la productivité forestière. Un fichier des données d'entrée fournit les renseignements nécessaires sur la station et les essences et permet à l'utilisateur d'imposer diverses modalités de régénération, d'espacement, de coupe d'éclaircie, de fertilisation et de récolte. Le modèle est un hybride entre le modèle axé sur les processus et un modèle empirique. Il est conçu pour employer les données de type inventaire que l'on peut obtenir au cours d'une année de travaux de recherche, de dépouillement des publications, ou des deux.

188. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A. 1984. FORCYTE-11: A flexible modelling framework with which to analyze the long-term consequences for yield, economic returns and energy efficiency of alternative forest and agro-forest crop production strategies. Pages 126-130 *in* S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

FORCYTE has evolved from a single simulation model into a modelling framework that enables the user to individualize it for a wide variety of even aged forest or agro-forestry situations. Multispecies crop mixtures or sequences can be subjected to a wide variety of crop management techniques in a simulation that examines crop yields, the economics of crop production, and the energy benefit/cost balance of the simulated management. The model is currently being tested for ecosystems as diverse as boreal conifer forests, subtropical hardwood forests, tropical agro-forestry and conifer plantations, and a variety of temperate forest situations.

FORCYTE est une base de modélisation inspirée d'un unique modèle de simulation que l'utilisateur peut adapter pour étudier une grande variété de milieux forestiers ou agro-forestiers peuplés d'arbres du même âge. On peut simuler l'application d'une grande variété de techniques d'exploitation à des peuplements mixtes ou des séquences d'espèces multiples pour étudier la productivité, les aspects économiques et, au point de vue énergétique, les avantages obtenus par rapport aux coûts. On teste actuellement le modèle en l'appliquant à des écosystèmes très variés tels que des forêts de conifères boréales, des forêts de feuillus subtropicaux, des plantations de conifères et agroforestières tropicales et diverses forêts de zone tempérée.

189. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A. 1988. Simulation of the yield, the sustainability of yield, the economics and the energy efficiency of biomass production in forestry and agroforestry using the flexible, ecosystem management modelling framework FORCYTE-11. Pages 146-150 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

FORCYTE-11 is an ecosystem-level modelling framework rather than a single model. It consists of a series of plant growth models and a soils process model which use empirical input data as the basis for simulating the growth of individual plant species and certain soil processes. The output of these models is combined in an ecosystem management model to examine the yield, economic, energy and soil fertility consequences of alternative crop management strategies over multiple crop rotations. Implementation of the model on a microcomputer will be demonstrated.

FORCYTE-11 est d'abord un système de modélisation au niveau des écosystèmes. Il comporte une série de modèles de la croissance des plantes et un modèle des phénomènes pédologiques utilisant des données empiriques pour simuler la croissance d'espèces individuelles de plantes aussi bien que certains phénomènes pédologiques. Les résultats, combinés en un modèle de gestion des écosystèmes, examinent les conséquences de nouvelles stratégies de gestion des cultures, le rendement de la biomasse, le rendement économique, l'efficacité énergétique et la fertilité des sols. Il y aura démonstration du modèle à l'aide d'un micro-ordinateur.

190. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; FELLER, M.C. 1981. FORCYTE - A computer simulation approach to evaluating the effect of whole-tree harvesting on nutrient budgets and future forest productivity. Mitt. D. Forstl. Bunderversuchsanstalt, Wien, Band 140:189-205.

The continuing growth of human populations, the steady decline in the world's forests and the increased interest in forests as a renewable energy resource will cause a relentless trend towards more complete utilization of forest biomass. This has implications for soil organic matter content and site fertility. FORCYTE is a mathematical model of plant biomass production and decomposition, complete with nutrient cycling and nutrient limitation on growth. Implemented on a computer, it permits the user to investigate the probability that soil organic matter, site nutrient capital and forest stand productivity will decline with shortened rotations, increased biomass utilization and increased intensity of management (thinnings and fertilization). While the model is not yet in final form, its present stage of development permits some useful analyses. Results of applying FORCYTE to a set of management scenarios are presented, together with a brief description of a field study designed to provide data for model calibration.

La croissance démographique ininterrompue, le déclin constant des forêts de la planète et le renouveau d'intérêt dans la forêt à titre de source renouvelable d'énergie enclencheront un mouvement irréversible vers une utilisation plus complète de la biomasse forestière. Cette évolution influera sur la teneur en matière organique des sols et sur la fertilité des stations. Le modèle mathématique FORCYTE, qui permet de prédire la production et la décomposition de la biomasse végétale, peut également calculer le cycle des éléments nutritifs et les limites que ces derniers posent à la croissance. Mis en oeuvre sur un ordinateur, il permet d'examiner la probabilité que la matière organique du sol, que le capital des éléments nutritifs de la station et que la productivité du peuplement forestier déclinent si on abrège les révolutions et si on intensifie l'utilisation de la biomasse ainsi que l'aménagement (coupes d'éclaircie et fertilisation). Même à l'état d'ébauche, le modèle permet certaines analyses utiles. Les résultats de son application à un ensemble de scénarios d'aménagement sont présentés de même que la courte description d'une étude visant à obtenir, sur le terrain, des données pour l'étalonnage du modèle.

- 191] KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; FELLER, M.C.; CHATARPAUL, L.; TSZE, K.M. 1984. Simulation of potential long-term effects of intensive forest management using FORCYTE-10. Pages 290-294 in H.M. Brown, ed. Proc. New Forests for a Changing World. Soc. Am. For., Portland, Oregon, 1983.

Designed originally to examine the biogeochemical consequences of biomass-for-energy programs in forestry, FORCYTE has evolved into a more general ecologically based forest management simulator. The overall structure and functioning of version 10 of the model are described briefly. FORCYTE-10 can be used to produce species- and site-specific simulated managed stand yield tables for a variety of management scenarios including initial planting density, spacing and thinning,

Conçu à l'origine pour examiner les conséquences biogéochimiques des programmes d'utilisation énergétique de la biomasse en foresterie, le modèle FORCYTE est devenu graduellement un modèle plus général de simulation de l'aménagement forestier axé sur des préoccupations écologiques. La structure et le fonctionnement généraux de sa 10^e version sont décrits brièvement. Le modèle FORCYTE-10 peut servir à dresser des tables du rendement des peuplements aménagés, pour des essences et des stations précises, en vertu de divers scénarios d'aménagement dans lesquels on peut faire varier la densité initiale de la plantation,

fertilizer and utilization regimes and various rotation lengths. An example is given of how the model can be used.

l'espacement des tiges et les coupes d'éclaircie, les régimes de fertilisation et d'utilisation ainsi que diverses longueurs de révolution. Un exemple montre son mode d'emploi.

192. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; FELLER, M.C.; TSZE, K.M. 1982. Computer modelling of intensive biomass management impacts. Pages 343-347 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

FORCYTE-11 is an ecosystem process based forest management gaming model designed for use in evaluating the biomass yield, economic performance and energy efficiency of different intensive forest biomass production strategies. All major forest management techniques used in even aged plantation management can be simulated, as well as some natural perturbations: site preparation (slashburning), planting, coppice or natural regeneration, biological N-fixation, herbicide-control of competing species, stocking control (spacing), fertilization, commercial thinning (high, low and random), wildfire, insect defoliation or bark beetle attack, rotation length (financial, volume or technical rotations), and utilization level at thinning and final harvest. Although the model is normally to be used for a single nutrient element and tree crop species, the model has the structure to handle up to three nutrients and their interactions, and can have up to three successive tree species in a rotation or in a mixture. FORCYTE-11 also includes a simulation of the moisture control of growth, the effects of management on site moisture, and the effect of moisture in limiting fertilizer response.

FORCYTE-11 est un modèle de simulation d'une technique de gestion forestière basée sur l'écosystème. Il a pour but d'évaluer le rendement de la biomasse, ainsi que le rendement économique et l'efficacité énergétique des différentes stratégies d'exploitation intensive de la biomasse forestière. Toutes les grandes techniques de gestion forestière utilisées dans les peuplements d'âge homogène peuvent être simulées, de même que certaines perturbations naturelles : préparation du site (défrichement par le feu), plantation, régénération par rejet ou naturelle, fixation biologique de l'azote, contrôle par les herbicides des espèces rivales, contrôle du peuplement (espacement), fertilisation, éclaircissement commercial (fort, faible ou aléatoire), feux de forêt, défoliation par les insectes ou maladies provoquées par le postryche ou le scolyte, durée des rotations (financière, de volume ou technique) et niveaux d'utilisation à l'éclaircissement et à la récolte finale. Bien que le modèle doive normalement être utilisé pour une seule substance nutritive et une seule espèce d'arbre, il peut éventuellement accepter trois substances nutritives et leurs interactions, ainsi que trois espèces successives d'arbres en rotation ou en mélange. Le FORCYTE-11 comprend aussi une simulation du paramètre humidité-croissance, des effets de la gestion sur l'humidité du terrain et de l'effet limiteur de l'humidité sur la réaction aux engrais.

193. KIMMINS, J.P.; SOLLINS, P. 1989. Modelling long-term forest productivity. Pages 202-220 in D.A. Perry *et al.*, eds. Proc. Symp. Maintaining the Long-Term Productivity of Pacific Northwest Forest Ecosystems, Portland, Oregon, Spring 1987. Timber Press Inc., Portland, Oregon. 256 p.

In spite of short-term variations in the global timber supply/demand ratio, pre-AIDS projections of world population growth suggest that demand will exceed

Malgré les variations à court terme du rapport de l'offre à la demande de bois, les projections de la croissance démographique mondiale antérieures à l'épidémie du SIDA portent à croire que la

supply sometime in the first half of the 21st century unless forest productivity is increased. As global demand more closely approaches global supply, forest management is expected to intensify in an attempt to increase stand-level forest growth. Because many forests grow on inherently poor soils, management intensification will be accompanied by an increased risk of damage to long-term productivity through soil degradation. Productivity may also change as a result of climatic change accompanying alteration of atmospheric chemistry. These and other changes will affect the way in which we predict (model) future forest productivity at the stand level. Traditionally, yield prediction in forestry, and therefore most forest yield models (yield tables and equations, mensurational models), has been based on a 'historical bioassay' - the record of tree growth over the past crop rotation. Unfortunately, such model predictions are only valid if growth conditions of the future (soils, climate, biotic factors) are similar to those of the past. But growth conditions are unlikely to remain the same for more than one or two decades beyond the rotation on which a bioassay is based. Because tree growth under these changed conditions may either increase or decrease, a new flexible approach to yield prediction in forestry is needed. This chapter briefly examines the nature of models, compares various approaches to modelling long term forest productivity ('first' and 'second generation' models), and examines one hybrid, 'third generation' model, FORCYTE-11.

demande excédera l'offre quelque part dans la première moitié du XXI^e siècle à moins que l'on n'augmente la productivité forestière. À mesure que la demande mondiale s'approchera de l'offre, l'aménagement forestier devrait s'intensifier afin d'augmenter l'accroissement des peuplements. Comme beaucoup de forêts occupent des sols intrinsèquement pauvres, il y aura risque accru de baisse de la productivité à long terme, à cause de la dégradation des sols. La productivité peut également subir les contrecoups des changements climatiques qui accompagneront la modification des caractéristiques chimiques de l'atmosphère. Ces changements et d'autres influenceront sur les prédictions modélisées de la productivité du peuplement. Traditionnellement, la prédiction du rendement et, par conséquent, la plupart des modèles du rendement forestier (tables et équations du rendement, modèles dendrométriques) étaient fondés sur les antécédents, c'est-à-dire l'observation de l'accroissement des arbres au cours de la révolution antérieure. Malheureusement, ces prédictions ne valent que si les conditions de l'accroissement dans l'avenir (sols, climat, facteurs biotiques) sont semblables à ceux du passé. Or, elles ne sont pas susceptibles de rester les mêmes pendant plus d'une ou deux décennies après la révolution de référence. Comme l'accroissement dans ces conditions nouvelles peut soit augmenter, soit diminuer, il faut un nouveau moyen, souple, de prédire le rendement forestier. Dans le chapitre, on examine rapidement la nature des modèles, on compare diverses approches à la modélisation de la productivité forestière à long terme (modèles de première et de deuxième génération) et on examine un modèle hybride de troisième génération, le modèle FORCYTE-11.

194. LABRECQUE, M. 1987. Nouvelle approche pour la production de plants d'essences feuillues destinés au reboisement. Québec Vert 9:42-44.

Diverses expériences ont depuis été conduites sur une dizaine d'espèces de feuillus « nobles ». Leurs objectifs communs : expérimenter de nouvelles techniques de production susceptibles de favoriser le développement rapide de plants de bonne qualité. Parmi les études

Various experiments have since been carried out on approximately ten species of 'noble' hardwoods. Their common objective: to test new production techniques for promoting rapid development of high-quality seedlings. One of the studies conducted has already produced interesting results. We had proposed to grow seedlings under a polyethylene

réalisées, l'une d'elle a déjà donné d'intéressants résultats. Nous avions en effet prévu de cultiver des plants sous tunnel à couverture de polyéthylène et d'en vérifier l'influence sur la croissance. Le tunnel de culture ayant, jusqu'ici trouvé ses applications principalement en horticulture, nous avons pensé qu'il pourrait être aussi profitable à la culture de plants d'arbre.

tunnel and to determine its effect on growth. We believe that the tunnel, which has been used primarily in horticulture to date, could also be beneficial for growing tree seedlings.

195. LABRECQUE, M.; BELLEFLEUR, P.; SIMON, J.P.; POPOVICH, S. 1989. Influence of light conditions on the predetermination of foliar characteristics in *Betula alleghaniensis* Britton. Pages 497-501 in E. Dreyer *et al.*, eds. Proc. Int. Symp. on For. Tree Physiol., Nancy, France, 25-30 September 1988. Ann. Sci. For. Vol. 46 (suppl.). 875 p.

All analyzed characteristics (structure, anatomy and chlorophyll content) agree and demonstrate that the light conditions to which plants have been exposed have an influence on the development of early leaves the following spring. The consequences on anatomy and, notably, on number of air spaces are evident. Furthermore, this explains why specific leaf area for seedlings grown under shade conditions during year 'n' were not as important. Our results demonstrate that, as the season progressed, the early leaves were more and more influenced by the light conditions in their new environment. Similarly, late leaves seemed to be influenced only by current-year light conditions.

Toutes les caractéristiques analysées (structure, anatomie, teneur en chlorophylle) concordent et montrent que l'éclairage auquel les végétaux sont exposés influe sur le développement des premières feuilles du printemps suivant. Les conséquences sur l'anatomie et, particulièrement, sur le nombre de lacunes sont évidentes. En outre, ceci explique pourquoi la surface foliaire spécifique des semis cultivés à l'ombre durant l'année « n » n'était pas aussi importante. Nos résultats montrent que, à mesure que l'on avance dans la saison, les premières feuilles subissent de plus en plus l'influence de l'éclairage dans leur nouvel environnement. De même, les dernières feuilles semblent ne subir l'influence que des conditions d'éclairage de l'année en cours.

196. LABRECQUE, M.; POPOVICH, S. 1987. Grades and morphological characteristics for hardwood planting stock in Quebec. Pages 85-87 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

By using techniques of tree growing under a polyethylene-covered greenhouse, it is now possible to produce, over one growing season, almost all hardwood species commonly planted in southern Quebec. Considering these possibilities, new grading rules for four hardwood species are proposed. Various criteria of quality have been analyzed and correlated with morphological data taken from plant stems.

L'utilisation de techniques de production, sous tunnel à couverture de polyéthylène, permet de produire, en une seule saison, la majorité des espèces d'arbres feuillus destinés au reboisement dans le sud du Québec. Compte tenu de ces possibilités, de nouvelles normes de production sont proposées pour quatre espèces d'essences feuillues. Différents indices de qualité ont été analysés et corrélés aux données morphologiques mesurées sur les tiges des plants.

197. LABRECQUE, M.; POPOVICH, S. 1988. Use of polyethylene-covered greenhouses to improve the growth of *Quercus rubra* seedlings for reforestation. For. Chron. 64:404-407.

Seedlings of *Quercus rubra* were cultivated outdoors and in a polyethylene-covered greenhouse. Their development over the first growing season was monitored and compared, taking into consideration factors such as the time of sowing (fall or spring). Height, root-collar diameter, and oven-dry mass of tops and roots were significantly greater in greenhouse-cultivated seedlings. However, the differences were reduced when the seedlings were sown later in the spring. Analysis of top-root ratios showed that the balance of seedlings was not affected by greenhouse cultivation. The results of this study and the rapid growth of the seedlings produced on the greenhouse leads us to reconsider our current production standards.

Des plants de *Quercus rubra* ont été cultivés au champ et à l'intérieur d'un tunnel à couverture de polyéthylène. Leur développement, durant leur première saison de croissance, a été suivi de façon comparative en considérant notamment le moment (automne ou printemps) de la réalisation des semis. La hauteur, le diamètre au collet et les masses anhydres des tiges et des racines se sont révélés significativement supérieurs pour les plants cultivés sous tunnel. Les différences sont toutefois atténuées lorsque les semis sont effectués tardivement au printemps. L'analyse des rapports tige/racine a démontré que l'équilibre des plants n'est pas affecté par une culture sous tunnel. Les résultats obtenus et la rapidité de la croissance des plants produits sous tunnel nous conduisent à reconsidérer les normes de production jusqu'ici utilisées.

- 198 LABRECQUE, M.; POPOVICH, S. 1989. Amélioration de la rapidité de la croissance et de la qualité des plants d'essences feuillues par l'utilisation du tunnel de culture. Pages 155-158 in E.N. Hogan, ed. Compte rendu du septième séminaire canadien de R&D en bioénergie, Ottawa (Ontario), 24-26 avril 1989.

Des techniques de production sous tunnel de plants d'essences feuillues ont été expérimentées afin d'améliorer la rapidité de croissance et de favoriser le développement de plants sains et vigoureux. Les taux de croissance et les caractéristiques morphologiques de plants cultivés durant tout l'été sous tunnel et, parallèlement, au champ de la pépinière ont été comparés. Par la suite, des plantations expérimentales ont été réalisées afin de comparer la survie de plants d'un an produits sous tunnel, et de plants de deux ans produits au champ. Le tunnel de culture avantage grandement la croissance des plants. Ni leur proportion, ni leur équilibre ne paraissent affectés par ce mode de production. De même la survie des plants 1+0 produits sous tunnel s'est révélée nettement supérieure à celles des plants 2+0 produits au champ. Le tunnel

Techniques of producing hardwood seedlings under tunnel were tested in an attempt to improve growth speed and promote the development of healthy, vigorous plants. The growth rates and morphological characteristics of seedlings cultivated throughout the summer under tunnel, on the one hand, and in the nursery field, on the other, were compared. Experimental plantings were subsequently made in order to compare the survival of one-year-old seedlings produced under tunnel and two-year-old seedlings produced in the field. The tunnel is of great benefit to the growth of seedlings. Neither their proportions nor their balance appear to be affected by this mode of production. Likewise, the survival of the 1+0 seedlings produced under tunnel proved clearly superior to that of the 2+0 seedlings produced in the field. The tunnel would be an excellent means of accelerating the development of seedlings, while at the same time guaranteeing better success following planting.

de culture serait un excellent moyen d'accélérer la rapidité de développement des plants tout en garantissant de meilleurs succès après la plantation.

199. LABRECQUE, M.; POPOVICH, S. 1990. Productions sous tunnel ou au champ : influence sur la survie de plants de chênes après plantation. For. Chron. 66 : 494 - 497.

L'utilisation du tunnel à couverture de polyéthylène permet d'accroître grandement la croissance des plants. Cette rapidité avec laquelle les plants se développent peut-elle cependant affecter leur qualité et nuire à leur chance de reprise et de croissance après la plantation? Afin de vérifier cette hypothèse, des plantations expérimentales ont été réalisées avec deux espèces de chênes (*Quercus macrocarpa* Michx. et *Q. rubra* L.). La survie et l'accroissement en hauteur des plants produits, soit en une saison sous tunnel (PST), soit en deux ans au champ (PAC) selon les méthodes conventionnelles, ont été comparées. Pour les deux espèces considérées les plants PST ont présenté, après la plantation, des pourcentages de survie significativement supérieurs à ceux des plants PAC. Les analyses de la variation des taux de survie au cours des semaines et des mois qui ont suivi la plantation nous laissent croire que les différences observées s'expliqueraient par le fait que les plants de deux ans PAC subissent un choc de transplantation beaucoup plus considérable que celui que connaissent les plants PST. Tout en permettant de produire en une seule saison des plants de fortes dimensions, la culture sous tunnel favorise aussi un enracinement moins profond des plants à racines pivotantes. Le choc à l'arrachage est moins important et la reprise après la plantation, meilleure.

The use of polyethylene-covered greenhouse has proven to be an effective method to promote the growth of seedlings. Could this improvement of the rate of growth affect quality of seedlings and their field performance after planting? To test this hypothesis, experimental plantations were made with two species of oak (*Quercus macrocarpa* Michx. and *Q. rubra* L.). Survival and growth in height after planting were compared between seedlings produced in one season under polyethylene or in two years in open field conditions. For both species, survival percentages of the greenhouse-cultivated stock were superior to those of the field-cultivated seedlings. Analysis of the variation of the survival percentages during weeks and months following outplanting leads us to believe that the field-cultivated seedlings are probably subjected to a greater transplanting shock. The production of large seedlings, in only one season under greenhouse conditions, promotes the development of a more superficial root system. Root damage at lifting is less important and the chance of successful establishment after planting are improved.

200. LABRECQUE, M.; RICHER, C.; BEAUDOIN, M.F.; POPOVICH, S. 1989. Potentiel de croissance d'espèces ligneuses destinées à la culture intensive par courtes rotations. Pages 151-153 in Compte rendu du septième séminaire canadien de R&D en bioénergie, Ottawa (Ontario), 24-26 avril 1989.

La croissance annuelle et le développement de plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes ont été suivis pendant quelques saisons consécutives. Les analyses de ces résultats ont permis d'identifier, parmi celles-ci, une dizaine d'essences indigènes et horticoles dont la croissance, en phase juvénile, s'est révélée particulièrement active. Considérant leur rusticité, leur résistance à la maladie et la productivité de leurs rejets après recepage, les espèces considérées sont manifestement d'un grand intérêt pour la culture intensive par courtes rotations.

The annual growth and development of a number of species of trees and shrubs were followed over consecutive seasons. Analyses of these results have identified about ten indigenous and horticultural species among those whose growth was particularly active in the juvenile phase. In view of their hardiness, their resistance to disease and the productivity of their shoots after rejuvenation, the species considered are clearly of great interest for short-rotation intensive culture.

- 201 LAVOIE, G.; VALLEE, G. 1981. Inventory of species and cultivars potentially valuable for forest biomass production. Natl. Swed. Board for Energy Source and Development. IEA Rep. NE 1981:17. 43 p.

Over the past few decades, the vocabulary of forestry has been enriched by the words: biomass, ligniculture, mini-rotation, intensive culture, etc. In 1973, the energy crisis in its embryonic phase was brought home to us by the staggering rise in the price of oil. From this there appeared the 'Energy potential of the forest biomass and the needs for mini-rotation and short rotation forest production'.

To prepare a guide for experiments in mini-rotation or short rotation forest production, potentially valuable species and cultivars have to be inventoried. In this text, 288 species are listed under 31 genera — 27 deciduous and 4 coniferous. This partial inventory was made for the Northern Hemisphere and different climates, ranging from the tropical zone to the cold temperate zone.

Voir 202 pour le français.

202. LAVOIE, G.; VALLÉE, G. 1982. Inventaire des espèces et cultivars potentiellement valables pour la production de biomasse ligneuse. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-56. 48 p.

Depuis quelques décennies, le vocabulaire forestier s'est enrichi des mots : biomasse, ligniculture, minirotation, culture intensive, etc. En 1973 survint la crise énergétique, au stade embryonnaire, qui entraîna une hausse fulgurante du prix du pétrole. Cette situation a suscité la parution du document « Potentiel énergétique de la biomasse forestière et besoins de production de matière ligneuse en minirotation et en rotation courte ».

Pour orienter les essais de production de matière ligneuse en minirotation ou en rotation courte, il est important d'inventorier les espèces et cultivars potentiellement valables. Le présent document mentionne 288 espèces réparties en 31 genres, dont 27 pour les feuillus et 4 pour les résineux. Cet inventaire partiel a été préparé pour l'hémisphère Nord et pour différents climats, allant du climat tropical au climat tempéré froid.

See 201 for English.

203. LUCAS, J.S. 1980. Intensive culture of plantations to maximize biomass production. Pages 199-202 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

In eastern Ontario, there is an abundance of marginal land no longer in production for agricultural purposes but well suited for growing forest crops. Under ENFOR, the Ontario Ministry of Natural Resources is producing planting stocks and establishing intensively managed plantations of different fast growing species at different spacings to establish biomass yields on typical sites. Japanese larch, tamarack and green ash are all being investigated both in pure blocks and interplanted with nitrogen fixing European alder.

Dans l'est de l'Ontario, on compte de nombreuses terres qui ne sont plus cultivées mais qui sont propices à la culture d'essences forestières. Dans le cadre du programme ENFOR, le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario travaille à la production de semis et à l'établissement de plantations de ligniculture de diverses espèces à croissance rapide. On fait varier l'espacement afin de déterminer, pour des stations typiques, les rendements soit en mélèze du Japon, soit en mélèze laricin, soit en frêne vert, chaque espèce étant ou non mélangée à des aulnes d'Europe, qui ont la propriété de fixer l'azote.

204. LUCAS, J.S. 1981. Intensive culture of plantations to maximize biomass production (Phase III). Ont. Min. Natl. Res., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-75. 9 p. + app.

In eastern Ontario, there is an abundance of marginal land no longer in production for agricultural purposes but well suited for growing forest crops. Under ENFOR, the Ontario Ministry of Natural Resources is establishing intensively managed plantations of different fast growing species at different spacings to produce biomass on typical sites. Japanese larch, tamarack and green ash are all being investigated both in pure blocks and interplanted with nitrogen fixing European alder. Phase III consists of the shipping and outplanting of 73 000 seedlings and completes the plantations established under this study.

Dans l'est de l'Ontario, on trouve beaucoup de terres marginales en friche, mais qui conviennent bien à la culture d'essences forestières. Dans le cadre du programme ENFOR, le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario établit des plantations de ligniculture de différentes essences à croissance rapide, à divers espacements, afin de produire de la biomasse dans des stations typiques. Le mélèze japonais, le mélèze laricin et le frêne vert sont tous étudiés en blocs purs et en plantations intercalaires avec l'aulne glutineux, fixateur d'azote. À l'étape III, on expédiera et on transplantera 73 000 semis et on complètera les plantations établies en vertu de l'étude.

205. LUCAS, J.S.; MacDUFF, W.D. 1979. Intensive culture plantations to maximize biomass production: Phase I and II. Ont. Min. Natl. Res., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-75. 18 p. + app.

In eastern Ontario, there is an abundance of marginal land no longer in production for agricultural purposes but well suited for growing forest crops. Under ENFOR, the Ontario Ministry of Natural Resources is producing planting stock and establishing intensively managed plantations of different fast growing species at different

Dans l'est de l'Ontario, on trouve beaucoup de terres marginales en friche, mais qui conviennent bien à la culture d'essences forestières. Dans le cadre du programme ENFOR, le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario produit du matériel de plantation et il établit des plantations de ligniculture de différentes essences à croissance rapide, selon divers espacements, pour établir les

spacings to establish biomass yields on typical sites. Japanese larch, tamarack and green ash are all being investigated both in pure blocks and interplanted with nitrogen fixing European alder. Work completed in 1979 includes Phase I - shipping and out planting of 67 400 trees, as well as Phase II - growing 73 000 trees and preparing 33 hectares for 1980 planting.

rendements en biomasse de stations typiques. Le mélèze japonais, le mélèze laricin et le frêne vert sont tous étudiés en blocs purs et en plantations intercalaires avec l'aulne glutineux, fixateur d'azote. Les réalisations de 1979 comprennent les travaux de l'étape I (expédition et transplantation de 67 400 arbres) de même que l'étape II (culture de 73 000 arbres et préparation de 33 ha pour la plantation en 1980).

206. McCABE, P.L.; GLEN, W.M. 1985. Intensive short-rotation culture of hybrid poplar for energy on Prince Edward Island. Agric. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-301. 44 p. + app.

In May 1981, a hybrid poplar experiment was established on Prince Edward Island. It consisted of two sites combining two clones, three planting densities and four fertilizer levels. This report details the results of one year's growth on one site, and two years' growth on the second, both on the four-year-old rootstock.

En mai 1981, on a mis sur pied une expérience avec le peuplier hybride, dans l'Île-du-Prince-Édouard. Dans deux stations, on a combiné deux clones, trois densités de plantation et quatre concentrations de fertilisant. Le rapport donne dans le détail le résultat constaté après une année de croissance dans une station, après deux années dans l'autre, dans les deux cas avec des porte-greffes de quatre ans.

The highest one-year production level was 8.27 ODT/ha on the Upton Road site with clone number 79, with a high planting density and no fertilizer. The highest two-year production level was 12.12 ODT/ha with clone number 79, with a medium planting density and 400 kg/ha of nitrogen fertilizer. Costs of production were calculated from this study, and were compared to the cost of production for biomass from natural stands. The production cost was lower for biomass from natural poplar stands (\$19.12/ODT), than from the most economic cultivated stands (\$53.16/ODT).

La production maximale après un an se situait à 8,27 tonnes anhydres/ha, dans la station d'Upton Road (clone n° 79), où la densité de plantation était forte et où il n'y avait pas eu de fertilisation. La production maximale après deux ans était de 12,12 t/ha avec le clone n° 79, à la densité moyenne de plantation et avec apport de 400 kg d'azote à l'hectare. Les coûts calculés de production ont été comparés aux coûts de la production de la biomasse dans des peupleraies naturelles. Dans ces dernières, les coûts étaient inférieurs (19,12 \$/tonne anhydre), à ceux de la biomasse des peuplements cultivés les plus économiques (53,16 \$).

207. McCAUGHEY, J.H. 1986. Energy balance measurement system for agroforestry application in Newfoundland. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-251. 26 p.

This report summarizes the construction, laboratory and field testing of an energy balance measurement system for studies on energy plantations in Newfoundland. The system includes: (1) a Reversing Temperature Difference Measurement System; (2) thermopiles for the

Ce rapport résume les travaux de mise sur pied et d'essai, au laboratoire et sur le terrain, d'un système de mesure du bilan énergétique, conçu pour l'étude des plantations de ligniculture à des fins énergétiques à Terre-Neuve. Le système comprend : (1) un dispositif de mesure des écarts de température à renversement; (2) des thermopiles,

measurement of dry- and wet-bulb temperature difference; (3) a net pyrradiometer; (4) a tipping bucket rain gauge; and (5) a Campbell Scientific CR7 data system. The development work was conducted in the Department of Geography, Queen's University, Kingston, Ontario, and the field installation and testing was done at the Newfoundland Forestry Centre, Pasadena Forest Research Nursery, in the summer of 1985.

pour la mesure de l'écart entre la température du thermomètre mouillé et celle du thermomètre sec; (3) un pyrradiomètre pour le rayonnement total résultant; (4) un pluviomètre à auget basculeur; et (5) un ordinateur Campbell Scientific CR7. La conception a été faite au département de géographie de l'université Queen's, à Kingston (Ontario), et la mise en place et les essais à la pépinière forestière expérimentale de Pasadena du Centre de foresterie de Terre-Neuve, durant l'été de 1985.

MEADES, W.J. 1988. The integration of forest site classification and FORCYTE-10 calibration for balsam fir in western Newfoundland. Pages 29-40 in T.M. Williams and C.A. Gresham, eds. Proc. of IEA Workshop on Predicting Consequences of Intensive Forest Harvesting on Long-Term Productivity by Site Classification, Clamson Univ., Georgetown, South Carolina, 2-9 October 1987. IEA/BE Project A3 (CPC-10), Rep. No.6.

The taxonomy of forest site classifications provides an essential means of comparative studies of ecosystem structure and function as well as the practical means of communication between forest managers and forest scientists. However, the edaphic potential for tree growth on a site type can be modified considerably by variation in biological processes due to changes in the intensity and frequency of disturbance. A more complete understanding of successional processes prior to crown closure is prerequisite to development of sound silvicultural prescriptions that can be sustained over several rotations. The complexity of predicting the outcome of intensive forest management strategies is further confounded by the natural diversity of seral vegetation relative to the possible treatment combinations that might be contemplated. Future solution to these problems may be found, at least in part, in the integration of refined classifications of seral vegetation with hybrid simulation models such as FORCYTE.

La taxonomie des classifications des stations forestières est essentielle à l'étude comparative de la structure et de la fonction des écosystèmes. Elle sert en outre de véhicule de communication entre les aménagistes et les scientifiques de la forêt. Toutefois, le potentiel édaphique de la croissance des arbres dans un type de station peut être modifié considérablement par les écarts des processus biologiques provoqués par un changement d'intensité et de fréquence des causes de perturbation. Une meilleure connaissance des processus de succession qui précèdent la fermeture du couvert est indispensable à la prescription de mesures sylvicoles avisées, que l'on peut conserver au cours de plusieurs révolutions. La complexité de la prédiction du résultat des stratégies d'aménagement intensif est encore doublée par la diversité naturelle de la végétation préclimacique, relativement aux combinaisons de traitements que l'on pourrait envisager. La solution éventuelle à ces problèmes pourrait résider, du moins en partie, dans l'intégration des classifications fines des successions dans les modèles hybrides de simulation tels que le modèle FORCYTE.

OGAR, G.E. 1981. Effects of spacing and NK fertilizers on dry matter accumulation and nutrient contents of two-year-old *Populus x euramericana* cv. I-45/51 and cv. *robusta* DN17. Environ. Can, Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-121. 119 p. + app.

Seasonal nutrient concentrations and contents and dry matter accumulation for *Populus x euramericana* clone *robusta* DN17 and *Populus x euramericana* clone I-45/51 were studied under field conditions using two-year-old saplings to obtain some basic information for establishing mini-rotation poplar plantations. Row spacings varying from 0.3 m to 3.0 m in Nelder plots and three levels of NK fertilizers (kg/ha) were used as treatment factors. Foliar elemental concentrations were not affected by spacing but rather by NK fertilizers which significantly increased NPK concentrations and depressed the concentrations of calcium and magnesium. Maximum foliar NPK concentrations occurred in late spring while that of Ca and Mg was in mid-summer. In a two-year rotation, row spacing of 1.8 m in Nelder plots induced maximum growth response per sapling for the two clones. Dry matter accumulation on an area basis increased with declining spacing distances. The greatest accumulation was obtained at the closest row spacing of 0.3 m. Similarly, the nutrient content of aerial components declined with increasing spacing and the maximum accumulation was found to be associated with the closest row spacing.

On a étudié sur le terrain, chez des gaules de deux ans des clones *robusta* DN17 et I-45/51 de *Populus x euramericana*, les teneurs et le contenu saisonniers en éléments nutritifs de même que l'accumulation de la matière sèche. On voulait obtenir des renseignements de base en vue de l'établissement de peupleraies de courte révolution. L'espacement entre les rangs, qui variait de 0,3 à 3,0 m dans les parcelles Nelder, et trois niveaux de fumure à l'azote et au potassium (kg/ha) ont servi de facteurs de traitement. Les concentrations élémentaires dans les feuilles n'ont pas été modifiées par l'espacement, mais plutôt par l'apport des engrais NK, qui ont considérablement accru les concentrations de NPK et abaissé les concentrations de calcium et de magnésium. Les concentrations foliaires maximales de NPK ont été observées à la fin du printemps; les concentrations maximales de Ca et de Mg, au milieu de l'été. Au cours d'une rotation de deux ans, avec un espacement entre les rangs de 1,8 m dans des parcelles Nelder, on a maximisé la croissance des gaules des deux clones. L'accumulation de matière sèche, par unité de surface, a augmenté avec le resserrement des rangs, en étant maximale à l'espacement minimal de 0,3 m. De même, la teneur en éléments nutritifs dans les parties aériennes a diminué avec l'augmentation de l'espacement, en étant maximale à l'espacement minimal entre les rangs.

210. PETERSON, E.B. 1989. Boreal mixedwood challenges: Do ecosystem models like FORCYTE-11 have a role? For. Can., Nor. For. Cent., ENFOR Rep. P-353. 23 p.

The present report is a result of a project that had two distinct objectives. The first primary objective was to identify stand-level boreal mixedwood problems based on interviews with federal, provincial and industrial forestry personnel who are currently involved in mixedwood forest management. The second primary objective was to relate the identified mixedwood management challenges to a stand-level ecosystem modelling framework, FORCYTE-11, developed by Professor J.P. Kimmins and co-workers at the University of British Columbia for Forestry Canada under the ENFOR program. The present report addresses this second objective.

Le présent rapport découle d'un projet qui comportait deux objectifs distincts. Le premier consistait à identifier les problèmes rencontrés au niveau des peuplements dans la forêt mixte boréale à partir d'entrevues menées auprès de personnes oeuvrant actuellement en aménagement des forêts mixtes au niveau fédéral, provincial et dans l'industrie. Le deuxième objectif principal consistait à établir un rapport entre les défis qui ont été identifiés en matière d'aménagement des forêts mixtes et un modèle d'écosystème de peuplement, le FORCYTE-11, élaboré par le professeur J.P. Kimmins et des collègues de l'Université de la Colombie-Britannique pour Forêts Canada, dans le cadre du programme ENFOR. Le présent rapport aborde ce second objectif.

For only one of 16 identified concerns - need to define mixedwood management regimes - was FORCYTE-11 judged to have high applicability both presently and potentially. For three concerns (difficulty of white spruce regeneration, uncertain ecological effects of site preparation equipment and inadequate use of existing information) applicability of the model was considered to be medium, now and in the future. There were three concerns with presently low but potentially medium applicability (competition from shrubs and grasses, restrictions to herbicide use and integration of softwood and hardwood harvests).

L'applicabilité, tant actuelle que potentielle, du FORCYTE-11 n'a été jugée élevée que pour l'une des seize préoccupations identifiées - la nécessité de définir des régimes d'aménagement des forêts mixtes. Son applicabilité actuelle et future a été jugée moyenne à l'égard de trois autres préoccupations (la difficulté de régénération de l'épinette blanche, les effets écologiques incertains du matériel de préparation du terrain et l'utilisation inadéquate des données disponibles). Son applicabilité à trois autres domaines de préoccupation a été jugée faible à l'heure actuelle, mais potentiellement moyenne (concurrence des arbustes et des graminées, restrictions de l'usage d'herbicides et intégration de la récolte des résineux et des feuillus).

211. PETERSON, E.B.; KABZEMS, A.; KABZEMS, R.D.; PETERSON, N.M. 1989. Boreal mixedwood forest management challenges. Pages 227-231 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

On behalf of the Northern Forestry Centre, over 50 forest managers and researchers were interviewed in early 1988 to seek a consensus on today's main challenges for mixedwood management. From northeastern British Columbia to southeastern Manitoba the most commonly mentioned concerns were: competition from shrubs and grasses after clearcutting; restrictions to the silvicultural use of herbicides; difficulties to achieve white spruce regeneration; uncertainties about the ecological effects of site preparation equipment; ill-defined management regimes for mixedwood ecosystems; difficulties in managing and using decayed aspen; inadequate inventory data on boreal hardwoods and understorey conifers; and inaccurate allowable annual cut projections now that hardwood species are commercially important. Planning time horizons remain very short for most mixedwood forest managers but the increasing use of hardwoods is expected to encourage a shortening of rotations. Today's mixedwood forest managers do not place a high priority on nutrition management nor on the use of boreal biomass for energy production. Several respondents stressed that there are

Pour le compte de Centre forestier du Nord, plus de 50 gestionnaires et chercheurs en foresterie ont été interrogés au début de 1988 au sujet des principaux problèmes qui touchent actuellement l'aménagement des peuplements mélangés. Du nord-est de la Colombie-Britannique au sud-est du Manitoba, les problèmes mentionnés le plus souvent étaient les suivants : compétition des arbrisseaux et des graminées après des coupes rases; restrictions imposées à l'utilisation des herbicides en sylviculture; difficultés à régénérer l'épinette blanche; incertitudes quant aux effets écologiques de l'équipement de préparation des sites; mauvaise définition des régimes d'aménagement destinés aux écosystèmes mélangés; difficultés relatives à la gestion et à l'utilisation du tremble pourri; lacunes dans les données d'inventaire relatives aux feuillus boréaux et aux conifères de sous-étage; et inexactitude des prévisions des coupes annuelles permises, maintenant que les feuillus sont commercialement importants. Les horizons de planification restent très courts pour la plupart des gestionnaires des forêts mélangées, mais on prévoit que l'utilisation croissante des feuillus favorisera un raccourcissement des rotations. Les gestionnaires des forêts mélangées d'aujourd'hui ne donnent pas un haut degré de priorité à la gestion nutritionnelle ni à l'utilisation de la biomasse boréale pour la production d'énergie. Plusieurs des personnes interrogées ont insisté sur le fait qu'il serait possible

opportunities to make better use of the impressive information base that already exists.

de mieux utiliser l'impressionnante base d'information qui existe déjà.

212. PETERSON, E.B.; KABZEMS, A.; KABZEMS, R.D.; PETERSON, N.M. 1989. Boreal mixedwood forest management challenges: A synopsis of opinions from 1988 interviews. For. Can., Nor. For. Cent., ENFOR Rep. P-353. 39 p.

From northeastern British Columbia to southeastern Manitoba the most commonly mentioned concerns were: competition from shrubs and grasses after clearcutting; restrictions to the silvicultural use of herbicides; difficulties to achieve coniferous spruce regeneration; uncertainties about the ecological effects of site preparation equipment; ill-defined management regimes for mixedwood ecosystems; difficulties in managing and using decayed aspen; inadequate inventory data on boreal hardwoods and understorey conifers; and inaccurate allowable annual cut projections now that hardwood species are commercially important.

The main message revealed by this review is that the co-existence of aspen and spruce on the same site represents a well-adapted ecological mix of species but such ecosystems present perplexing silvicultural problems.

Les préoccupations les plus couramment mentionnées, du nord-est de la Colombie-Britannique au sud-est du Manitoba, étaient les suivantes : la compétition exercée par les arbustes et les graminées après une coupe rase, les restrictions imposées à l'utilisation en forêt des herbicides, les difficultés de régénération de l'épinette et des conifères, les incertitudes entourant les effets du matériel de préparation du terrain sur l'environnement, les régimes d'aménagement mal définis des écosystèmes forestiers mixtes, les difficultés d'aménager et d'utiliser les peuplements de peupliers faux-trembles en voie de décomposition, l'insuffisance des données d'inventaires sur les forêts feuillues boréales et les conifères de sous-étage, et l'inexactitude des prévisions des coupes annuelles permises maintenant que les essences feuillues ont une importance commerciale.

Cet examen nous a surtout permis de constater que la coexistence du peuplier faux-tremble et de l'épinette dans une même station représente une association stationnelle d'espèces bien adaptées, mais que de tels écosystèmes posent des problèmes sylvicoles compliqués.

213. PIKE, D.B.; MEADES, W.J. 1989. A preliminary evaluation of FORCYTE-11 using western Newfoundland balsam fir stands. Pages 199-202 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

FORCYTE-11 is being calibrated and evaluated for balsam fir in the western Newfoundland ecoregion. FORCYTE is a complex ecosystem simulation model. Empirical data, supplied by previous ENFOR contracts, have been processed and input into appropriate data sets. A literature review to supplement data requirements not yet realized through calibration field work is ongoing. All data inputs have been documented. A simulated

On procède actuellement à l'étalonnage et à l'évaluation du modèle FORCYTE-11 en vue de l'appliquer à des sapins baumiers dans l'écorégion correspondant au secteur ouest de Terre-Neuve. Le modèle FORCYTE-11 est un modèle complexe permettant de simuler des écosystèmes. Des données empiriques, obtenues au cours de contrats réalisés dans le cadre du programme ENFOR, ont été traitées et entrées dans les ensembles appropriés de données. On procède actuellement à une étude de la documentation, en vue de compléter les

factorial experiment was conducted to provide an evaluation of the model's response to thinning and fertilization. A comparison of this experiment with the results from a similar experiment using FORCYTE-10 is provided. Results are compared with available data from the literature and field experiments in the area.

données recueillies pendant les travaux d'étalonnage sur le terrain. Toutes les entrées ont été documentées. Une simulation factorielle a été réalisée en vue d'évaluer la réponse du modèle à l'éclaircie et à la fertilisation. On compare les résultats de cette expérience avec les résultats d'une expérience semblable réalisée avec le modèle FORCYTE-10. On compare les résultats obtenus avec les données disponibles publiées dans la documentation et celles obtenues au cours d'expériences sur le terrain dans la région.

214. RICHARDSON, J.; FUREY, W. 1982. Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland. Pages 139-143 *in* Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

Alternative methods of site management are being compared following whole-tree chipping of a white birch stand in Newfoundland. In the absence of other treatments, a dense stand of birch sprouts and seedlings developed quickly. Light ground scarification had a negligible effect on hardwood regrowth. Severe ground disturbance considerably but temporarily reduced hardwood regrowth. Herbicides controlled hardwoods sufficiently to permit softwood reforestation. Several softwood species have been seeded and planted on all site treatment combinations.

Différentes méthodes d'aménagement du terrain ont été comparées après la transformation en copeaux d'une récolte de bouleaux blancs à Terre-Neuve. En l'absence d'autres traitements, un peuplement dense de pousses et de jeunes plants de bouleaux s'est développé rapidement. Une scarification légère du sol a eu un effet négligeable sur le repeuplement des bois durs. Dans les sols, de très mauvaises conditions ont beaucoup empêché les bois durs de repousser mais cette situation n'est que temporaire. Les herbicides ont contrôlé suffisamment la croissance des bois durs pour permettre le reboisement des bois mous. Plusieurs essences de bois mou ont été ensemencées et plantées sur toutes les combinaisons de traitement du sol.

215. RICHARDSON, J.; FUREY, W. 1984. Reforestation after harvesting white birch stands for biomass in Newfoundland. Pages 102-106 *in* S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

After full-tree harvesting of a white birch stand in Newfoundland, birch sprouts and seedlings develop rapidly and densely. Scarification and herbicide treatment were not required to permit successful softwood reforestation. Black spruce bareroot seedlings reforested the site better than containerized seedlings of white spruce, black spruce or Japanese larch, or broadcast seeding of black spruce.

Après la coupe d'arbres entiers dans un peuplement de bouleaux blancs à Terre-Neuve, les pousses et les jeunes plants de bouleau se sont développés de façon rapide et dense. Il n'a pas fallu recourir à une scarification et à un traitement herbicide pour obtenir une bonne restauration des conifères. Les jeunes plants à racines nues d'épinettes noires ont mieux reboisé le site que les plants d'épinettes blanches, d'épinettes noires ou de mélèzes du Japon en récipients, ou que les semis à la volée d'épinettes noires.

- 216 RICHARDSON, J.; KHALIL, M.A.K.; WINKLER, J. 1981. Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res Cent., ENFOR Rep. P-145. 22 p.

This is a first-year report of a study on management alternatives for a site recently clearcut for hardwood biomass. Three alternatives are considered: natural hardwood regeneration, planting hybrid poplars and converting to softwoods.

In the regeneration study, site treatments, including stump pulling and scarification are discussed. In the poplar study, hardwood control treatments presented include brushsaw cutting and glyphosate application. Selected hybrid poplar clones are used. The regeneration trials in the forest conversion study are white spruce container seedlings, 2-1 black spruce bare roots seedlings, black spruce container seedlings, larch container seedlings, broadcast seeding of black spruce and control. Hardwood control treatments include brushsaw cutting, 2,4-D, glyphosate and brushsaw plus 2,4-D.

Dans ce rapport sur la première année d'une étude sur les partis qui s'offrent à l'aménagement d'une station qui venait d'être coupée à blanc pour la récolte de la biomasse de feuillus, on envisage trois solutions de rechange : la régénération naturelle en feuillus, la plantation de peupliers hybrides ou la conversion en résineux.

Au chapitre de la régénération, on discute des traitements sylvicoles, y compris l'essouchage et la scarification. Au chapitre du peuplier, les traitements de lutte contre les feuillus présentés comprennent le débroussaillage et l'application de glyphosate. On se sert de clones choisis de peuplier hybride. Au chapitre de la conversion en résineux, on a essayé des semis d'épinettes blanches en récipients, d'épinettes noires 2-1 à racines nues, d'épinettes noires en récipients, de mélèzes en récipients, l'ensemencement à la volée de semences d'épinettes noires et un traitement témoin. Dans les traitements de lutte contre les feuillus, on englobe le débroussaillage, l'application de 2,4-D, l'application de glyphosate et la combinaison du débroussaillage et du traitement au 2,4-D.

217. RICHARDSON, J.; WINKLER, J. 1981. Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland. Pages 285-288 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

Following whole-tree chipping of a pure white birch stand for biomass in Newfoundland, alternative methods for managing the site are being compared. The site can be managed on a continuing basis for birch biomass. Alternatively, major site treatments and hardwood control treatments will prepare the site for planting of fast growing hybrid poplar cuttings, or for reforestation with native or exotic softwood species for pulp and lumber. The study is in the establishment phase.

On compare diverses méthodes de traitement du terrain après récolte par arbres entiers et déchetage d'un peuplement homogène de bouleau blanc à Terre-Neuve. L'endroit peut permettre la production continue de biomasse de bouleau. On peut aussi, au moyen de traitements importants du terrain et de méthodes de contrôle des feuillus, préparer l'endroit pour planter des peupliers hybrides à croissance rapide ou pour reboiser avec des conifères indigènes ou exotiques en vue de la production de bois de pâte. L'étude n'en est encore qu'au stade préparatoire.

218. ROBERTSON, A. 1982. *Salix* for biomass fuel and energy conservation in Newfoundland. Pages 123-126 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg Manitoba, 29-31 March 1982.

Fast-growing *Salix* plantations can be coppiced every one to three years to produce biomass for liquid and solid fuels. Willow shelterbelts can be pollarded every five to eight years for domestic fuel. In Newfoundland 140 salix clones are being tested for energy plantations, shelterbelts and multiple non-energy uses. *Salix alba* clones from Italy and Romania have grown the fastest with a mean height of 239 cm over two seasons of growth. On the basis of these early tests, 8-11 tonnes dry matter/ha/year are feasible. Potential energy plantation sites include barrens, peatlands and converted scrub forest areas.

Les plantations de *Salix* à croissance rapide peuvent être taillées à un intervalle de un à trois ans pour produire de la biomasse pour combustibles liquides et solides. Des ceintures protectrices de saules peuvent être étêtées tout les cinq à huit ans pour le combustible domestique. À Terre-Neuve, on procède à des études sur 140 clones *Salix* en vue de les utiliser dans des plantations à des fins énergétiques, des ceintures protectrices et des usages multiples à des fins non énergétiques. Les clones *Salix alba* en provenance d'Italie et de Roumanie ont connu la croissance la plus rapide, avec une hauteur moyenne de 239 cm après deux saisons de croissance. D'après ces premiers essais, 8 à 11 tonnes de matière anhydre par hectare peuvent être produites annuellement. Les sites potentiels de plantations à des fins énergétiques comprennent les terrains peu fertiles, les tourbières et les forêts de broussailles converties.

219. ROBERTSON, A. 1984. An introduction to European willows. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-226. 41 p.

As a short-rotation agroforestry crop, willow coppice and osier production dates back to early Greek and Roman civilizations. Within the last decade willows have again become attractive as a cheap, fast-growing energy source. New research and development programs on short-rotation energy plantations are underway in Sweden, Eire, Britain, Finland, New Zealand and, more recently, Canada and the United States. This report provides a basic introduction to European willows in general and the potential of commercial species in particular. Historical notes include selected examples of early uses and mythology that influenced contemporary perception and cultivation of willows.

La culture agroforestière à rotation courte de l'osier et des saules en taillis remonte aux débuts des civilisations grecque et romaine. Au cours de la dernière décennie, les saules ont connu un regain de faveur en tant que source bon marché et à croissance rapide d'énergie. De nouveaux programmes de recherche et de développement sur les plantations à rotation courte sont en cours en Suède, en Irlande, en Grande-Bretagne, en Finlande, en Nouvelle-Zélande et, depuis peu, au Canada et aux États-Unis. Le présent rapport constitue une introduction fondamentale aux saules européens en général et aux possibilités de certaines espèces commercialisables. Des notes historiques donnent des exemples des premières utilisations et des mythes qui ont influé sur la perception et la culture contemporaines du saule.

220. ROBERTSON, A. 1984. Willow plantations in agroforestry. SPAN 27(1):32-34.

Throughout much of the northern coniferous, or boreal, forest region in Canada, Scandinavia and the USSR, forestry and agricultural activities are not particularly well integrated, at least not in the strict sense of agroforestry. Whatever the reason for the divergence between

Dans la plus grande partie de la forêt boréale ou de la forêt coniférienne du nord, au Canada, en Scandinavie et en U.R.S.S., l'activité forestière et l'activité agricole ne sont pas particulièrement bien intégrées, du moins pas au sens strict où on l'entend en agroforesterie. Quelle qu'ait été la cause de la séparation de ces deux disciplines étroitement

these two closely related disciplines in the past, it is apparent that short-rotation agroforestry plantations and a growing environmental consciousness towards land use policies have encouraged closer collaboration between foresters and agriculturists. If such cooperation matures, short-rotation willow (*Salix*) plantations in the boreal regions could become a useful multi-component agroforestry crop - one in which environmental improvement and sources of energy, animal feed and chemicals are all component parts.

apparentées, il semble que les plantations agroforestières à révolution courte et une prise de conscience écologique à l'égard de la politique d'occupation des sols aient resserré la collaboration entre les agriculteurs et les gens de la forêt. Si cette collaboration se développe, les saulaies boréales à révolution courte pourraient devenir une culture agroforestière polyvalente utile, c'est-à-dire qui répond à la nécessité d'améliorer l'environnement, aux demandes d'énergie, à l'alimentation des animaux et à la production de substances chimiques.

- 221 ROBERTSON, A. 1989. Energy forest R&D in Newfoundland: 1981-88. Pages 251-257 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

Government policies advocating biomass as an energy source indicate the need for a sustained fuelwood management program. However, major constraints to the development of a stable, long-term biomass fuel industry throughout much of Canada are shortfalls in biomass reserves due to overcutting, especially in climatically sensitive regions noted for slow growth rates and the eventual depletion of 'green junk' reserves.

To address these and other fundamental problems associated with creating and maintaining productive fuelwood forests in the boreal forest region an energy plantation research and development project was initiated in Newfoundland in 1981. The project is funded by the ENFOR Program. The article reviews the progress and achievements from 1981 to 1988 including studies in biomass productivity, biometeorology and economic assessments.

Les politiques gouvernementales qui préconisent l'exploitation de la biomasse en tant que source d'énergie soulignent également la nécessité d'un programme soutenu de gestion du bois à brûler. Toutefois, des pénuries dans les réserves biomassiques, dues à des coupes trop importantes, particulièrement dans les régions sensibles au climat qui sont caractérisées par une croissance lente, et l'épuisement ultime des réserves de verdure, sont les principales contraintes liées au développement à long terme d'une industrie stable des combustibles biomassiques.

Pour résoudre ces problèmes et d'autres difficultés liées à la création et au maintien de forêts productives, destinées à la production de bois à brûler, dans la région de la forêt boréale, on a entrepris en 1981 à Terre-Neuve, un projet de recherche et de développement sur l'énergie fournie par les plantations. Ce projet est subventionné dans le cadre du programme ENFOR. Dans la présente communication, on décrit les progrès et les résultats obtenus entre 1981 et 1988, notamment ceux qui découlent d'études de productivité de la biomasse, de biométéorologie et d'évaluations économiques.

222. SACHS, D.; KIMMINS, J.P.; APPS, M.J. 1989. Using FORCYTE-11 to examine the potential effects of intensive management and increased utilization on the long-term productivity of Douglas-fir forests. Pages 187-190 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

As the demand for forest products escalates, forest managers are increasingly concerned about the possible detrimental effects of intensive management and increased biomass utilization on the long-term productivity of forest lands. The best estimate of the effects of current or planned management practices on future site productivity comes from multi-rotation long term experiments. However, forest planners require more immediate estimates for allowable cut determinations. In addition, increased public awareness of the planning process requires that forest managers address the problem now. Simulation modelling can provide a means to integrate and project forward the results of current studies. The FORCYTE-11 computer simulation model has been calibrated for Douglas-fir forests using literature and inventory data. It is being used to examine the consequences of shorter rotations, increased biomass utilization, and slash burning on the long-term productivity of good and poor quality Douglas-fir sites. Current plans are to use the model to rank the projected effects of different management scenarios on long term site productivity in preparing 10-year management plans for western Oregon.

Au fur et à mesure que la demande de produits forestiers monte en flèche, les gestionnaires forestiers sont de plus en plus préoccupés par les effets néfastes possibles de l'aménagement intensif et de l'utilisation accrue de la biomasse sur la productivité à long terme des forêts. La meilleure estimation des effets des pratiques de gestion actuelles ou prévues sur la productivité future des sites dont on dispose a été fournie par des expériences de multirotation à long terme. Toutefois, les planificateurs forestiers ont besoin d'évaluations plus immédiates pour déterminer quelles sont les coupes permises. En outre, une prise de conscience accrue du public en ce qui concerne le processus de planification exige que les gestionnaires forestiers résolvent ce problème dès maintenant. Les modèles de simulation par ordinateur peuvent constituer un outil d'intégration et d'extrapolation à partir des résultats des études courantes. Le modèle de simulation par ordinateur FORCYTE-11 a été étalonné pour être applicable aux forêts de pin Douglas grâce à des données recueillies dans la documentation et dans des inventaires. Il sert à étudier les conséquences de rotations plus courtes, de l'utilisation accrue de la biomasse, et du brûlage de résidus sur la productivité à long terme des forêts de pin Douglas de bonne et de mauvaise qualité. Actuellement, on cherche à utiliser le modèle pour classer les effets prévus de différents scénarios d'aménagement sur la productivité à long terme des sites, dans le cadre de la préparation de plans d'aménagement décennaux dans l'ouest de l'Orégon.

223. STRONG, W.E. 1988. Energy forests. Pages 93-95 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Research in energy crops in Newfoundland began about six years ago using willows (*Salix* spp.). A mean production level of 8 to 12 t (DM)/ha/yr is a practical objective. Emphasis is also being placed on biogeographical and biometeorological studies to ensure best clone/site matching. Willows could have a limited application in areas which have high-cost fossil fuel requirements.

L'étude des cultures énergétiques à Terre-Neuve a commencé il y a environ six ans à l'aide de saules (*Salix* spp.). Un niveau de production moyen de 8 à 12 t (ms)/ha/an constitue un objectif pratique, et on insiste aussi sur des recherches biogéographiques et biométéorologiques en vue d'une combinaison optimale de clones/terrains. Les saules pourraient trouver des applications limitées là où le coût des combustibles fossiles est élevé.

224. STRONG, W.(E).; ROBERTSON, A. 1984. Willow clonal trials in the Gander area: May-September 1983. Pages 100-101 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

The contract was to measure, weigh, prepare and plant cuttings of up to 140 *Salix* clones. The work concentrated on greenhouse propagation of the willows in an effort to produce planting stock for future energy plantations. Throughout the summer, measurements were taken of established and newly planted stock. These measurements will be analyzed. A landscape analysis was also done to identify potential plantations sites.

Le contrat consistait à mesurer, peser, préparer et planter des boutures de *Salix* clones dont le nombre pouvait atteindre 140. Les travaux ont été concentrés sur la multiplication en serre des saules afin d'obtenir un stock de plants en vue de la création ultérieure de plantations à des fins énergétiques. On a, tout au long de l'été, déterminé les dimensions des plants établis ou nouvellement plantés. Les résultats obtenus feront l'objet d'une analyse. Une étude de terrain a aussi été effectuée afin d'identifier les sites appropriés aux plantations.

225. VAN NOSTRAND, R.S. 1986. Energy forests. Pages 111-120 in Proc. Sem. on the Power of Alternatives - Wood and Peat, Gander, Newfoundland, 17-19 November 1986.

Growing short-rotation forest crops to maximize biomass on a large scale for energy is a relatively new concept which began in Scandinavia, Ireland and England about 15 years ago. Promising results from these European trials provided the initiative for research in energy crops in Newfoundland which began about six years ago using willows (*Salix* spp.). Yields of up to 20 t (DM)/ha/yr have been demonstrated, but a mean production level of 8 to 12 t (DM)/ha/yr is a practical objective. In addition to field trials, emphasis is also being placed on biogeographical and biometeorological studies to ensure best clone/site matching. Large scale establishment of energy plantations in Canada is unlikely in the medium term; however, they could have limited application in areas which have high-cost fossil fuel requirements, but have limited access to conventional forest crops which could be used as an alternative energy source.

La culture d'essences forestières à révolution courte afin de maximiser la production de la biomasse à une grande échelle pour répondre aux besoins énergétiques est une idée relativement nouvelle, qui a surgi en Scandinavie, en Irlande et en Angleterre il y a une quinzaine d'années. Les résultats prometteurs de ces essais européens ont suscité des travaux de recherche sur les cultures énergétiques à Terre-Neuve, qui ont été entrepris, il y a environ six ans, chez le saule (*Salix* spp.). On a prouvé que les rendements annuels pouvaient atteindre 20 t de matière sèche à l'hectare, mais qu'un objectif pratique était de 8 à 12 t. Outre les essais sur le terrain, on insiste également sur les études biogéographiques et biométéorologiques pour assurer le meilleur appariement possible entre le clone et la station. Toutefois, à moyen terme, l'établissement de vastes plantations énergétiques au Canada est peu probable. Ces plantations pourraient trouver des applications limitées dans les régions où les combustibles fossiles coûtent cher, mais où l'accès aux cultures forestières traditionnelles, utilisables comme sources nouvelles d'énergie, est limité.

- 226 WEST, A. 1985. A review of insects affecting production of willows. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-232. 82 p.

This annotated bibliography lists 66 references with abstracts to world literature dealing with insect pests that may attack

La présente bibliographie annotée comporte 66 références, avec résumés, tirées de la documentation internationale traitant des insectes susceptibles de

willows (*Salix* spp.). Author and species indexes are provided.

s'attaquer aux saules (*Salix* spp.). Cette liste est accompagnée de tables alphabétiques des auteurs et des espèces concernés.

227. WILTON, W.C. 1983. *Salix* for biomass fuel and energy conservation. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-172. 31 p.

A research program to evaluate the genus *Salix* for agroforestry and community shelter-belt purposes was initiated by the Newfoundland Forest Research Centre in 1980. The first stage of this program involved the testing of clones from selected North American and Eurasian species. During 1981, a total of 140 different clones was collected and established in stooling beds at Bowring Park, St. John's, in eastern Newfoundland and at Pasadena in western Newfoundland. The propagation and maintenance of these clones was undertaken in 1982. This report describes the work undertaken at the two locations. It also presents, in tabular form, the results of growth measurement taken throughout the season.

En 1980, le Centre de recherches forestières de Terre-Neuve a entrepris un programme de recherches pour évaluer le genre *Salix* dans un contexte agroforestier et pour la plantation de brise-vent communautaires. Dans un premier temps, on a éprouvé des clones d'espèces nord-américaines et eurasiennes choisies. En 1981, on a collecté 140 clones et on a établi des planches pour les souches mères à Bowring Park, à St. John's, dans l'est de Terre-Neuve et à Pasadena, dans l'ouest de la province. En 1982, on a entrepris la multiplication et l'entretien de ces clones. Le rapport décrit les travaux réalisés dans les deux localités. Il présente également, sous forme de tableaux, les résultats des mesures de l'accroissement prises tout au long de la saison.

3. Environmental effects and ecological aspects/ Effets sur l'environnement et aspects écologiques

228. APPS, M.J. 1987. A current view of FORCYTE and its use in CFS. Pages 43-55 in J. Richardson, ed., Proc. Second Modelling Workshop, Victoria, British Columbia, 25 September 1986. Can. For. Serv., Res. and Tech. Services. 128 p.

Although different from its predecessors, FORCYTE-11 shares both a common philosophy and modelling approach with them. It belongs to what has been referred to as the third phase of forest yield modelling in which the empirical, historical bioassay approach is complemented by process simulation. In this hybrid approach, only those processes which are directly affected by the proposed management options are explicitly simulated within the model.

It is perhaps puzzling that while the CFS has been the major sponsor for the development of the FORCYTE model, it has been much more readily accepted and applied outside the country than within Canada. Part of the reason for this has been the awareness by potential users within CFS that F-11 was 'just around the corner' and that it would be a far more appropriate model for aiding management decisions. This is not to imply that there has not been interest in the model and it would be appropriate to mention that some of the current projects within CFS relate to FORCYTE.

Même s'il diffère des modèles qui l'ont précédé, le modèle FORCYTE-11 partage avec ces derniers la même doctrine et il possède la même approche à la modélisation. Ce modèle du rendement forestier, dit de la troisième génération, complète la modélisation empirique, fondée sur les antécédents, par la simulation des processus. Ce modèle hybride ne simule de façon explicite que les processus qui sont directement modifiés par les projets d'aménagement.

On peut s'étonner que, même si le SCF a été le principal maître d'oeuvre de la mise au point du modèle, ce dernier a été accepté et appliqué à l'étranger plus facilement qu'au pays. Une explication parmi d'autres est que les utilisateurs potentiels au SCF étaient conscients que l'arrivée du F-11 était imminente et que ce modèle conviendrait beaucoup mieux à aider la prise de décisions. Cela ne veut pas dire que l'on n'était pas intéressé par le modèle, et il serait juste de mentionner que certains des travaux en cours au SCF se rapportent au FORCYTE.

229. APPS, M.J.; KURZ, W.A.; KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A. 1988. User-friendly applications of the FORCYTE ecosystem model on a microcomputer. Pages 263-269 in A.R. Ek, S.R. Shifley and T.E. Burk, eds. Proc. IUFRO Conf. on Forest Growth Modelling and Prediction, Vol. 1, Minneapolis, Minnesota, 23-27 August 1987. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-120. 579 p.

The ecosystem model FORCYTE-11 has been transferred successfully from a mainframe environment to microcomputers

Le modèle de l'écosystème FORCYTE-11 a été transplanté d'un gros ordinateur à des micro-ordinateurs dotés d'un module de coprocesseur à

equipped with a 32-bit coprocessor board. A user-friendly software package, PROBE, was developed to facilitate the preparation, execution and analysis of multiple runs of simulation models for applications such as sensitivity analysis and management gaming. PROBE was used to conduct preliminary sensitivity analysis of FORCYTE-11.

32 bits. Un progiciel d'utilisation facile, PROBE, a été mis au point pour faciliter la préparation, l'exécution et l'analyse des nombreux passages en machine des modèles de simulation pour des applications telles que l'analyse de la sensibilité et les jeux d'entreprises. Le PROBE a servi à l'analyse préliminaire de la sensibilité du modèle FORCYTE-11.

230. APPS, M.J.; MacISAAC, D.A. 1989. The role and use of models in decision support. Pages 95-108 in M.J. Ker, comp. Proc. 4th Modelling Workshop, Fredericton, New Brunswick, For. Can., Marit. Reg., 24-25 October 1989.

This paper addresses a discussion which was left unresolved at the first Forestry Canada Modelling Working Group Meeting (Ottawa, 1985): the use of basic research models in practical applications. In doing so, components of a larger question - the role of basic research in the decision making process - are touched upon. The focus of this paper is on temporal dynamics and does not deal explicitly with spatial variation.

La communication fait suite à une discussion laissée en suspens à la première réunion du groupe de travail de Forêts Canada sur la modélisation (Ottawa, 1985) : l'application, dans des situations concrètes, de modèles de recherche fondamentale. Ce faisant, on effleure les éléments d'une question plus large, le rôle de la recherche fondamentale dans la prise de décisions. On insiste sur la dynamique temporelle en laissant de côté les variations spatiales.

The approach begins with an examination of differences between research models which are used for understanding and forecasting models that are used in decision support roles. The role of forecasting models in decision support is briefly examined. An argument in favour of an ecosystem view for stand level predictions is then given and illustrated with FORCYTE-11. A set of software utilities (PROBE) which codify the main steps for using simulation models in decision support is described. Finally, an example FORCYTE-11 ecosystem simulation is presented, to illustrate the advantages of this approach.

On commence par examiner les différences entre les modèles de recherche explicatifs et les modèles de prédiction qui aident à la prise de décisions. Le rôle de ces derniers modèles est examiné rapidement. Un argument est donné en faveur de la prise en considération de l'écosystème dans les prédictions à l'échelon du peuplement et il est illustré par l'exemple du modèle FORCYTE-11. On décrit un ensemble de logiciels (progiciel PROBE) qui codifient les principales étapes de l'emploi des modèles de simulation dans la prise de décision. Enfin, on présente un exemple de simulation de l'écosystème par le modèle FORCYTE-11 pour montrer les avantages de cette voie d'approche.

231. BERNIER, B. 1984. Nutrient cycling in *Populus*: A literature review with implications in intensively managed plantations. Fac. For., Univ. Laval, IEA/ENFOR Rep. 46 p.

The increasing needs for forest tree biomass for pulp production or as a source of energy have raised much interest for dense plantations of poplars intensively

Les besoins accrus de biomasse forestière pour la production de pâte, ou d'énergie, ont soulevé un intérêt particulier pour les plantations denses de peuplier cultivé en taillis à courte révolution. Parce

cultured in short rotations. Because tree growth and nutrition are intimately linked, this review attempts to inventory and bring together published information on nutrient requirements by poplars and on nutrient cycling in natural stands and plantations of *Populus*. Available data on nutrient accumulation in tree biomass and in stems and branches are summarized, together with published information on nutrient translocation and uptake to meet nutrient requirements. Published data on nutrient return in litter-fall and throughfall and on nutrient release from the forest floor are presented. Based on literature data, simulated nutrient removals through harvest of stems and branches are presented for various rotation lengths and their potential consequences on maintaining site productivity are discussed in the light of nutrient budget considerations.

que la croissance des arbres est indissociable de leur nutrition, la présente revue tente d'inventorier et de rassembler les informations publiées sur les besoins en éléments nutritifs des peupliers et sur le cycle des éléments nutritifs dans les peuplements naturels et les plantations du genre *Populus*. Elle traite de l'accumulation des éléments dans la biomasse et, en particulier, dans les tiges et branches. Elle fait la synthèse des données acquises sur la translocation saisonnière et le prélèvement d'éléments pour satisfaire aux besoins des peupliers, de même que sur la restitution d'éléments par la chute de litière et le pluvio-lessivage, et sur la libération des éléments de la couverture morte. Au moyen de simulations basées sur les données publiées, l'auteur discute de l'importance des prélèvements d'éléments lors de l'exploitation de la matière ligneuse, en fonction de la longueur de révolution, et des conséquences possibles de ces prélèvements sur la productivité des stations.

232. BERRY, G.J. 1989. Surface-water quality of drained and undrained black spruce peatlands. Pages 168-174 in J.K. Jeglum and R.P. Overend, eds. Proc. Peat and Peatlands: Diversification and Innovation, Vol. I - Peatland Forestry, Quebec City, Quebec, 6-10 August 1989. Can. Soc. for Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia.

A project was initiated in 1984 to describe the environmental impact of forest drainage on black spruce swamp ecosystems and adjacent streams in northern Ontario. Surface-water quality was examined upstream and downstream of drainage areas. Chemical and physical parameters were measured and compared with those in Canadian water quality guidelines. Drainage caused a notable increase in pH, concentrations of ions and alkalinity. Concentrations of Al and Fe exceeded those in the guidelines because of high natural background levels of these elements. Concentrations of suspended solids exceeded those in the guidelines only during periods of high flow. Results indicate that drainage has not significantly degraded the quality of downstream water.

Un projet a été entrepris en 1984 afin de décrire les incidences environnementales du drainage forestier sur les écosystèmes des pessières noires du nord de l'Ontario et des cours d'eau voisins. La qualité de l'eau de surface a été analysée en amont et en aval des secteurs de drainage. Des paramètres chimiques et physiques ont été mesurés et comparés avec ceux figurants dans les directives sur la qualité de l'eau. L'aménagement de fossés a entraîné une augmentation notable du pH, des concentrations d'ions et de l'alcalinité. Les teneurs en Al et Fe dépassaient celles figurant dans les directives sur la qualité de l'eau en raison de taux naturels élevés de ces éléments. Les concentrations de matières solides en suspension dépassaient celles des directives uniquement en période de débit élevé. Les résultats indiquent que l'aménagement de fossés n'a pas dégradé de façon significative la qualité de l'eau en aval.

233. BERRY, G.J.; JEGLUM, J.K. 1988. Water table profiles of drained forested and clearcut peatlands in northern Ontario, Canada. Pages 72-79 in Proc. The Inter. Symp. on the

Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions, Joensuu, Finland, 6-8 June 1988. Vol. 2, Publ. Academy of Finland.

Water table profiles for the period 7 May to 21 October 1987 were examined in forested and clearcut peatlands subjected to various drainage ditch spacings. Four vegetation types (Operational Groups, OGs) were represented. Depth to water decreased between ditches as ditch spacing increased and as distance from ditch increased. Differences in depth to water between OGs were attributable to differences in ditch spacing, peat depth and depth of fibric layer. Frequency and duration of three depth-to-water classes that represented wet, moist and dry conditions were compared with rooting depth for black spruce. Optimum ditch spacing was regarded as that which provided the most frequent moist conditions, combined with short-duration wet/dry periods. Optimum ditch spacings ranged from less than 30m (OG14 Poor Treed Fen) to 60m (OG11). These spacings were considered to be specific to current site conditions, and may not be optimum for an entire rotation period.

On a examiné, dans des tourbières forestières et des tourbières de terrains coupés à blanc dans lesquelles on avait creusé des fossés de drainage à divers espacements, les profils de la nappe phréatique dans la période du 7 mai au 21 octobre 1987. Quatre types de végétation (groupes opérationnels ou GO) y étaient représentés. Entre les fossés, la profondeur de la surface de saturation a diminué avec l'augmentation de l'espacement entre les fossés et avec la distance du fossé. Les écarts entre la profondeur de la surface de saturation des GO étaient attribuables aux écarts entre l'espacement des fossés, la profondeur de la tourbe et la profondeur de la couche fibrique. La fréquence et la durée de trois classes de profondeur de la surface de saturation, représentatives de régimes très humide, humide et sec, ont été confrontées à la profondeur d'enracinement de l'épinette noire. L'espacement optimal entre les fossés a été considéré comme celui qui permettait à la fois la fréquence la plus grande des conditions d'humidité moyenne et la courte durée des périodes d'humidité excessive ou insuffisante. L'espacement optimal variait de moins de 30 m (tourbière basse peu arborée du GO 14) à 60 m (GO 11). Ces espacements ont été considérés comme spécifiques à la situation qui existe dans la station et ils peuvent ne pas être optimaux pour toute la durée de la révolution.

234. BIRD, G.A.; CHATARPAUL, L. 1986. Effect of whole-tree and conventional forest harvest on soil microarthropods. *Can. J. Zool.* 64:1986-1993.

The effect of whole-tree and conventional harvest on soil microarthropods, Collembola and Acari, was investigated in a mixed conifer-hardwood forest on the Canadian Shield. Harvesting had a major effect on their populations which declined to 56 and 68% of those on the uncut plot for the whole-tree and conventional harvest plots, respectively. Species composition was unaffected by harvesting although there were shifts in dominance. It was found that of the two forest harvesting methods, conventional harvest had a lesser impact on soil microarthropods. Because the forest soil fauna is intimately involved

L'effet de la récolte d'arbres entiers et de la récolte par la méthode classique sur la faune de microarthropodes du sol, Collembolés et Acariens, a fait l'objet d'une étude dans une forêt mixte de conifères et de bois durs du Bouclier canadien. La récolte a eu un effet important sur les populations qui ont diminué jusqu'à 56 % (terrain de récolte d'arbres entiers) et 68 % (terrain de récolte classique) du nombre présent dans le terrain témoin. La composition en espèces n'a pas été affectée par la récolte, bien qu'il y ait eu des changements de dominance. On a trouvé que, des deux méthodes de récolte, c'est la récolte classique qui a eu le moins d'impact sur les microarthropodes du sol. Comme la faune du sol des forêts est intimement liée à la

in decomposition, nutrient cycling and soil formation, our findings suggest that long-term site productivity will be greater following conventional harvest than whole-tree harvest.

décomposition, au cycle des éléments nutritifs et à la formation du sol, nos résultats permettent de croire que la productivité à long terme d'un site sera plus grande après une récolte classique qu'après une récolte d'arbres entiers.

- 235 BIRD, G.A.; CHATARPAUL, L. 1988. Effect of forest harvest on decomposition and colonization of maple leaf litter by soil microarthropods. *Can. J. Soil Sc.* 68:29-40.

The effect of whole-tree and conventional forest harvest on sugar maple leaf litter decomposition and the colonization of litter bags by soil microarthropods was investigated in a mixed conifer/hardwood forest on the Canadian Shield for 2 years, beginning 17 months after forest harvesting. The results indicate that soil microarthropods did not appear to be responsible for the faster decomposition on harvested plots compared to the uncut plot, nor were differences in soil temperatures or moisture content among plots responsible for the faster rates of decay. More rapid decay on harvested plots suggests that harvesting increases the availability of nutrients contained in the forest floor. This may result in a loss of both nutrients and long-term productivity, especially with whole-tree harvesting, unless mechanisms are in place to conserve nutrients.

Nous avons étudié les effets de l'exploitation par arbres entiers et de l'exploitation traditionnelle sur la décomposition de la litière de feuilles d'érable et la colonisation de sacs de litière par les microarthropodes du sol dans une forêt mixte de résineux et de feuillus du Bouclier canadien pendant deux ans, en commençant dix-sept mois après l'abattage des arbres. Les résultats indiquent que les microarthropodes n'ont pas été responsables de l'accélération de la décomposition dans les parcelles exploitées, comparativement aux parcelles intactes, et que les différences observées dans les températures et la teneur en humidité du sol entre les parcelles n'étaient pas à l'origine d'un taux de décomposition plus rapide. Cette décomposition plus rapide observée dans les parcelles exploitées donne à penser que la récolte des arbres a provoqué une hausse de la disponibilité des matières nutritives contenues dans le sol. Ceci pourrait avoir le double effet d'abaisser la teneur en matières nutritives et la productivité à long terme, en particulier lorsqu'on procède à l'exploitation par arbres entiers, à moins qu'il n'existe des mécanismes permettant la conservation des matières nutritives.

236. BIRD, G.A.; RACHAR, D.B.; CHATARPAUL, L. 1987. Increased skeletonization of leaf litter under snow following timber harvest. *Ecology* 68(1):221-223.

Decomposition of plant material is mediated by both biotic and abiotic factors, eg. microbial and soil faunal activity and the leaching of soluble compounds. During investigations into effects of whole-tree and conventional harvesting on site productivity, it appeared as if deciduous leaf litter was more decomposed (skeletonized) on harvested plots than on the uncut plot. Because the effect of harvesting on decomposition is poorly documented, and because the rate of decomposition may affect site productivity, we designed a study to determine if the

La décomposition de la matière végétale se fait par l'entremise de facteurs biotiques et abiotiques, p. ex. activité des microbes et faune du sol ainsi que lessivage des composés solubles. Durant l'étude des effets de la récolte traditionnelle et de la récolte des arbres entiers sur la productivité stationnelle, la litière de feuilles semblait plus décomposée dans les parcelles déboisées que dans la parcelle encore boisée. Comme on connaît peu l'effet de la récolte sur la décomposition et comme la vitesse de décomposition peut influencer sur la productivité de la station, nous avons planifié une étude pour déterminer si le degré de décomposition de la litière

degree of skeletonization of hardwood leaf litter is indeed affected by timber harvest.

des feuilles subit de fait l'influence de la récolte du bois.

237. BLOUIN, J.-L. 1980. Document stratégique sur la nature et le niveau des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu forestier. Pages 281-284 *in* Compte rendu du second séminaire de R&D en bioénergie, Ottawa (Ontario), 26-27 mars 1980.

L'objectif principal consiste à définir, selon une approche globale, la stratégie touchant les études à entreprendre pour rendre compte des impacts liés à la récolte de la biomasse forestière.

The major objective is to find, by means of a global approach, what strategy to adopt in carrying out studies to determine the effects of harvesting forest biomass.

Une revue sélective de la documentation permettra de dégager l'incidence des diverses activités sur les composantes du milieu, de pondérer leur importance et d'identifier les impacts probables les plus significatifs. Les études susceptibles de rendre compte des impacts les plus significatifs seront alors définies et une procédure d'évaluation d'impact applicable à des projets éventuels de récolte de biomasse forestière sera suggérée.

Through a selective review of the literature, the effects of various activities on the components of the environment will be determined, their significance assessed, and their most significant probable effects identified. The studies which reveal the most significant effects will then be identified, and a procedure by which to evaluate effects and which can be applied to future forest biomass harvesting projects will be suggested.

238. BLOUIN, J.-L. 1982. Monitoring des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu. Pages 355-358 *in* Compte rendu du quatrième séminaire de R&D en bioénergie, Winnipeg (Manitoba), 29-31 mars 1982.

Ce projet concerne la mise en place d'un réseau de monitoring qui permettra d'évaluer l'effet de l'extraction de la biomasse forestière sur les principales variables du milieu. Dans un cadre fixé par un inventaire biophysique, des parcelles permanentes sont établies avant coupe, sur un territoire d'environ 40 km² situé en Haute Mauricie (49°15'N, 74°30'N). Les variables inventoriées ont trait à la régénération (716 quadrats), à l'orignal et au lièvre (232 parcelles), aux petits mammifères (1840 pièges/nuit), aux oiseaux (11 stations) et au milieu aquatique (28 places-échantillons). Ces données constituent la base de référence du programme de monitoring qui prévoit un suivi de 2 années après coupe.

This project involved the setting up of a monitoring network that will make it possible to assess the effects of the extraction of forest biomass on the main variables in the environment. Within the framework determined by a biophysical inventory, permanent pre-cutting parcels are established in an area of about 40 km² in Haute Mauricie (49°15'N, 74°30'N). The variables inventoried involve regeneration (716 quadrats), moose and hare (232 parcels), small mammals (1840 traps/night), birds (11 stations) and the aquatic environment (28 sampling sites). These data constitute the reference basis of the monitoring program, which includes a two-year post-cut follow-up.

239. BURGESS, D.(M). 1984. The role of chemical fertilizers in intensive forestry. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., IEA/ENFOR Rep. 46 p. + app.

This paper is aimed at giving insight into the efficient use of chemical fertilizers in forestry. The approach followed involves maintaining a broad perspective while examining those factors which play a major role in determining how fertilizers are used. Such factors have been discussed elsewhere, but the information tends to be scattered or presented within a limited framework.

Forest management is becoming more intensive and this trend is expected to continue as the demand for wood for energy and more conventional wood products continues to increase. There is an urgent need to develop ways of increasing fiber yields without harming the productivity of forest soils. Information is presented here on the mineral requirements of higher plants. The influence of forestry on nutrient availability, fertilizer types and their application, and limitations on fertilizer use are also discussed.

La communication a pour objet d'informer sur le bon usage des fertilisants chimiques en foresterie. Tout en tenant compte d'une perspective générale, elle examine les principaux facteurs des modalités d'utilisation des fertilisants. Ces facteurs ont fait l'objet de discussions par ailleurs, mais l'information tend à être disséminée ou à être présentée dans un cadre limité.

L'aménagement forestier tend à s'intensifier et cette tendance devrait se maintenir à mesure que la demande de bois, pour en tirer de l'énergie et davantage de produits classiques, continue à augmenter. Il est urgent de trouver des moyens d'accroître le rendement en cellulose sans porter atteinte à la productivité des sols forestiers. L'information présentée porte sur les besoins minéraux des plantes supérieures. L'influence de la foresterie sur la disponibilité des éléments nutritifs, les types de fertilisants et leur utilisation ainsi que les limites de la fertilisation font aussi l'objet d'une discussion.

240. CARLETON, T.J. 1985. The calibration of the FORCYTE simulation model to black spruce in central Canada. For. Can., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-286. 109 p.

An attempt is made to calibrate the FORCYTE forest growth model, developed originally for forests of the Pacific Northwest, to black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) dominated stands in northeastern Ontario.

An inventory was based upon a survey of natural, postfire stands of black spruce in the Clay Belt region. The survey design incorporated 3 site types × 3 major age classes × 2 replicates for a total of 18 stand plots. Data were collected on biomass, turnover, litterfall, decomposition and nutrient content of black spruce ecosystem components in each stand plot. The data were summarized and manipulated into an appropriate form for model calibration. Calibration results are discussed in relation to the assumptions inherent in the FORCYTE model. The modelling framework is judged as

On a tenté d'étalonner le modèle FORCYTE d'accroissement forestier mis au point pour les forêts de la région du Pacifique et du Nord-Ouest, pour l'adapter aux peuplements du N.-E. de l'Ontario dominés par l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.).

On a dressé un inventaire fondé sur le relevé des peuplements naturels d'épinette noire de la zone argileuse de l'Ontario, ayant poussé après un incendie. Le plan des relevés comprenait trois types de station, trois grandes classes d'âge et deux répétitions pour un total de 18 parcelles. Des données ont été recueillies sur la biomasse, le renouvellement, l'accumulation de la litière, la décomposition et la teneur en éléments nutritifs de chaque partie de l'écosystème à épinette noire de chaque parcelle. Les données ont été résumées et traitées afin de réaliser l'étalonnage du modèle. Les résultats de l'étalonnage font l'objet d'une discussion se rapportant aux hypothèses inhérentes du modèle FORCYTE. Pour le moment, on estime

inappropriate for boreal evergreen mossy forests at this time because the mechanisms of nutrient uptake and transfer do not conform to model assumptions, nor are they well understood.

que la modélisation ne cadre pas avec les forêts hygrophiles boréales de résineux, parce que les mécanismes d'absorption et de transfert des éléments nutritifs dérogent aux hypothèses du modèle et qu'ils sont mal connus.

241. CHATARPAUL, L. 1988. Biological and nutritional implications of harvesting biomass: A central Ontario perspective. Pages 139-145 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

The effects of whole-tree biomass harvest on various soil fertility processes were studied in a central Ontario mixed wood forest. The biomass harvest yielded 43% more fibre than the conventional (stem only) harvest. However, the biomass harvest increased the export of N, P, K, Ca and Mg from the site by 147% (214 kg/ha), 117% (22 kg/ha), 111% (98 kg/ha), 98% (294 kg/ha) and 96% (36 kg/ha) respectively. Biomass harvest also had significant influence on other important processes including carbon and nitrogen cycling, soil microorganisms and invertebrates, nitrogen fixation, denitrification and nitrification. Patterns of regeneration were also affected.

Les effets de la récolte d'arbres entiers sur divers aspects de la fertilité des sols ont été étudiés dans une forêt mixte de Centre de l'Ontario. Cette récolte de la biomasse a produit 43 % plus de fibre qu'une récolte classique (troncs seulement). Toutefois, la récolte de la biomasse a augmenté la perte locale de N, P, K, Ca et Mg de 147 % (214 kg/ha), 117 % (22 kg/ha), 111 % (98 kg/ha), 98 % (294 kg/ha) et 96 % (36 kg/ha), respectivement. Cette récolte influence aussi significativement le cycle du carbone et de l'azote, les micro-organismes et invertébrés dans le sol, la fixation d'azote, la dénitrification et la nitrification, de même que la régénération.

242. COMMANDEUR, P.R.; WALMSLEY, M.E. 1989. The impact of biomass harvesting on soil disturbance and surface soil erosion. Pages 239-243 *in* E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

The objectives of the study are to determine the degree to which biomass harvesting would lead to a reduction in the ability of the soils to resist surface erosion, and the amount of surface soil erosion that can be attributed to such a reduction. The study area, located in the Interior Cedar Hemlock Biogeoclimatic Zone in the Central Interior of British Columbia, was conventionally harvested using rubber tired skidders during the fall/winter of 1987/1988. Three treatments were established and consisted of conventional, biomass and unharvested conditions. Three plots in each treatment were set up as 'mini-drainages', the boundaries of which represented, as much as possible, natural topographic breaks. A skidder was used to

Le but du travail est de déterminer jusqu'à quel point la récolte de biomasse entraîne une diminution de la résistance des sols à l'érosion en surface, ainsi que l'étendue de l'érosion causée par cette diminution. On a choisi un site dans la zone biogéoclimatique peuplée de cèdres rouges de l'Ouest et de pruches de l'Ouest située dans la région centrale intérieure de la Colombie-Britannique. On a procédé à la récolte de manière traditionnelle au cours de l'automne et l'hiver 1987-1988 à l'aide de débusqueuses munies de pneus en caoutchouc. Trois traitements ont été établis, soit des traitements correspondant à des conditions classiques, à la récolte de biomasse et à l'absence de récolte. Pour chaque traitement, trois parcelles ont été aménagées en zones de « mini-drainage » dont les limites correspondaient le plus possible à des discontinuités topographiques

remove an additional amount of woody material from the three biomass plots.

A postharvest soil disturbance survey revealed that, on average, the biomass harvest plots had 63% total soil disturbance as compared to 47% for the conventional plots. The biomass plots had 6% more deep (5 to 25 cm) and 10% more very deep (> 25 cm) gouges than the conventional plots. Sediment dams were erected along the contour at the base of each plot. Pins inserted in the ground in a grid pattern in front of the dams will be used to make sediment deposition measurements as a function of time. Three erosion bridges were installed at representative locations in each plot and will provide a measure of net erosion or deposition at these sites.

naturelles. Une débusqueuse a été utilisée pour enlever une quantité supplémentaire de matière ligneuse sur les trois parcelles destinées à la récolte de biomasse.

Après la récolte, on a examiné le sol pour déterminer dans quelle mesure il avait été perturbé. Les résultats indiquent que, en moyenne, les parcelles à biomasse étaient perturbées à 63 % par rapport à 47 % pour les parcelles classiques. Les parcelles à biomasse avaient 6 % de gouges profondes (de 5 à 25 cm) de plus et 10 % de gouges très profondes (> 25 cm) de plus à comparer aux parcelles classiques. Des barrages de sédiments ont été érigés le long de la limite à la base de chaque parcelle. Des tiges enfoncées dans le sol et disposées en réseau devant les barrages permettront de mesurer la quantité de sédiments déposée en fonction du temps. Trois ponts d'érosion aménagés à des endroits représentatifs dans chaque parcelle permettront de mesurer la quantité nette qui y sera éliminée par érosion ou déposée.

243. COULOMBE, R. 1981. Evaluation of potential interactions between forest biomass production and Canadian wildlife (rare, endangered, threatened and game species). Pages 83-85 *in* Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

From an environmental point of view, maximum forest biomass production might generate major impacts on biophysical components. The objectives of this project are to assess these implications related to vulnerable species (fauna and flora) across Canada. Results will enhance already known impacts and point out studies to be undertaken to expand our knowledge before new management practices are implemented on a larger scale.

Poussée au maximum, la production de biomasse forestière pourrait sensiblement affecter les composantes physiques et biologiques de l'environnement. Le présent projet vise à évaluer les conséquences qu'une telle situation aurait pour les espèces vulnérables (faune et flore) au Canada. Les résultats préciseront les effets déjà connus et permettront de déterminer les études nécessaires pour compléter nos connaissances du domaine avant que de nouvelles méthodes de gestion ne soient appliquées à grande échelle.

244. COULOMBE, R. 1982. Évaluation des interactions possibles entre la production de biomasse forestière et la faune canadienne. Pages 349-353 *in* Compte rendu du quatrième séminaire de R&D en bioénergie, Winnipeg (Manitoba), 29-31 mars 1982.

Les résultats préliminaires de notre étude indiquent que dans les régions forestières qui seront aménagés pour la production et la récolte de biomasse forestière, les interactions possibles se feront sentir différemment suivant les méthodes d'aménagement. Ainsi, la récolte des

The preliminary results of our study indicate that in the forest areas to be developed for the production and harvesting of forest biomass, the possible interactions will make themselves felt differently, according to the method of development employed. For example, the harvesting of residue in cutting areas would have the effect of considerably

résidus sur les parterres de coupe aurait notamment comme effet de réduire sensiblement l'habitat d'espèces d'oiseaux et de certains mammifères qui nichent dans le tronc des vieux arbres. Les grandes superficies de culture (approximativement 40 000 ha) de peupliers hybrides concentrées autour de centrales électriques et d'usines de méthanol ou d'éthanol réduiront régionalement la quantité d'habitats de certains ongulés. Par contre, d'autres espèces tel le lièvre d'Amérique pourraient être grandement favorisés au point d'être nuisible aux aménagements.

reducing the habitat of species of birds and of certain mammals that nest in the trunks of old trees. The large areas (approximately 40 000 ha) of hybrid poplars concentrated around biomass consuming plants (electric generating stations, methanol or ethanol plants) will reduce the quantity of habitats for certain ungulates. However, other species, such as the snowshoe hare, could be greatly benefited, to the point of becoming a nuisance in the areas under cultivation.

245. COULOMBE, R.; LEMAY, A.B. 1983. Évaluation des interactions possibles entre la production de biomasse forestière et la faune canadienne. Environ. Can., Serv. can. faune, ENFOR Rapp. P-170. 284 p. + ann.

Toutes les forêts fournissent abris et nourriture à la faune. Certaines espèces ont cependant un grand besoin des forêts matures pour assurer leur bien-être (caribou, lynx, martre, hibou, etc.). La coupe de ces forêts contribue généralement à réduire la quantité d'habitats disponibles, diminuant par le fait même leur population. L'aménagement des forêts de seconde venue devrait également prendre en considération cette faune des forêts matures en s'assurant qu'une partie des peuplements atteignent cet état de maturité. La suppression de chicots et de rondins dans le but d'augmenter la récolte contribuera à la réduction des habitats disponibles, pour les oiseaux nichant dans le tronc des arbres, par exemple. Ces répercussions sur les régions forestières canadiennes n'ont pas fait l'objet d'études poussées; il est donc difficile d'établir des

corrélations. Des études devraient être entreprises pour effectuer l'analyse globale du sujet afin de définir les mesures préventives à prendre pour atténuer les effets négatifs probables. Lors de l'aménagement des forêts, il faudra porter une attention particulière et prendre des précautions afin de protéger d'autres espèces (rares, menacées ou en voie d'extinction). Certaines sont sensibles au bruit et à la présence humaine (grue blanche d'Amérique, pélican blanc d'Amérique, faucon pèlerin). L'augmentation de la présence humaine conséquente à l'aménagement intensif des forêts nécessitera de plus grands efforts d'éducation pour prévenir des situations fâcheuses. On possède si peu d'information sur certaines espèces de reptiles, d'amphibiens et de poissons que seules des études fondamentales sur la biologie, l'écologie et la distribution de ces espèces permettront d'identifier et d'évaluer le rôle de ces nouveaux concepts en foresterie.

See 246 for English.

246. COULOMBE, R.; LEMAY, A.B. 1983. Evaluation of potential interactions between forest biomass production and Canadian wildlife. Environ. Can., Can. Wild. Serv., ENFOR Rep. P-170. 262 p. + app.

All forests are suitable habitats for wildlife. However, some species (woodland caribou, lynx, marten, owl, etc.) are

extremely dependent on mature forests. Logging these forests generally contributes to reducing habitats and thus populations. Management of

second-growth forests should take into consideration these species by extending rotations so part of the forests will serve these species. Removal of snags and downed logs to increase amount of raw material contributes to reducing habitats of, for instance, tree-nesting birds. As these aspects have not been studied intensively within the Canadian forest regions, interactions can hardly be specified. Studies are recommended to analyze the overall problems and define measures to prevent detrimental effects. Other species

(rare, threatened or endangered) will need specific attention and precaution on our part in managing forests. Some are highly sensitive to noise and human disturbance (whooping crane, white pelican, peregrine falcon, etc.), others are very sensitive to harassment. Increased human presence within managed forests will necessitate more educational programs to prevent detrimental effects. Some species of reptiles, amphibians and fish are so poorly documented that only basic studies of the biology, ecology and distribution will permit us to identify and evaluate interactions with these new forestry concepts.

Voir 245 pour le français.

247. D.A. WESTWORTH and ASSOCIATES LTD. 1981. A study of the impact on wildlife of short-rotation management of Boreal aspen stands. D.A. Westworth and Associates Ltd., Edmonton, Alberta, Unpubl. Contractor's Interim Rep. ENFOR P-164. 25 p.

Study plots were located in 12-, 30- and 60-year-old aspen dominated stands to determine their browse productivity, browse consumption and bird use. Early findings were that browse use by ungulates was highest in the 60-year-old plot, even though browse production was lowest in this stand. Snowshoe hare browse was heaviest in the 12-year-old stand where rose, a preferred food, was most abundant. Snags, particularly the older ones found in the 12-year-old fire-origin stand, may prove to be an important habitat element for certain birds.

Les parcelles étudiées étaient situées dans des peuplements de 12, de 30 et de 60 ans, dominés par le peuplier. Il s'agissait d'y déterminer la productivité et la consommation de brouet ainsi que l'utilisation des peuplements par les oiseaux. Les premières conclusions étaient que l'abrutissement par les ongulés était maximal dans la parcelle de 60 ans, même si la production de brouet y était la plus faible. L'abrutissement par le lièvre d'Amérique était maximal dans le peuplement de 12 ans, où le rosier, aliment préféré, était des plus abondants. Les chicots, particulièrement les vieux que l'on trouve dans le peuplement de 12 ans créé par l'incendie, peuvent se révéler un élément important de l'habitat de certains oiseaux.

248. D.A. WESTWORTH and ASSOCIATES LTD. 1984. Impact on wildlife of short-rotation management of aspen stands. Environ. Can., Can. Wild. Serv., West. and North. Reg., ENFOR Rep. P-203. 134 p. + app.

The study which was initiated in west-central Alberta in 1981 involved a comparative evaluation of habitat conditions and wildlife use of aspen stands of different ages, including 1- and 2-year-old clearcuts and 14-, 30-, 60-, and 80-year-old stands. Changes in habitat structure between different successional stages resulted in a successional replacement of bird species with stand age.

L'étude, entreprise dans le centre-ouest de l'Alberta en 1981, comportait une comparaison des conditions de l'habitat et de l'utilisation, par la faune, de peuplements de peupliers d'âges différents, y compris des terrains soumis à la coupe à blanc un et deux ans auparavant ainsi que des peuplements de 14, de 30, de 60 et de 80 ans. Les modifications de la structure de l'habitat entre différents stades de la succession se sont traduites par une succession d'espèces d'oiseaux, selon l'âge du peuplement. La

Overall densities of breeding birds would likely increase under short-rotation management, however approximately one-third of the species common to aspen forests would undergo a significant decrease in abundance. The absence of large-diameter snags in managed stands would result in a pronounced decrease in abundance of snag-dependent birds. Browse production was highest in the 14-year-old stands while maximum production of grasses and forbs occurred in the 14- and 30-year-old stands, respectively. As a result, short-rotation harvesting would be beneficial to ungulates as long as management programs include silvicultural options designed to meet the cover requirements of each species. Among the furbearing mammals, some species are expected to benefit while others are expected to be affected adversely. Snowshoe hares, beaver, lynx, coyotes and wolves would likely benefit while species such as marten, fisher and red squirrel would be affected adversely by a reduction in the amount of aspen succeeding to mixedwood or coniferous forest under short rotation management.

densité globale des oiseaux nicheurs serait susceptible d'augmenter en révolution courte; toutefois l'abondance du tiers des espèces communes aux forêts de peupliers subirait un gros recul. À cause de l'absence de gros chicots dans les peuplements aménagés, les oiseaux qui en dépendent se raréfieraient. La production de brouet a culminé dans les peuplements de 14 ans, celle de graminées et d'herbes à feuilles larges dans les peuplements de 14 et de 30 ans, respectivement. Une révolution courte profiterait donc aux ongulés tant que les programmes d'aménagement comprendront des options sylvicoles visant à fournir à chaque espèce l'abri dont elle a besoin. Certains mammifères à fourrure devraient profiter de la situation; d'autres, en souffrir beaucoup. Ainsi, le lièvre d'Amérique, le castor, le lynx, le coyote et le loup bénéficieraient vraisemblablement de la réduction du peuplier qui succède à un peuplement mélangé ou à une forêt coniférienne à courte révolution, tandis que la martre, le pékan et l'écureuil roux en souffriraient.

249. DUPONT CANADA INC. 1988. Lysimeter study on the use of biological sludge as a fertilizer. DuPont Canada Inc., Maitland Site. Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-248. 29 p. + app.

Results from this study would seem to indicate that the sludge used as a fertilizer produces growth at least equal to, if not better than, the commercial fertilizer used as a control in the study. However, the results also indicate there may be some problems with the heavy metals present in the sludge, especially sodium, which is present in significant levels. There are signs that the sludge produces higher levels of sodium in the groundwater and the soil, and also in the chemistry of the plants themselves. It is felt that for more detailed and accurate conclusions, before any final decisions about the use of the biological sludge is made, further study is required of a more extensive and controlled nature.

Selon l'étude, l'accroissement consécutif à l'emploi de la boue comme engrais serait égal, sinon supérieur, à l'accroissement que procure l'engrais industriel utilisé comme témoin. Toutefois, on observe également certains problèmes, imputables à la présence de métaux lourds dans les boues, notamment du sodium, dont les concentrations sont élevées. Ainsi, les concentrations de cet élément s'élèveraient dans les eaux souterraines et le sol ainsi que dans les végétaux eux-mêmes. On estime que, dans le souci d'en arriver à des conclusions plus détaillées et plus précises, avant la prise d'une décision finale sur l'emploi des boues biologiques, d'autres études, plus étendues et mieux contrôlées, sont exigées.

250. ERICSSON, T. 1984. Nutrient cycling in willow. Swedish Univ. Agric. Sci., IEA/ENFOR Rep. 32 p.

The objectives of this paper are to summarize the present state of knowledge regarding nutrient cycling in willow (*Salix*) plantations managed for energy purposes, identify the major gaps and recommend further research.

Nutrient requirements of intensively managed willow plantations are high since production may range from 10 to 30 tonnes of stem biomass/ha/yr on fertile soils. The associated nitrogen required by plants to sustain such yields amounts to 200 to 600 kg/ha when plantations are managed on one-year rotations. The production of stem biomass per unit of nitrogen taken up can be almost doubled by extending rotations longer than two years. Fertilizer requirements are highly dependent on the nutrient status of the soil and the microorganism activity. The need for fertilizers is also influenced by the choice of species, method of culture, frequency of harvest and degree of plant utilization. The removal of nitrogen in the harvested stem biomass is from 3 to 8 kg/tonne; the lower value corresponds to harvest cycles longer than two years. Nutrient losses due to leaching will probably be small because of the perennial root system, provided that fertilizer is not applied in large doses.

La communication a pour objet de faire le point sur l'état actuel des connaissances sur le cycle des éléments nutritifs dans les plantations de saules (*Salix*) aménagées pour la production d'énergie, d'en déterminer les lacunes et de recommander des recherches pour l'avenir.

Les besoins nutritifs des saulaies aménagées de façon intensive sont élevés car la biomasse produite des tiges peut y atteindre de 10 à 30 t à l'hectare et par année sur sol fertile. La quantité d'azote nécessaire à une telle production se situe entre 200 et 600 kg/ha, en révolutions d'une année. La production de biomasse par unité d'azote assimilée peut presque être doublée par prolongation de la révolution à plus de deux ans. Les besoins en fertilisants dépendent fortement de l'équilibre nutritif du sol, de l'activité des micro-organismes ainsi que de l'essence, de la méthode de culture, de la fréquence de la récolte et du degré d'utilisation de la plante. Les prélèvements d'azote dans les tiges récoltées sont de 3 à 8 kg/t; le minimum correspond à des périodes de révolution supérieures à deux ans. Les pertes d'éléments nutritifs dues au lessivage des sols seront probablement modestes à cause du système racinaire vivace, pourvu que la fertilisation ne se fasse pas à des doses élevées.

251. FELLER, M.C.; KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A. 1983. FORCYTE-10: Calibration data and simulation of potential long-term effects of intensive forest management on site productivity, economic performance and energy benefit/cost ratio. Pages 179-200 in R. Ballard and S.P. Gessel, tech. eds., IUFRO Symp. on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, 22-28 August 1982. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-163.

FORCYTE is a computer simulation model of forest plant biomass production, litterfall and decomposition, complete with nutrient cycling, nutrient limitation on growth and a variety of management interventions. The model is a computerized approach to the estimation of the effects of varying

Le modèle FORCYTE permet de simuler la production de biomasse végétale dans une forêt, l'accumulation de la litière et la décomposition, à quoi s'ajoutent le cycle des éléments nutritifs, l'effet limitant de ces derniers sur l'accroissement et diverses interventions des aménagistes. Le modèle est un moyen informatisé qui permet d'estimer

thinning and fertilizer regimes, utilization level and rotation length on site nutrient budgets, stand productivity and the economic performance and energy efficiency of management. The model has evolved over 5 years to its present version, FORCYTE-10, which is briefly described.

Accompanying the development of FORCYTE, there has been a series of field research projects. Detailed biomass and biogeochemical descriptions of age sequences of Douglas-fir stands on both good and poor sites have been prepared for purposes of model calibration and testing. The present report summarizes some of the results of the FORCYTE-10 field studies on Vancouver Island, British Columbia, and presents some examples of the use of the model when calibrated with these data.

divers régimes de coupe d'éclaircie et de fertilisation, le degré d'exploitation et la longueur de la révolution sur le bilan des éléments nutritifs des stations, sur la productivité des peuplements et sur la performance économique et l'efficacité énergétique de l'aménagement. Sa version actuelle, le FORCYTE-10, aboutissement d'une évolution de plus de cinq ans, est brièvement décrite.

Durant cette période d'évolution, une série de travaux de recherche a été réalisée sur le terrain. On a préparé des descriptions détaillées de la biomasse et des caractéristiques biogéochimiques des douglasières d'âges différents, dans des stations tant favorables que pauvres, dans le dessein d'étalonner et d'éprouver le modèle. Le rapport résume certains résultats obtenus dans l'île Vancouver et il présente des exemples de l'emploi du modèle lorsque celui-ci est étalonné à l'aide de ces données.

252. FORTIN, J.A. 1980. Root symbiosis and biomass production in mini-rotation. Pages 127-130 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Assuming that production of biomass and wood fibre in short rotation plantations is becoming necessary and knowing also that fertilizer application represents a major component of the total cost of plantations, the objective of the Research Laboratory on Tree Biology at Laval University is to find ways of maximizing biomass production without using fertilizers.

Laboratory and field research is conducted on *ectomycorrhizae*, vesicular arbuscular *endomycorrhizae* and *actinorrhizae* to obtain trees that would be self-sufficient at least for nitrogen and phosphorus. Selection, cultivation and multiplication of highly efficient strains of *Frankia* spp. (*actinorrhizae*), basidiomycetes (*ectomycorrhizae*) and *Endogonaceae* (vesicular arbuscular *endomycorrhizae*) are part of the research program. The hypothesis of nitrogen translocation from an actinorrhizal nitrogen-fixing plant to an associated tree through a common ectomycorrhizal fungus is thoroughly examined.

Si la production de biomasse et des fibres de bois en cultures à rotation rapide devient nécessaire et que l'application d'engrais représente une composante importante du coût total des cultures, le laboratoire de recherche sur la biologie forestière de l'université Laval doit se donner comme objectif de trouver des moyens de maximiser la production de biomasse sans utiliser des engrais.

Des recherches en laboratoire et sur le terrain sur des ectomycorhizes, des endomycorhizes vésiculaires à arbuscules et des actinorhizes sont effectuées en vue d'obtenir des arbres autosuffisants, du moins en azote et en phosphore. Le programme de recherche comprend la sélection, la culture et la multiplication de souches très efficaces *Frankia* spp. (actinorhize), de basidiomycètes (ectomycorhizes) et d'*Endogonaceae* (endomycorhizes vésiculaires à arbuscules). On examine sérieusement l'hypothèse du transport de l'azote entre une plante à actinorhizes qui fixe l'azote et un arbre avoisinant par un ectomycorhize commun.

253. FORTIN, J.A. 1981. Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-78. 25 p. + app.

This project (P-78), together with its successor (P-198), is a comprehensive program of research extending over a 4-year period ending in 1983. The progress report currently available details the experimental methods, and developments over the first 2 years of the program.

The overall study objective is to find means of increasing biomass production and maintaining soil fertility in energy plantations by incorporating alders and other species capable of forming nitrogen-fixing and mycorrhizal symbioses. The general approach is to raise seedlings and cuttings of alders, poplar, jack pine and other species, and establish these in replicated plots in pure stands and mixtures. The effects of alders on biomass yield and soil fertility will be assessed. Superior genotypes of nitrogen-fixing microorganisms and mycorrhizal symbionts will be selected, cultured and tested. Fixed-nitrogen pathways and several other related phenomena are being investigated. The progress report provides information on: (1) the production and establishment of seedlings and cuttings; (2) experimental design and plot layout; (3) soil sampling and analysis; (4) selection of symbionts; and (5) pathways of nitrogen from alders to companion plants.

Ce travail (P-78), ainsi que celui qui lui fait suite (P-198), est un programme complet de recherche étalé sur quatre ans, qui se termine en 1983. Le dernier rapport d'étape précise dans le détail les méthodes expérimentales et les réalisations des deux premières années.

L'objectif global est de trouver des moyens d'accroître la production de la biomasse et de conserver la fertilité du sol dans les plantations énergétiques par l'emploi de l'aulne et d'autres essences capables de former des mycorhizes ainsi que d'autres symbioses qui permettent la fixation de l'azote. La méthode générale est de cultiver des semis et des boutures d'aulnes, de peupliers, de pins gris et d'autres essences, puis de les établir dans des parcelles répétées, en peuplements purs et en mélanges. On évaluera les effets de l'aulne sur le rendement de la biomasse et la fertilité du sol. On sélectionnera, on cultivera et on éprouvera des génotypes supérieurs de micro-organismes et de symbiotes mycorrhiziens fixateurs d'azote. On examine le cheminement de l'azote fixé et plusieurs autres phénomènes connexes. Le rapport d'étape renseigne sur : (1) la production et l'établissement des semis ainsi que des boutures; (2) le plan d'expérience et la disposition des parcelles; (3) l'échantillonnage et l'analyse du sol; (4) la sélection des symbiotes; (5) le cheminement de l'azote, de l'aulne jusqu'aux plantes compagnes.

254. FORTIN, J.A. 1982. Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-198. 90 p.

One of the main objectives of the program is to select efficient nitrogen-fixing and mycorrhizal symbionts on alders and poplars.

Using the Osmium tetroxide (OsO_4) isolation method of Lalonde more than 200 *Frankia* strains were obtained from 27 provenances of the two alder species,

L'un des principaux objectifs du programme est de sélectionner des symbiotes mycorrhiziens et fixateurs d'azote qui sont efficaces sur l'aulne et les peupliers.

Au moyen de la méthode de Lalonde au tétr oxyde d'osmium (OsO_4), on a isolé plus de 200 souches de *Frankia* de 27 origines de deux aulnes, *Alnus crispa* et *Alnus rugosa*. Les critères d'évaluation des

Alnus crispa and *Alnus rugosa*. The *Frankia* isolates were evaluated for morphological characteristics, infectivity and effectivity. Variations in the factors were noted between isolates of single provenance. On the other hand, more than 67 species of potential ectomycorrhizal fungi on *A. crispa* were isolated from carpophores. At least 15 of them did form ectomycorrhizae with *Populus tremuloides* seedlings but only a few were able to associate with *A. crispa*. Thus the alders appear to be much more selective in the choice of their ectomycorrhizal symbionts. The report also describes progress of work on growth and survival of *Alnus*, cycling of nitrogen, survival of *Frankia* in the field, and allelopathic interactions between alder, poplar and *Frankia*.

isolats étaient les caractéristiques morphologiques, l'infectivité et l'efficacité de ces derniers. On a observé des variations des facteurs entre les isolats de la même provenance. D'autre part, on a isolé de carpophores plus de 167 espèces de champignons ectomycorhiziens potentiels chez *A. crispa*. Au moins 15 % d'entre eux ont formé des ectomycorhizes avec les semis de *Populus tremuloides*, mais quelques-uns seulement ont pu s'associer avec *A. crispa*. Ainsi, les aulnes semblent beaucoup plus sélectifs à l'égard de leurs symbiotes ectomycorhiziens. Le rapport décrit également les travaux effectués sur l'accroissement et la survie d'*Alnus*, le cycle de l'azote, la survie de *Frankia* sur le terrain ainsi que les interactions allélopathiques entre l'aulne, le peuplier et *Frankia*.

255. FORTIN, J.A.; CARLISLE, A. 1984. The use of root symbioses in intensive forestry. Dept. For. Sci., Univ. Laval, IEA/ENFOR Rep. 79 p. + app.

This report describes the biology of nitrogen-fixing and mycorrhizal symbioses, their occurrence on trees and shrubs of potential value in intensive forestry, ways of handling the microbial symbionts, their effect on tree growth and survival, and their interaction with other forest soil organisms. Both nitrogen-fixing and mycorrhizal symbioses, which interact with each other, have considerable potential in intensive forestry and could increase fibre yield and crop security, as well as help to maintain soil fertility. There are still considerable gaps in our knowledge of both symbioses. However, even where techniques are available, many foresters are not sufficiently informed about soil biology to take advantage of the use of symbioses as management tools: this indicates a shortcoming in soil science education at forestry schools. Recommendations are made to test the techniques under forest conditions, investigate the biology of the symbioses and increase the soil biology content of forestry curricula.

Les auteurs décrivent la biologie des symbioses aboutissant à la fixation de l'azote et à la mycorrhization, leur fréquence chez les arbres et les arbustes prometteurs pour la foresterie intensive, les moyens de maîtriser les symbiotes microbiens, leur effet sur la croissance et la survie des arbres et leur interaction avec les autres organismes des sols forestiers. Les deux types de symbioses, qui interagissent l'une avec l'autre, recèlent des possibilités considérables en foresterie intensive et pourraient accroître la production de cellulose et la survie des peuplements tout en aidant à maintenir la fertilité du sol. Nos connaissances des deux symbioses en sont encore à leur début. Toutefois, malgré les techniques voulues, beaucoup de forestiers sont insuffisamment informés de la biologie des sols pour se servir des symbioses en aménagement, ce qui trahit une carence de la formation en science des sols dans les écoles de foresterie. Des recommandations sont faites pour éprouver les techniques en conditions réelles, étudier la biologie des symbioses et accroître le nombre de cours en biologie des sols dans les études de foresterie.

256. FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L.; CARLISLE, A. 1983. The role of nitrogen fixation in intensive forestry in Canada. Part II: Research carried out at Laval University, Quebec, on nitrogen-fixing actinorhizal trees and shrubs. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-29. 49 p. + app.

Field experiments consisting of *Alnus* and other tree species on a variety of sites and at different spacings were established for future use. Preliminary results indicated that alders greatly increased the yield of hybrid poplar. Alder also contributed about 40 kg/ha/year of litter to the soil and improved the leaf size nitrogen status of associated *Abies balsamea*. Nitrification occurred in the acid alder humus (pH 3.9).

Methods were developed to isolate and culture *Frankia* symbionts, test their effectiveness, store the symbionts in a gene bank, and inoculate them on a large operational scale (one million alders). The

operational method is ready to use. Sporulating and non-sporulating strains of *Frankia* were differentiated and the ability to sporulate, as well as the spectrum of sugars, has been suggested as a basis for *Frankia* taxonomy. Operational use of inoculated alders indicates that a good supply of phosphorous is vital to the success of the alder. *Populus balsamifera* leaf and bud leachates were found to contain phenolic acids of the cinnamic and benzoic series and had allelopathic effects on alder by inhibiting growth and nodulation, reducing seed germination, and deforming root hairs. Contrary to the belief that alder is highly specific concerning its ectomycorrhizal symbionts, it was found that both *Alnus crispa* and *Alnus rugosa* formed partners.

Voir 257 pour le français.

257. FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L.; CARLISLE, A. 1984. Le rôle de la fixation d'azote en foresterie intensive au Canada. Partie II : Recherche effectuée à l'Université Laval, Québec, sur les arbres et arbrisseaux actinorhizes fixateurs d'azote. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. nat. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-29F. 56 p. + ann.

Des expériences sur le terrain, à l'aide d'*Alnus* et d'autres essences, à divers endroits et selon différents espacements, furent entreprises en vue d'études à long terme. Les premiers résultats obtenus ont montré que la présence d'aulnes augmentait considérablement le rendement chez le peuplier hybride. En outre, l'aulne fournissait environ 40 kg/ha/an de litière au sol, et améliorait la taille des feuilles ainsi que les conditions de fixation d'azote de l'espèce associée *Abies balsamea*. Il y avait nitrification dans l'humus acide d'aulne (pH 3,9).

Des méthodes furent mises au point pour isoler et cultiver les symbiotes *Frankia*; éprouver leur efficacité; conserver les symbiotes dans une banque de gènes, et les inoculer à grande échelle (un million d'aulnes). Tout est prêt pour la mise en

pratique de cette technologie. Les souches de *Frankia* sporulantes et non sporulantes furent différenciées; enfin, la capacité de sporulation et la série de sucres ont été proposées comme données de base pour déterminer la taxonomie de *Frankia*. L'exploitation d'aulnes inoculés montre qu'un approvisionnement suffisant en phosphore est vital pour le développement de cette espèce. Les produits de lessivage de feuilles et de bourgeons de *Populus balsamifera* renfermaient des acides phénoliques des séries cinnamique et benzoïque, et ils exerçaient des effets allélopathiques sur les aulnes par inhibition de la croissance et de la nodulation, avec comme résultat une germination moindre et la déformation des radicelles. Contrairement à la croyance voulant que l'aulne soit très spécifique en ce qui concerne ses ectomycorhizes symbiotiques, il se révéla qu'*Alnus crispa* et *Alnus rugosa* formaient des ectomycorhizes avec plusieurs partenaires fongiques.

See 256 for English.

258. FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L.; CARLISLE, A. 1984. The role of nitrogen fixation in intensive forestry in Canada. Part I: Principles, practice and potential. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-28. 91 p.

There are numerous examples of nitrogen-fixing symbioses improving tree growth and forest soil fertility, and there is evidence in the literature that the use of these symbioses can be economical. This report discusses the ecology of the nitrogen-fixing organisms in relation to other soil organisms, opportunities for genetic selection, alternative silvicultural techniques, the effects of toxic chemicals and the taxonomy, improvement, propagation, pathology and utilization of alders which produce commercial fiber.

It is concluded that there are opportunities to use nitrogen fixation in forestry in Canada, but there are wide gaps in our knowledge about ecology and silviculture of plants forming symbioses with *Frankia*. There is a need to establish well designed field experiments to examine the interaction of actinorhizal symbioses with the soil and main tree crops, as well as to examine their role as fiber producers.

Voir 259 pour le français.

259. FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L.; CARLISLE, A. 1985. Le rôle de la fixation d'azote en foresterie intensive au Canada. Partie I : Principes, pratique et potentiel. Environ. Can., Serv. can. for., Inst. for. nat. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-28F. 87 p.

Les exemples de symbioses fixatrices d'azote améliorant la croissance des arbres et la fertilité des sols sont nombreux, et il existe des preuves dans la documentation que l'utilisation de ces symbioses peut être économique. Les auteurs du présent rapport étudient l'écologie des organismes fixateurs d'azote par rapport aux autres organismes du sol, les perspectives de la sélection génétique, différentes méthodes de silviculture, les effets des produits chimiques toxiques et la taxonomie, l'amélioration, la reproduction, la

pathologie et l'utilisation des aulnes producteurs de fibre commerciale.

En conclusion, les auteurs indiquent que la fixation de l'azote peut être utilisée en foresterie au Canada, mais il faut d'abord combler les lacunes dans l'écologie et la silviculture des plantes en association symbiotique avec *Frankia*. Des expériences sur le terrain bien conçues devraient être menées pour examiner les interactions entre les symbioses actinorhiziennes fixatrices d'azote, le sol et les principaux peuplements forestiers, et pour déterminer le rôle qu'elles jouent dans la production de fibre.

See 258 for English.

260. FORTIN, J.A.; GODBOUT, C.; NORMAND, P.; LALONDE, M. 1982. Maintaining fertility through nitrogen-fixing and mycorrhizal symbioses. Pages 13-16 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

One of the main objectives of the program is to select efficient nitrogen-fixing and

L'un des objectifs principaux du programme consiste à choisir des symbiotes mycorrhiziens et

mycorrhizal symbionts on alders and poplars.

Using the OsO₄ isolation method of Lalonde *et al.* (1981) more than 200 *Frankia* strains were obtained from 27 provenances of the two alder species, *Alnus crispa* and *Alnus rugosa*. The *Frankia* isolates were evaluated for morphological characteristics, infectivity and effectivity. Variations in the factors were noted between isolates of single provenance. On the other hand, more than 67 species of potential ectomycorrhizal fungi on *A. crispa* were isolated from carpophores. At least 15 of them did form ectomycorrhizae with *Populus tremuloides* seedlings but only a few were able to associate with *A. crispa*. Thus the alders appear to be much more selective in the choice of their ectomycorrhizal symbionts.

actinorhiziens, ces derniers fixant efficacement l'azote sur les aulnes et les peupliers.

Utilisant la méthode d'isolation au OsO₄ de Lalonde *et al.* (1981), plus de 200 souches de *Frankia* ont été obtenues de 27 origines de deux espèces d'aulnes, l'*Alnus crispa* et l'*Alnus rugosa*. Les souches de *Frankia* ont été évaluées au point de vue morphologique, d'infectivité et d'efficacité. On a noté des variations dans ces facteurs chez des souches provenant de la même source. D'autre part, plus de 67 espèces potentielles de champignons ectomycorhiziens sur *A. crispa* ont été isolées de carpophores. Au moins quinze d'entre elles ont formé des ectomycorhizes avec de jeunes plants de *Populus tremuloides*, mais quelques-unes seulement ont pu s'associer avec *A. crispa*. Par conséquent, les aulnes semblent être beaucoup plus sélectifs dans le choix de leurs symbiotes ectomycorhiziens.

- 261 FORTIN, J.A.; LALONDE, M.; PERINET, P. 1981. Inoculation of alder with an *in vitro* cultivated and efficient nitrogen-fixing microorganism at the industrial scale. Pages 43-46 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

This study is concerned with the use of nitrogen-fixing actinorhizal plants for maximum woody biomass production using limited amounts of fertilizers. A part of this study involves the isolation, the *in vitro* cultivation and the industrial scale inoculation of genetically selected microorganisms (*Frankia*) capable of symbiotic nitrogen fixation. The feasibility of successful inoculation was demonstrated on one million seedlings of *Alnus crispa* produced by the Société d'Énergie de la Baie James for land reclamation in northern Quebec. Thus the inoculation of actinorhizal plants with selected *Frankia* has become one of the most useful tools for woody biomass production under intensive cultivation.

Cette étude porte sur l'utilisation de plantes actinorhizées fixatrices d'azote; ces dernières permettent d'obtenir une productivité maximale de biomasse ligneuse en employant des quantités réduites d'engrais. Une partie de cette étude comporte l'isolation, la culture *in vitro* et l'inoculation à l'échelle industrielle de micro-organismes (*Frankia*) sélectionnés génétiquement et capables de fixer symbiotiquement l'azote. Cette inoculation a été expérimentée avec succès sur un million de plants d'*Alnus crispa* produits par la Société d'Énergie de la Baie James, en vue de restaurer des terres dans le nord du Québec. Ainsi, l'inoculation de plantes actinorhizées avec des micro-organismes *Frankia* sélectionnés est devenue l'une des méthodes les plus efficaces pour augmenter la production de biomasse forestière en cultures intensives.

262. FORTIN, J.A.; LAVALLEE, R.; PICHE, Y. 1979. Forest utilization for energy and the role of nitrogen fixation: A literature review. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-9. 166 p.

This report summarizes the available information on the potential of using forests for energy, the intensive forestry techniques required to meet increasing demands for fiber, the effects of these on soil fertility and the possibility of using nitrogen-fixing organisms to maintain fertility with minimal use of fertilizers. The basic mechanisms of nitrogen fixation are outlined, and a research strategy is presented. The report is essentially an information base for research and development planning.

The review of literature was carried out with the objective of bringing together two facets of the same problem which are usually treated separately. On one side, microbiological biochemists, and biologists, have dealt with nitrogen fixation outside of the realm of forest utilization; on the other side, foresters have often prescribed cultural treatments with scant regard for the microbiological processes taking place in the forest. This exclusive dualism is reflected in the review.

Le rapport résume les renseignements que l'on possède sur la possibilité d'utiliser les forêts pour la production d'énergie, les techniques forestières intensives nécessaires pour satisfaire à la demande croissante de fibre (cellulose), les effets de ces techniques sur la fertilité du sol et la possibilité d'utiliser des organismes fixateurs d'azote pour maintenir la fertilité tout en utilisant un minimum d'engrais. Les mécanismes fondamentaux de la fixation de l'azote sont décrits et on présente une stratégie de recherche. Le rapport est essentiellement un corpus d'information pour la planification de la recherche et du développement.

Une étude bibliographique visait à rapprocher deux facettes du même problème, habituellement dissociées. D'une part, les biochimistes spécialistes de la microbiologie et les biologistes ont traité de la fixation de l'azote en faisant abstraction du contexte forestier; de l'autre, les ingénieurs forestiers ont souvent prescrit des traitements culturaux, en tenant à peine compte des processus microbiologiques de la forêt. Cette dichotomie est continuellement présente dans le survol bibliographique.

263. FORTIN, J.A.; LAVALLEE, R.; PICHE, Y. 1979. Survey and synthesis of information relating to the use of biological nitrogen fixation in forest management. Pages 75-77 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

A review of biological nitrogen fixation technology as it relates to intensive forest management has been completed. This includes a literature review of the basic knowledge of nitrogen fixation with recommendations for the planning of future research. It is essential that all such future research be carried out in relationship to other crucial factors, such as land use, fuel conversion technology, animal nutrition and harvesting techniques.

Une revue de la technologie de fixation de l'azote biologique, par rapport à la gestion intense des forêts, a été achevée. Ces travaux comprennent une revue de la documentation sur les connaissances fondamentales de la fixation de l'azote, et des recommandations pour la planification de la recherche future. Il est indispensable que cette recherche future soit conduite en tenant compte des rapports avec d'autres facteurs d'importance primordiale comme l'utilisation du terrain, la technologie de la conversion des carburants, la nutrition animale et les techniques applicables aux récoltes.

264. FORTIN, J.A.; PERINET, P. 1981. Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-78. 63 p.

This is a progress report. It refers to work performed between July 1980 and March 1981 and provides information on: (1) the production and establishment of seedlings and cuttings; (2) experimental design and plot layout; (3) soil sampling and analysis; (4) selection of symbionts; and (5) pathways of nitrogen from alders to companion plants. Since the program was planned to last three more years, no final synthesis of the study has been attempted.

Dans ce rapport d'étape, il est fait mention de travaux effectués entre juillet 1980 et mars 1981, et des renseignements sont fournis sur : (1) la production et l'établissement de semis et de boutures; (2) le plan d'expérience et la disposition des parcelles; (3) l'échantillonnage et l'analyse des sols; (4) la sélection des symbiotes; (5) le cheminement de l'azote, des aulnes jusqu'aux plantes compagnes. Comme le programme devait durer trois années de plus, on n'a pas tenté de faire la synthèse de l'étude.

265. FREEDMAN, B. 1981. Intensive forest harvest: A review of nutrient budget considerations. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-121. 78 p.

It is clear that the use of intensive harvest techniques, such as whole-tree or complete-tree clear-cutting, will produce substantially higher yields of biomass than would conventional bole-only clear-cutting of the same stand. However, these increases in biomass yield are accompanied by much larger increases in the removal of nutrient-rich tissues in the intensive harvests. Thus, the short-term biomass gains are purchased at the longer-term expense of accelerated nutrient removals. These nutrient removals can be further increased by severe disturbance of the site during logging or subsequent site preparation.

Simple calculations indicate that, for short-rotation *Populus* plantations, the nutrient removals with whole-tree harvested biomass would result in a relatively rapid nutrient impoverishment of the site. On the other hand, medium or longer-term rotations result in more moderate calculated removals of nutrients with harvested biomass, which appear to be of less ecological significance. However, due to variations and other uncertainties in many of the data upon which these calculations were based, these conclusions are tentative. Longer-term studies are required, including further refining and field testing of forest growth models.

Il est évident que l'emploi de techniques de récolte intensive, telles que la coupe rase par arbres entiers ou au complet, produira des rendements en biomasse substantiellement plus élevés que la méthode classique de coupe rase des fûts seulement du même peuplement. Toutefois, ces accroissements de rendement en biomasse s'accompagnent d'accroissements de prélèvement d'éléments nutritifs beaucoup plus élevés, du fait que des tissus riches en ces mêmes éléments sont prélevés par les récoltes intensives. Ainsi donc, les gains à court terme en biomasse se soldent à long terme par des prélèvements accélérés d'éléments nutritifs, qui peuvent être encore accentués par la grave perturbation résultant des opérations d'exploitation ou de préparation subséquente de la station.

Des calculs simples montrent que, pour les plantations de *Populus* à courte rotation, le prélèvement d'éléments nutritifs qui s'opère avec la récolte de biomasse par arbres entiers aboutirait à un appauvrissement relativement rapide de la station. Par contre, des rotations à moyen ou à long terme se traduiraient par des prélèvements calculés plus modérés avec la biomasse récoltée, ce qui semble avoir un impact moindre sur l'écologie. Toutefois, en raison des variations et autres incertitudes afférentes à beaucoup des données sur lesquelles ces calculs ont été étayés, les conclusions ci-dessus sont hypothétiques. Des études de plus longue haleine s'imposent, y compris le perfectionnement et l'expérimentation *in situ* de modèles de croissance forestière.

266. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N. 1985. Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 5: Summary report - Effects of potential nutrient removals with intensively harvested biomass on continued site productivity. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-40. 29 p. + app.

This report contains summary data on the quantities of nutrients accumulated in different components of forest (which include trees, ground vegetation, forest floor and mineral horizons) and the quantities of nutrients cycled in the forms of litterfall, rainfall, throughfall and stemflow. In addition, estimates of the quantities of nutrients entering the nutrient cycles (due to weathering and nitrogen fixation) are used to calculate the net change in the forest ecosystem on an annual basis. Bivariate analysis of the data showed that the largest proportion (45%) of the variability in the data was accounted for by the tree biomass differences on different site classes. The quantities of additional biomass and nutrients removed from the sites by whole-tree harvests relative to conventional method of harvesting are also presented.

Le rapport résume les données recueillies sur l'accumulation des éléments nutritifs dans différentes parties de la forêt (les arbres, le tapis végétal, la couverture morte et les horizons minéraux) ainsi que sur le flux des éléments nutritifs entrant dans l'accumulation de la litière, la hauteur des pluies, les précipitations au sol et l'écoulement sur écorce. En outre, l'estimation de la quantité d'éléments nutritifs participant au cycle de ces derniers (à la faveur de la météorisation et de la fixation de l'azote) sert à calculer le changement annuel net survenu dans l'écosystème forestier. L'analyse bidimensionnelle des données montre que la plus grande partie de la variabilité (45 %) provient de la différence entre la biomasse des arbres dans les différentes classes de stations. On présente également les prélèvements supplémentaires de la biomasse et des éléments nutritifs à la faveur de la récolte des arbres entiers, relativement à la récolte traditionnelle.

267. FREEDMAN, B.; DUINKER, P.N.; MORASH, R.; PRAGER, U.; HANSON, A.J. 1981. Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia. Pages 87-91 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

This study involved determinations of the standing crops of major nutrients (N, P, K, Ca, Mg) in trees in soils in a variety of forest types (both hardwood and softwood, mature and immature) on a range of site classes in central Nova Scotia. The objective of these determinations is to evaluate the ecological significance of nutrient removals in conventional clear-cuts, relative to whole-tree clear-cut harvests.

Notre projet comporte la détermination des teneurs en matières nutritives principales (N, P, K, Ca, Mg) des arbres et des sols d'une gamme de peuplements forestiers (arbres décidus et conifères, matures et immatures) dans un éventail de milieux du centre de la Nouvelle-Écosse. Ces travaux visent à évaluer et à comparer les pertes de matières nutritives provoquées par les coupes rases normales et les coupes rases en régimes d'exploitation par arbres entiers.

These measurements of harvest removals have been made using two techniques. The first approach is indirect, and involves the calculation of the nutrient standing crops (and hence potential nutrient removals) in various compartments within the

Les mesures des récoltes ont été effectuées selon deux techniques. La première est indirecte, elle s'appuie sur le calcul des teneurs en matières nutritives (et, par conséquent, des pertes possibles) des diverses parties exploitables de l'arbre (par exemple le fût, les branches, l'écorce, le feuillage, etc.) à l'aide d'équations de régression de la

potentially harvestable tree component (e.g. merchantable bole, branch wood, bark, foliage, etc.) through the use of biomass and nutrient standing crop regression equations. The second approach is direct, and involves the experimental harvest of paired 0.5 ha blocks of forest, by whole-tree or conventional clearcutting.

biomasse et des éléments nutritifs. La deuxième méthode est directe, elle prévoit une récolte expérimentale par coupe rase, classique ou en régime d'exploitation par arbres entiers, dans des paires de parcelles de 0,5 ha chacune.

268. FREEDMAN, B.; MORASH, R. 1985. Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 4: Biomass and nutrients in ground vegetation, forest floor, soils and litterfall in a variety of forest stands. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-40. 14 p. + app.

This report contains data on the concentrations and quantities of N, P, K, Ca and Mg in different components of forest stands; and in litterfall materials collected monthly during a one-year period.

Le rapport contient des données sur les concentrations et les quantités de N, de P, de K, de Ca et de Mg dans les différentes parties des peuplements forestiers ainsi que dans l'accumulation de la litière recueillie mensuellement au cours d'une période d'un an.

269. FREEDMAN, B.; MORASH, R.; HANSON, A.J. 1980. Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia. Pages 77-82 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

This study involves determinations of the standing crops of major nutrients (N, P, K, Ca, Mg) in trees and understorey vegetation, and in soils in a variety of forest stands (both hardwood and softwood, mature and immature) on a range of site classes in central Nova Scotia. The objective of these determinations is to evaluate the nutrient removals in conventional clearcuts, relative to whole-tree clearcut harvests. This is done by using two techniques. The first approach is indirect, and involves the calculation of the nutrient standing crops (and hence potential nutrient removals) in various compartments within the potentially harvestable tree component (i.e. merchantable bole, large and small branches, bark, foliage, etc) through the use of biomass-nutrient regression equations. The second approach is direct, and involves the experimental harvest of paired 0.5 ha blocks of forest, by whole-tree or conventional clearcutting,

Notre projet comporte la détermination des teneurs en matières nutritives principales (N, P, K, Ca, Mg) des arbres, de la végétation sous-arborescente et des sols d'une gamme de peuplement forestiers (arbres décidus ou conifères, matures ou immatures), dans un éventail de milieux du centre de la Nouvelle-Écosse. Ces travaux visent à évaluer et à comparer les pertes de matières nutritives provoquées par les coupes rases normales et les coupes rases en régime d'exploitation par arbres entiers. Deux méthodes seront utilisées à cette fin. La première est indirecte; elle s'appuie sur le calcul des teneurs en matières nutritives (et par conséquent, des pertes possibles) des diverses parties exploitables de l'arbre (par exemple, le fût, les grosses et les petites branches, l'écorce, le feuillage, etc.) à l'aide d'équations de régression de la biomasse en fonction de cette teneur. La deuxième méthode est directe; elle prévoit une récolte expérimentale par coupe rase classique ou en régime d'exploitation par arbres entiers dans des paires de parcelles de 0,5 ha chacune.

and the subsequent determinations of nutrient removals from biomass measurements, and nutrient concentrations.

270. FREEDMAN, B.; MORASH, R.; HANSON, A.J. 1981. Biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of a red spruce-balsam fir stand in central Nova Scotia. *Can. J. For. Res.* 11:249-257.

Data are presented of biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of 0.5 ha blocks of an all-aged *Picea rubens* - *Abies balsamea* stand in central Nova Scotia. The biomass yield from the conventional clearcut plot was 105 200 kg dry weight/ha, and the removals of N, P, K, Ca and Mg were 98.2, 16.3, 91.7, 180.9 and 17.0 kg/ha, respectively. Biomass removals from the whole-tree clearcut plot were 152 500 kg dry weight/ha, and the removals of N, P, K, Ca and Mg were 239.1, 35.2, 132.6, 336.5 and 36.9 kg/ha, respectively. These removals of N, P, K, Ca and Mg from the whole-tree harvested plot, expressed as percentages of the quantities of these nutrients in the 'total' pool within the exploitable soil horizons, were 5.0, 2.8, 1.0, 5.9 and 2.1%, respectively. However, when these removals were expressed relative to the quantities in the 'available' soil pools, they were much larger, i.e. 500, 34, 184, 306 and 95% for N, P, K, Ca and Mg, respectively.

Cette étude présente les résultats obtenus pour la biomasse et les éléments nutritifs lors d'une coupe à blanc de parcelles de 0,5 ha selon la méthode conventionnelle et la méthode de l'arbre entier dans un peuplement d'âge mixte *Picea rubens* - *Abies balsamea* de la partie centrale de la Nouvelle-Écosse. La production de biomasse selon la méthode conventionnelle de coupe à blanc était de 105 200 kg anhydres/ha et les résultats de N, P, K Ca et Mg étaient 98,2, 16,3, 91,7, 180,9 et 17,0 kg/ha respectivement. Selon la méthode de l'arbre entier, la biomasse était de 152 000 kg anhydres/ha alors que pour N, P, K, Ca et Mg les valeurs étaient 239,1, 35,2, 132,6, 336,5 et 36,9 respectivement. Les valeurs de N, P, K, Ca et Mg dans une parcelle exploitée selon la méthode de l'arbre entier et exprimées en fonction de ces mêmes éléments dans l'ensemble des horizons de sol exploitable étaient 5,0, 2,8, 1,0, 5,9 et 2,1 % respectivement. Toutefois, lorsque ces éléments sont exprimés en fonction de la disponibilité du sol, nous obtenons 500, 34, 184, 306 et 95 % pour N, P, K, Ca et Mg respectivement.

271. FREEDMAN, B.; MORASH, R.; PRAGER, U.; DUINKER, P.(N).; HANSON, A.J. 1984. Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia. Pages 107-110 in S. Hasnain, ed., *Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.*

Reported in this presentation are the results of a four-year study that was carried out to evaluate some of the probable ecological impacts of biomass harvest from hardwood and softwood stands, or different developmental stages, and growing on various site classes in central Nova Scotia. The work was carried out in 16 different stands. The method involved the estimation of biomass and nutrient quantities in the aboveground components of trees (foliage,

Dans cette présentation, on donne les résultats d'une étude de quatre ans sur certains effets écologiques que produirait probablement l'enlèvement de la biomasse dans des peuplements de feuillus et de résineux de divers stades de maturation et de divers types de terrains se trouvant dans le centre de la Nouvelle-Écosse. Les travaux ont porté sur 16 peuplements. Il s'agissait d'estimer la biomasse et la quantité d'éléments nutritifs présents dans les composantes aériennes des arbres (feuillage, bois de fût, écorce et branches vivantes ou mortes) et dans

stemwood, bark, and live and dead branches) and of the ground vegetation associated with each stand. The concentrations of nutrients in the forest floor and mineral soil, within the rooting depth, were also estimated, and the quantities of nutrient reserves were calculated. The cycling of nutrients in litterfall, throughfall and stemflow in different stands, and inputs via ambient precipitation were also estimated. These various estimations were used to predict some of the ecological impacts of potential nutrient removals from these stands on site quality.

le tapis végétal de chacun des peuplements. On a aussi estimé la concentration des éléments nutritifs dans la couverture morte et la couche minérale de la rhizosphère et l'on a quantifié les réserves nutritives. On a également évalué la circulation des éléments nutritifs par l'intermédiaire des précipitations dans la litière, des précipitations au sol et de l'écoulement sur écorce ainsi que les apports par les précipitations ambiantes. Ces diverses valeurs ont ensuite servi à prévoir certains des effets écologiques sur la qualité du milieu que produirait l'enlèvement d'éléments nutritifs dans ces peuplements.

272. FREEDMAN, B.; MORGAN, K.; CROWELL, M.; MORASH, R.; SWAN, D. 1982. Post-clearcutting secondary succession in a hardwood forest in central Nova Scotia. Pages 361-365 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

This contribution is based in part on a project investigating the effects of intensive forest harvesting on nutrient cycling in central Nova Scotia. The work described here concerns post-clearcutting ecosystem development over time in a hardwood region in central Nova Scotia. Data were gathered by measuring various parameters in 10 stands that had previously been clearcut, as well as in 5 uncut stands. This series consisted of cut stands having ages 1, 3, 5, 6, 8, 13 and 20 years, as well as uncut stands 40 and 75 years old.

Preliminary data are presented that describe the species, life-form compositions, and biomass and nutrient standing crops of the plant communities in this secondary succession. The younger communities are relatively diverse and have high rates of biomass production and nutrient uptake. Changes in the forest bird and small mammal communities have also been monitored, in terms of population sizes, diversity and species composition.

Cet article est basé en partie sur un projet étudiant les effets d'une coupe de bois intensive sur la régénération des éléments nutritifs dans la partie centrale de la Nouvelle-Écosse. Cette étude porte sur le développement d'un écosystème en fonction du temps après une coupe à blanc dans une région de feuillus située au centre de la Nouvelle-Écosse. Les données furent recueillies en mesurant divers paramètres dans 10 parcelles où une coupe à blanc avait été effectuée ainsi que dans 5 peuplements n'ayant subi aucune coupe. Les parcelles avaient subi une coupe 1, 3, 5, 6, 8, 13 et 20 ans auparavant et les peuplements intacts étaient âgés de 40 ou 75 ans.

Les données préliminaires présentées décrivent les compositions par espèces et par formes biologiques ainsi que la biomasse et les matières nutritives des peuplements des communautés végétales de cette succession secondaire. Les communautés les plus jeunes sont relativement diversifiées et présentent des taux élevés de production de biomasse et d'absorption des éléments nutritifs. Les modifications survenant dans la taille, la diversité et la composition spécifique des populations d'oiseaux et de petits mammifères de la forêt ont aussi été étudiées.

273. FREEDMAN, B.; PRAGER, U. 1986. Ambient bulk deposition, throughfall, and stemflow in a variety of forest stands in Nova Scotia. *Can. J. For. Res.* 16:854-860.

Averaged over one growing season for four conifer and four hardwood stands in central Nova Scotia, incident bulk deposition (IP) was partitioned into 28% canopy interception, 70% throughfall (TF), and 2% stemflow (SF). Hydrogen ion, ammonium, and nitrate fluxes in TF + SF were less than IP; these were presumably consumed by ion-uptake reactions in the canopy or on bark surfaces. All other measured constituents had positive net fluxes, which presumably resulted from some combination of leachage, ion exchange or washoff of dry-deposited material. The average flux of constituent in TF + SF, expressed as a percent enhancement over IP, was as follows: K, 930; Mg, 274; PO₄, 190; Ca, 170; Cl, 116; SO₄, 50; Na, 50; H⁺, -54; NH₄, -59; NO₃, -69. Tree species differed greatly in concentration and flux of water and nutrient in stemflow. Conifer species generally had lower SF water fluxes, probably because of their greater leaf biomass, which resulted in relatively high rates of canopy interception of IP. Concentrations of K, PO₄ and NH₄ did not differ between SF hardwoods and conifers, while NO₃ concentration was higher in hardwood SF and concentrations of H⁺, Ca, Mg, Na, Cl and SO₄ were higher in softwood SF.

Pendant une saison de croissance, la précipitation brute (IP) dans huit placettes (quatre de conifères et quatre de feuillus) fut répartie comme suit : 28 % interceptée par la voûte végétale, 70 % en précipitation au sol (TF) et 2 % en écoulement le long du fût (SF). Il y avait moins de H, NH₄ et NO₃ dans les TF + SF comparativement aux IP - 54, -59 et 60 %, respectivement; nous supposons une absorption par la végétation ou par l'écorce due à des réactions d'échange ionique. Les autres paramètres furent enrichis par rapport aux IP de 930 % K, 274 % Mg, 190 % PO₄, 170 % Ca, 116 % Cl, 50 % SO₄ et 50 % Na; nous supposons un enrichissement dû au lessivage ou à un échange ionique, ou à un lavage de dépôts secs. Les différences de concentration et de flux d'eau, et les différences de concentration des éléments nutritifs des tiges était importante entre les espèces. Pour les conifères, le flux d'eau (SF) était inférieur comparativement aux feuillus. Nous croyons à une interception plus importante à cause d'une biomasse foliaire plus élevée chez les conifères. De plus les concentrations en H, Ca, Mg, Na, Cl et SO₄ étaient plus élevées dans les SF de conifères. Les SF des feuillus étaient plus concentrés en NO₃, par contre il n'y avait aucune différence significative pour les paramètres K, SO₄ et NH₄.

274. FREEDMAN, B.; PRAGER, U.; DUINKER, P.(N).; MORASH, R.; HANSON, A.J.; OGDEN, J.G. 1984. Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of selected forest sites in Nova Scotia. *Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-40.* 397 p.

This report summarizes the major findings of a research study which has involved measurements of the standing crops and fluxes of biomass and major nutrients in a variety of natural forest stands in central Nova Scotia. The stands were selected to represent the major forest types in the region as well as a range of inherent site fertility. The objectives of this research

Le rapport résume les principales conclusions d'une recherche qui comportait la mesure du stock actuel et des flux de la biomasse et des principaux éléments nutritifs dans divers peuplements forestiers naturels du centre de la Nouvelle-Écosse. Les peuplements ont été choisis de façon à représenter les principaux types forestiers de la région de même qu'un intervalle de la fertilité stationnelle inhérente. L'objet de la recherche était de prédire, dans ces

program were to predict the potential biomass and nutrient removals by whole-tree clearcut harvests of these stands, relative to conventional clearcuts. These nutrient removals were then compared with the magnitudes of other significant nutrient compartments and fluxes in the stands, including: (i) the sizes of the forest floor and soil nutrient pools, in both total and plant-available forms; (ii) the quantities of nutrients in the ground vegetation; (iii) nutrients incoming via bulk-collected precipitation; (iv) stemflow and throughfall fluxes; and (v) litterfall fluxes. This document, a summary report of the research program, contains summaries and interpretations of all the data gathered, and it attempts to arrive at general conclusions concerning the ecological implications of potential nutrient removals during the intensive harvesting of these stands.

peuplements, les prélèvements potentiels de la biomasse et des éléments nutritifs lors de la coupe à blanc des arbres entiers, relativement à la coupe à blanc traditionnelle. Les prélèvements ont ensuite été comparés aux autres réserves et flux importants d'éléments nutritifs des peuplements, y compris : (i) la taille des réserves d'éléments nutritifs, totaux et assimilables, dans la couverture morte et les sols; (ii) les quantités d'éléments nutritifs dans le tapis végétal; (iii) l'apport des éléments nutritifs par les précipitations de toute nature; (iv) l'écoulement sur écorce et les précipitations au sol; (v) les flux qui accompagnent l'accumulation de la litière. Le document, rapport sommaire du programme de recherche, résume et interprète toutes les données recueillies et tente d'arriver à des conclusions générales sur les conséquences écologiques des prélèvements des éléments nutritifs potentiels durant la récolte intensive des peuplements.

275. GODBOUT, C.; FORTIN, J.A. 1983. Morphological features of synthesized ectomycorrhizae of *Alnus crispa* and *A. rugosa*. *New Phytol.* 94:249-262.

The ability of two shrubby alders to form ectomycorrhizae with known species of fungus was investigated. *Frankia* inoculated seedlings of *Alnus crispa* and *Alnus rugosa* were raised in growth pouches and inoculated with a pure culture inoculum of potential ectomycorrhizal fungi. Ten of the 46 species of fungi used formed ectomycorrhizae with both *Alnus* species. Only *Alpova diplophloeus* showed a well distributed Hartig net; others had a net only proximally, while others had none. These patterns are discussed in terms of more or less rapid Hartig net development. The Hartig net was always confined to the epidermal layer of the root, never completely surrounding it. This situation appears to predominate in the *Angiosperms*. Colonization of young actinorrhizae by *Alpova diplophloeus* led to the formation of ectomycorrhizal structures.

La capacité de deux aulnes frutescents de former des ectomycorhizes avec des champignons connus a été examinée. Des semis d'*Alnus crispa* et d'*A. rugosa*, inoculés par *Frankia* ont été cultivés dans des sachets de croissance et inoculés au moyen d'une culture pure d'un champignon susceptible de former des ectomycorhizes. 10 des 46 espèces de champignons utilisés ont formé des ectomycorhizes avec les deux aulnes. Seul *Alpova diplophloeus* a formé un beau réseau de Hartig; les autres n'ont formé qu'un réseau proximal, certains n'en n'ont pas formé du tout. On discute du développement plus ou moins rapide de ces réseaux. Ces derniers ont toujours été confinés dans la couche épidermique de la racine, sans complètement l'entourer. Cette situation semble prédominer chez les angiospermes. La colonisation des jeunes actinorhizes par *A. diplophloeus* a mené à la formation de structures ectomycorhiziennes.

276. GODBOUT, C.; FORTIN, J.A. 1985. Synthesized ectomycorrhizae of aspen: Fungal genus level of structural characterization. *Can. J. Bot.* 63:252-262.

The ability of *Populus tremuloides* Michx. to form ectomycorrhizae with identified species of fungi was investigated using a pouch technique. Twenty-nine out of 54 fungus species formed ectomycorrhizae on aspen seedlings. Aspen seems to display little specificity for ectomycorrhizal fungi. Only epidermal Hartig nets were observed in the synthesized ectomycorrhizae and periepidermal ones were frequently encountered. Structural and morphological characteristics of ectomycorrhizae are presented by genus of mycorrhizal fungi. This grouping of characters by genus seems possible independently of the host plant. The classification of ectomycorrhizae is viewed in a new way in which structural types would be taxonomically related to the genus of the fungal symbiont.

La capacité de *Populus tremuloides* Michx. à former des ectomycorhizes avec des espèces déterminées de champignons a été explorée au moyen de la technique du sachet de croissance. Sur 54 espèces de champignons essayés, 29 ont formé des ectomycorhizes sur des plantules. Le peuplier faux-tremble semble afficher peu de spécificité vis-à-vis les champignons ectomycorhiziens. Chez les ectomycorhizes obtenues, le réseau de Hartig a toujours été épidermique et de nombreux réseaux périépidermiques furent observés. Les caractéristiques structurales et morphologiques des ectomycorhizes ont été regroupées et décrites par genre de champignons ectomycorhiziens. Cette façon de regrouper les caractères semble possible sans tenir compte de la plante-hôte. La classification des ectomycorhizes est envisagée dans une nouvelle optique selon laquelle les types structuraux seraient taxonomiquement reliés au genre du champignon symbiotique.

277. GREWAL, H.(S).; APPS, M.J.; MACISAAC, D.A. 1989. Using the STEMS and FORCYTE-11 computer models for mixedwood forest management. Pages 175-179 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

There is an increasing need for management tools for forests of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) and white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) in western Canada. Traditional growth and yield methods based on data from unmanaged stands may be inadequate for forecasting yields resulting from the expected new approaches to mixed stand management.

On a de plus en plus besoin d'outils de gestion utilisables dans le cas des forêts mélangées de tremble (*Populus tremuloides* Michx.) et d'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) dans l'ouest du Canada. Les méthodes traditionnelles de calcul de la croissance et du rendement basées sur des données recueillies à partir de peuplements non gérés peuvent se révéler inadéquates pour prévoir les rendements résultants de l'application de nouvelles approches de gestion des peuplements mélangés.

FORCYTE-11 is a large forest ecosystem simulation model that can be used to predict and to compare forest biomass growth and yield for alternative resource management strategies for which there may be little or no direct empirical data. It permits the inclusion of more than one tree species and accounts for inter- and intra-species competition for light and nutrients. However, the input data required to calibrate the model may not be easily available or may be expensive to collect. An alternative approach is described in which a traditional growth and yield model

Le FORCYTE-11 est un important modèle de simulation de l'écosystème qui peut servir à prévoir et à comparer la croissance et le rendement de la biomasse forestière que l'on obtiendrait avec diverses stratégies de gestion des ressources sur lesquelles on ne dispose pour ainsi dire pas de données empiriques directes. Ce modèle permet l'inclusion de plus d'une essence et tient compte de la compétition interspécifique et intraspécifique pour ce qui est de la lumière et des éléments nutritifs. Toutefois, l'obtention des données nécessaires pour étalonner le modèle peut se révéler difficile ou coûteuse. On décrit une autre approche dans

(STEMS) has been modified to provide the needed ecosystem description for FORCYTE-11. This method only requires the conventional stand parameters such as stand age, average stand Dbh, stand density and site index. Favourable preliminary results with calibrating FORCYTE-11 for aspen have encouraged us to extend this method to ecosystems. In this paper, application of this approach to a range of site classes will be discussed. Because this approach requires only commonly available stand parameters, it can potentially provide a practical link of FORCYTE-11 to regional databases through geographic information systems.

laquelle un modèle classique de croissance et de rendement (STEMS) a été modifié pour fournir la description de l'écosystème nécessaire au FORCYTE-11. Avec cette méthode, il suffit de connaître les paramètres classiques liés au peuplement, comme l'âge du peuplement, le dhp moyen pour le peuplement, la densité du peuplement et l'indice de station. Les résultats préliminaires favorables obtenus avec l'étalonnage du FORCYTE-11 appliqué au tremble nous ont encouragés à appliquer cette méthode à des écosystèmes mélangés. Dans ce document, on traite de l'application de cette approche à une variété de classes de site. Comme cette approche ne nécessite que les paramètres relatifs aux peuplements dont on dispose normalement, elle pourrait servir de lien pratique entre le FORCYTE-11 et les bases de données régionales grâce à des systèmes d'information géographiques.

278. GREWAL, H.(S).; APPS, M.J.; MACISAAC, D. 1990. Using a traditional growth and yield model (STEMS) to drive a management simulator (FORCYTE-11). Pages 225-233 in L.C. Wensel and G.S. Biging, eds. Proc. The IUFRO Conf.: Forest Simulation Systems, Berkeley, California, 2-5 November 1988.

FORCYTE-11 is a large forest ecosystem simulation model whose main purpose is yield trend evaluation. It can be used to predict and to compare forest biomass growth and yield for alternative resource management strategies for which there may be little or no empirical data. The underlying approach of the model is to complement a user-supplied description of the state and dynamics of the existing ecosystem with a phenomenological process simulation of those processes that are affected by the management actions. The required input data may not be easily available or may be expensive to collect. An alternative approach is described in which a traditional growth and yield model (STEMS) has been modified to provide the needed ecosystem description for FORCYTE-11. Input variables needed by the method are the conventional stand parameters such as stand age, average stand Dbh, stand density and site index. The method is being used to calibrate FORCYTE-11 for trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) over a range

Le modèle FORCYTE-11 est un important modèle de simulation des écosystèmes forestiers dont l'objet principal est l'évaluation des tendances du rendement. Il peut servir à prédire et à comparer l'accroissement de la biomasse forestière et son rendement à la faveur de différentes stratégies d'aménagement des ressources sur lesquelles on ne possède aucune ou peu de données empiriques. Le principe de fonctionnement du modèle est le suivant : on complète la description de l'état et de la dynamique de l'écosystème, fournie par l'utilisateur, par la simulation phénoménologique des processus forestiers qui subissent l'influence des mesures d'aménagement. Les données d'entrée exigées peuvent ne pas être facilement accessibles ou être coûteuses à recueillir. On peut parer à cela : un modèle traditionnel de l'accroissement et du rendement (STEMS) a été modifié pour fournir la description nécessaire de l'écosystème au modèle FORCYTE-11. Les variables d'entrée dont a besoin le modèle sont les paramètres traditionnels des peuplements tels que l'âge, le diamètre moyen à hauteur de poitrine des arbres du peuplement, la densité de ce dernier et l'indice stationnel. La méthode sert à étalonner le modèle FORCYTE-11 pour le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*

of site classes in Alberta, Canada, and has potential application to other species in the boreal mixedwood forest.

Michx.) de toute une gamme de classes de stations de l'Alberta. Cette méthode pourrait trouver des applications à d'autres espèces de la forêt mixte boréale.

279. HENDRICKSON, O.Q.; BURGESS, D.(M). 1989. Nitrogen-fixing plants in a cut-over lodgepole pine stand of southern British Columbia. *Can. J. For. Res.* 19:936-939.

The acetylene reduction assay was used to estimate amounts of nitrogen fixed by *Lupinus arcticus* Wats. (1.97 kg/ha/year) and *Shepherdia canadensis* (L.) Nutt. (0.78 kg/ha/year) in a regenerating lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) stand in southern British Columbia. These amounts appear to be significant, as lodgepole pine ecosystems are generally highly deficient in nitrogen. Thinning of excessively dense pine stands may provide an added growth benefit by increasing nitrogen fixation activity of understorey vegetation.

À l'aide de l'essai de réduction de l'acétylène, on estime les quantités d'azotes fixés par *Lupinus arcticus* Wats. (1,97 kg/ha/an) et *Shepherdia canadensis* (L.) Nutt. (0,78 kg/ha/an) dans un peuplement de pins tordus (*Pinus contorta* Dougl.) en régénération dans le sud de la Colombie-Britannique. Les résultats indiquent que ces quantités semblent importantes étant donné que les écosystèmes du pin tordu sont, en général, fortement déficitaires en azote. L'éclaircie des peuplements très denses de pins pourrait permettre d'améliorer encore plus la croissance en favorisant la fixation de l'azote par la végétation en sous-étage.

280. HENDRICKSON, O.Q.; BURGESS, D.(M).; CHATARPAUL, L. 1987. Biomass and nutrients in Great Lakes - St. Lawrence forest species: Implications for whole-tree and conventional harvest. *Can. J. For. Res.* 17:210-218.

Total aboveground biomass and nutrient contents were measured in a mixed conifer and hardwood stand in Ontario. Removal of woody stems >9 cm dbh (conventional harvest) yielded 138 000 kg/ha; removal of essentially all aboveground woody material (whole-tree harvest) yielded an additional 52 000 kg/ha, a 38% increase. Whole-tree harvest increased N removal by 191 kg/ha (132%). Logging slash on the conventional harvest plot added 163 kg N/ha to the forest floor. Nutrients within various biomass components of seven tree species were compared. *Pinus resinosa* Ait., the dominant conifer, produced the greatest amount of biomass per unit mass of nutrient, combining low nutrient concentrations with a high proportion of biomass in stem wood. *Populus tremuloides* Michx., the dominant hardwood, had high proportions of cation-rich bark but had a lower whole-tree N concentration than most other species.

Les auteurs ont mesuré la biomasse épicée et l'accumulation d'éléments nutritifs dans un peuplement mixte de conifères et de feuillus en Ontario. L'exploitation des tiges ligneuses >9 cm dhp (exploitation conventionnelle) s'élevait à 138 000 kg/ha; l'exploitation par arbres entiers a ajouté 52 000 kg/ha, une augmentation de 38 %. L'exploitation par arbres entiers a entraîné un prélèvement de 191 kg N/ha (132 %). Les rémanents de la coupe conventionnelle ont ajouté 163 kg N/ha à la couverture morte. On a comparé les quantités d'éléments contenues dans les constituants de la biomasse de sept espèces d'arbre. *Pinus resinosa* Ait., le conifère dominant, a produit la plus forte quantité de biomasse par unité de masse d'élément, en combinant de faibles concentrations en éléments avec une forte proportion de biomasse dans le bois de tige. *Populus tremuloides* Michx., le feuillu dominant, renfermait de fortes quantités de cations dans l'écorce, mais il avait une plus faible concentration globale de N que les autres espèces. Le remplacement de peuplements de *Pinus* spp. par

Replacement of stands of *Pinus* spp. by *Populus* spp. represents a less efficient use of site nutrient capital in that the latter species produces less biomass per unit nutrient retained in permanent aboveground tissues. Whole-tree harvesting on nutrient-poor sites in the Great Lakes - St. Lawrence forest may lead to establishment of aspen stands of low productivity.

Populus spp. représente une utilisation moins efficace du capital d'éléments de la station, parce que le genre *Populus* produit moins de biomasse par unité d'éléments retenus dans les tissus épicéjés pérennes. L'exploitation par arbres entiers dans des stations pauvres de la forêt de la région des Grandes Lacs et du Saint-Laurent peut conduire à l'établissement de peuplements de peuplier faux-tremble de faible productivité.

281. HENDRICKSON, O.Q.; CHATARPAUL, L.; BURGESS, D.(M). 1989. Nutrient cycling following whole-tree and conventional harvest in northern mixed forest. *Can. J. For. Res.* 19:725-735.

Soil and water chemistry and soil respiration activity were studied in a mature, mixed conifer and hardwood forest and in adjacent whole-tree (WTH) and conventional harvest (CH) areas dominated by hardwood sprouts. Compared with the uncut mature forest, forest floor contents of N and K were lower in the WTH area three years after harvest; Ca and Mg were higher in the CH area, probably owing to inputs in logging slash. Mineral soil Ca and pH were higher in the harvested areas than in the uncut area. During the 2nd year after harvest, cation concentrations in forest floor leachate varied in the order WTH > CH > uncut area, but differences largely disappeared the next year. Soil water NO₃ concentrations were slightly elevated in the CH area, but only 1.6 kg N/ha/year leached below the rooting zone. Bulk precipitation K and Mg concentrations were lower in the WTH area than in the CH area owing to the loss of canopy leaching from the residual stand. Slightly higher amounts of cations were found in the snowpack under the mature forest canopy. Midwinter rains caused movement of NO₃ and H within the snowpack. Despite the higher soil respiration rates in the harvested areas, no differences in soil organic matter pools were observed relative to the uncut area; harvest-related inputs of slash, decaying roots and stumps may have offset respiratory carbon losses. Current high nutrient demands of rapidly growing sprouts in the WTH area greatly exceed

Les caractéristiques chimiques du sol et de l'eau ainsi que l'activité respiratoire du sol sont étudiées dans une forêt mélangée mature, de conifères et de feuillus et dans des parterres de coupe adjacents, récoltés par la méthode par arbres entiers (WTH) et la méthode classique (CH), où dominaient les rejets de feuillus. Par comparaison à la forêt mature non coupée, les teneurs de la couverture morte en azote et en potassium sont plus faibles dans le parterre WTH trois ans après la récolte, les teneurs en calcium et en magnésium sont plus élevées dans le parterre CH, en raison probablement des quantités apportées par les déchets de coupe. Le pH et les concentrations de calcium dans le sol minéral sont plus élevés dans les parterres de coupe que dans la forêt non coupée. La 2^e année après la récolte, les concentrations des cations dans le lessivat de la couverture morte décroissent dans l'ordre suivant : parterre WTH > parterre CH > forêt non coupée; toutefois, les différences disparaissent en majeure partie l'année suivante. Les concentrations de NO₃ dans l'eau du sol sont un peu élevées dans le parterre CH, mais la quantité lessivée au-dessous de l'horizon racinaire ne représente que 1,6 kg N/ha/an. Les concentrations de potassium et de magnésium dans les précipitations globales sont plus faibles dans le parterre WTH que dans le parterre CH en raison de la perte de lessivage du couvert résiduel. Les cations sont légèrement plus abondants dans la neige sous le couvert de la forêt mature. Les pluies du milieu de l'hiver déplacent les ions NO₃ et H dans la couche de neige. Malgré une respiration plus élevée du sol dans les parterres de coupe, aucune différence n'est observée par rapport à la forêt mature en ce qui a trait aux réserves de matière organique; les apports par les déchets de coupe, les racines en décomposition et

nutrient inputs in bulk precipitation; this may lead to future growth declines.

les souches pourraient avoir compensé les pertes de carbone par la respiration. Dans le parterre WTH, la demande d'éléments nutritifs actuellement exercée par les rejets, en croissance rapide, dépasse de beaucoup les apports par les précipitations; il pourrait s'ensuivre des réductions futures de la croissance.

282. HENDRICKSON, O.(Q).; CHATARPAUL, L.; ROBINSON, J.B. 1985. Effects of two methods of timber harvesting on microbial processes in forest soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:739-746.

Microbial populations and activities in a mature, mixed conifer and hardwood stand were compared with those in similar adjacent stands harvested by conventional (CH) and whole-tree (WTH) methods. Samples of forest soil were collected monthly during the first season after harvesting. The $\text{NH}_4^+\text{-N}$ production (measured over the course of 21-day laboratory incubations) declined in the forest floor of the WTH plot, but increased significantly in mineral soil in both harvested areas. Less than 10% of the $\text{NH}_4^+\text{-N}$ produced was nitrified. Nitrifier and denitrifier populations did not increase during the first year following harvesting, and no significant changes in nitrification activity were noted. Forest floor respiration (measured as carbon dioxide evolved in laboratory incubations) was significantly reduced on both harvested plots relative to the intact stand. Litter bag experiments indicated a reduction in nutrients (N, P, K, Mg) available for decomposer organisms on the WTH plot, and a corresponding reduction in litter decay rates. These effects correspond to reductions in forest floor moisture, water holding capacity, and organic matter content after harvesting. In the 0 to 5 cm mineral soil depth, total bacteria increased on the CH plot but not on the WTH plot. Despite reduced forest floor moisture and nutrient availability, sprouting of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) on the whole-tree harvested area was vigorous.

On a comparé les populations et l'activité microbiennes dans un peuplement mûr de feuillus et de conifères mélangés à celles de peuplements contigus semblables, déboisés selon la méthode traditionnelle et la méthode par arbres entiers. Des échantillons du sol forestier ont été prélevés mensuellement au cours de la première saison après la récolte. La production d'azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, mesurée au cours d'incubations en laboratoire d'une durée de 21 jours) a diminué dans le sol forestier de la parcelle dégarnie des arbres entiers, mais elle a considérablement augmenté dans le sol minéral des peuplements déboisés selon les deux méthodes. Moins de 10 % de l'azote ammoniacal produit a subi la nitrification. Au cours de la première année qui a suivi la récolte, les effectifs des espèces nitrifiantes et dénitrifiantes n'ont pas augmenté, et on n'a observé aucun changement significatif de la nitrification. La respiration du sol forestier (mesurée par le dégagement de dioxyde de carbone, au cours d'incubations au laboratoire) a été considérablement réduite dans les deux parcelles déboisées, relativement au peuplement intact. Des expériences effectuées avec des sacs de litière ont montré une baisse des éléments nutritifs assimilables (N, P, K, Mg) par les décomposeurs dans la parcelle dégarnie de ses arbres entiers et le ralentissement correspondant de la décomposition de la litière. Ces effets correspondent à des réductions de l'humidité du sol forestier, de la capacité de rétention de l'eau et de la teneur en matière organique après la récolte. Dans les 5 cm supérieurs du sol minéral, l'effectif total de bactéries a augmenté dans la parcelle soumise à la coupe traditionnelle mais non dans celle qui avait été dégarnie des arbres entiers. Malgré la réduction de l'humidité du sol forestier et de l'assimilabilité des éléments nutritifs, la germination des peupliers faux-trembles (*Populus*

tremuloides Michx.) a été vigoureuse dans la parcelle dégarnie des arbres entiers.

283. HENDRICKSON, O.(Q.); ROBINSON, J.B.; CHATARPAUL, L. 1982. The microbiology of forest soils: A literature review. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-19. 75 p.

This report discusses the activities of two groups of forest soil microorganisms: the bacteria and the fungi. Special attention is paid to their participation in the decay of major forest litter substrates, including leaves, branches and roots. The influence of bacteria and fungi in symbiotic

associations with woody plant roots upon cycles of carbon and nitrogen is described. The impacts of certain forest management alternatives are assessed in terms of the creation or elimination of suitable environments for the activity of soil microorganisms.

Voir 284 pour le français.

284. HENDRICKSON, O.Q.; ROBINSON, J.B.; CHATARPAUL, L. 1985. La microbiologie des sols forestiers - Revue bibliographique. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. nat. de Petawawa. Rapp. d'info. PI-X-19F. 102 p.

Le présent rapport traite de deux groupes importants de micro-organismes que l'on trouve dans les sols forestiers, soit les bactéries et les champignons. On porte une attention particulière à la décomposition des principaux débris de la litière, notamment les feuilles, les branches et les racines. On y décrit l'influence des

bactéries et des champignons en association symbiotique avec des racines de plantes ligneuses sur le cycle du carbone et celui de l'azote. Les répercussions de certaines méthodes de gestion forestière sont évaluées en fonction de la création ou de l'élimination de milieux convenant aux activités de ces micro-organismes.

See 283 for English.

285. HENDRICKSON, O.Q.; ROBINSON, J.B.; RACHAR, D.B. 1984. Effects of two harvesting methods on biological and chemical properties of forest soil. Pages 115-119 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

In November 1981, two one-hectare plots were harvested in a mixed conifer-hardwood stand at the Petawawa National Forestry Institute in Chalk River, Ontario. In one plot all above-ground biomass was removed (whole-tree harvest), while the second plot represented a conventional harvest (clear-cut) with large amounts of slash remaining on the forest floor.

En novembre 1981, on a effectué une récolte dans deux parcelles d'un hectare d'un peuplement mixte de conifères et de feuillus de l'Institut forestier national de Petawawa à Chalk River (Ontario). Dans l'une des parcelles, toute la biomasse aérienne a été enlevée (récolte d'arbres entiers) tandis que, dans l'autre, on a effectué une récolte classique (coupe à blanc), d'importantes quantités de rémanents étant laissés sur le sol.

Le prélèvement mensuel d'échantillons de sol dans ces deux parcelles et dans une parcelle témoin a

Monthly soil samples in these two plots and in an unharvested control plot revealed that a number of chemical and biological properties were significantly altered in the first year following harvesting. Increases in pH and ammonium-N levels were found throughout the soil profile. Slash removal in the whole-tree harvest intensified effects such as drying of surface horizons, reduction in surface water holding capacity, and mixing of organic material with mineral soil. Much of the biological activity is concentrated in these surface organic horizons. Available carbon pools were depleted in the harvested areas, as seen by changing patterns of CO₂ release in laboratory incubation studies. Mineralizable nitrogen, measured in incubation studies, was reduced by nearly 50% in the whole-tree plot compared with either the conventional clearcut or the control. Available phosphorus and potassium levels also showed greater reductions in the whole-tree plot.

montré qu'il y avait eu, l'année suivant la récolte, une perturbation appréciable de plusieurs paramètres chimiques et biologiques du sol. On a noté une augmentation du pH et des teneurs en N-ammonium dans tout le profil du sol. L'élimination des rémanents survenue lors de la récolte par arbres entiers a intensifié certains effets comme le séchage des horizons supérieurs, la réduction de la capacité de rétention de l'eau de surface et le mélange des matières organiques avec le sol minéral. Une grande partie de l'activité biologique est concentrée dans ces horizons organiques superficiels. Les réserves de carbone disponible ont été épuisées dans les zones récoltées; cela a été démontré par une modification de la production de CO₂ lors d'études d'incubation en laboratoire. La teneur en azote minéralisable, déterminée lors d'études d'incubation, a été réduite de près de 50 % dans la parcelle où l'on a récolté les arbres entiers comparativement aux deux autres parcelles. C'est aussi dans la parcelle de récolte d'arbres entiers que les teneurs en phosphore et potassium disponibles ont le plus baissé.

286. JEGLUM, J.K. 1989. The Wally Creek area forest drainage project in Ontario's clay belt: Progress report. Pages 47-53 in J.K. Jeglum and R.P. Overend, eds. Proc. Peat and Peatlands: Diversification and Innovation, Vol. I - Peatland Forestry, Quebec City, Quebec, 6-10 August 1989. Can. Soc. for Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia.

The Wally Creek area has provided a focus for a major, multiagency, cooperative program of research into peatland forest drainage. The main contributors are the Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry Canada, Ontario Region, but several other agencies are also participating. The project objectives are to demonstrate the installation and workings of a systematic drainage network, to provide an economic evaluation of forest growth response, to develop a set of operational prescriptions and to supply scientific information for environmental assessment. Numerous studies have been initiated and some are already completed. This presentation provides an overview of the Wally Creek Area Forest Drainage Project, and a progress report on the results of the individual studies.

Le secteur de Wally Creek a été le siège d'un important programme de recherche conjoint entre plusieurs organismes sur le drainage des tourbières arborées. Le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et Forêts Canada, région de l'Ontario, en ont été les principaux artisans mais plusieurs autres organismes y ont également participé. Le projet avait pour objectifs de démontrer la mise en place et le fonctionnement d'un réseau de drainage systématique, d'évaluer la croissance obtenue en terme économique, d'élaborer un ensemble de modalités de fonctionnement et d'obtenir des données scientifiques à des fins d'évaluation de l'état de l'environnement. De nombreuses études ont été entreprises et certaines sont déjà complétées. Le présent article donne un aperçu du projet de drainage forestier du secteur de Wally Creek et rend compte de l'état d'avancement des travaux des différentes études.

287. JOZSA, L.A.; PARKER, M.L.; BRAMHALL, P.A.; JOHNSON, S.G. 1982. Wood production of spruce in Manitoba as a function of climate. Pages 115-119 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

Tree-ring samples were collected from dominant white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) and black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) trees along a north-south transect through the Boreal Forest in Manitoba in September 1981. The primary objective was to build tree-ring width and density chronologies using X-ray densitometry for studying the effect of climatic variability on tree growth through time and space. A corollary objective was to study and compare the growth of black spruce to white spruce as a function of climate under identical site conditions. This comparison tests the validity of using black spruce in dendrochronological studies in the future.

Des échantillons d'anneaux de croissance ont été prélevés en septembre 1981 d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) et d'épinettes noires (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) dominantes le long d'un transect nord-sud traversant la forêt boréale du Manitoba. Le but premier était d'obtenir des chronologies de largeur et de densité des anneaux de croissance par densitométrie aux rayons X afin d'étudier les effets des variations climatiques sur la croissance des arbres dans le temps et l'espace. On avait aussi pour objectif l'étude et la comparaison de la croissance des épinettes noires et blanches en fonction du climat dans des sites identiques. Cette comparaison permet de vérifier la validité de l'utilisation de l'épinette noire lors de futures études dendrochronologiques.

288. JOZSA, L.A.; PARKER, M.L.; BRAMHALL, P.A.; JOHNSON, S.G. 1984. How climate affects tree growth in the Boreal forest. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-255. 30 p. + app.

Computerized X-ray densitometry techniques were used on tree-ring samples collected from white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) trees in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, and the Northwest Territories and black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) trees in northern Manitoba. Detailed annual ring width and ring density chronologies were produced for samples from eight white spruce and two black spruce sites. Strong climate-tree growth relationships were indicated by numerous common marker years, strong cross-dating between randomly selected individual cores and site summary chronologies, and high correlations between tree-ring chronologies for sites hundreds of kilometres apart.

Des techniques informatisées de densitométrie par les rayons X ont été employées pour analyser des échantillons de cernes annuels prélevés sur des épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest, ainsi que sur des épinettes noires (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) dans le nord du Manitoba. Des suites chronologiques d'après la largeur et la densité des cernes ont été établies pour huit emplacements de l'épinette blanche et deux de l'épinette noire. Des rapports étroits entre le climat et l'accroissement des arbres sont indiqués par de nombreuses années de référence, un degré élevé de synchronisation de carottes choisies au hasard avec des chronologies sommaires des emplacements et des corrélations élevées entre les chronologies établies à partir des cernes pour des emplacements distants de centaines de kilomètres.

289. KIMMINS, J.P. 1985. FORCYTE - An unconventional computer simulation model with which to predict the long term consequences of forest management for ecosystem productivity, resource economics and the energy efficiency of management. Newsletter of the Can. Soc. Environ. Biologists 42(1):37-44.

FORCYTE is a hybrid yield table-process model. It is also a hybrid stand-individual tree growth model, and a hybrid forest ecosystem analysis-forest management model. It produces predictions, on a region-, site- and species-specific basis, of future tree and minor vegetation biomass, of timber, slash and forest floor yields, of nutrient cycling and nutrient budgets, of individual tree size at any thinning or final harvest, of the economics of management, and of the energy benefit/cost ratio of management.

Le modèle FORCYTE est un modèle hybride qui intègre les processus et les tables de rendement. C'est aussi un modèle hybride capable de calculer l'accroissement des peuplements et des arbres individuels et, enfin, un modèle hybride de l'analyse de l'écosystème forestier et de l'aménagement forestier. Pour une région, une station, une essence ou une espèce mineure, il prédit la biomasse, le rendement en bois, en rémanents et le rendement de la couverture morte, le cycle des éléments nutritifs et le bilan de ces derniers, les dimensions de chaque arbre après une coupe d'éclaircie ou la récolte finale, les paramètres économiques de l'aménagement ainsi que le rapport coûts/avantages énergétiques de l'aménagement.

290. KIMMINS, J.P.; BINKLEY, D.; CHATARPAUL, L.; DE CATANZARO, J. 1985. Biogeochemistry of temperate forest ecosystems: Literature on inventories and dynamics of biomass and nutrients/Biochimie des écosystèmes des forêts tempérées : Publication sur les inventaires et la dynamique de la biomasse et des éléments nutritifs, Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-47E/F. 227 p.

The tables in this report summarize some of the available literature on nutrient inputs to ecosystems, the organic matter and nutrient content of forest ecosystems, internal cycling of nutrients within trees and outputs of nutrients from forest ecosystems. It is intended to bring the tables up to date every few years. The tables cover mainly temperate and high latitude/altitude forests.

Les tableaux réunis dans le rapport résument certaines des données publiées sur les apports d'éléments nutritifs dans les écosystèmes, les concentrations de ces éléments et de matière organique dans les écosystèmes forestiers, la dynamique de ces éléments à l'intérieur des écosystèmes, leur cycle interne dans les arbres et leur prélèvement à partir des écosystèmes. Nous avons l'intention de mettre à jour les tableaux à des intervalles de quelques années. Les tableaux portent surtout sur les forêts tempérées et les forêts des hautes latitudes et altitudes.

291. KIMMINS, J.P.; BINKLEY, D.; CHATARPAUL, L.; DE CATANZARO, J. 1985. Whole-tree harvest-nutrient relationships: A bibliography/Exploitation des arbres entiers-rapport des éléments nutritifs : étude bibliographique. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-60E/F. 377 p.

In this report of bibliography, the entries were organized by four subject categories: nutrient cycling, biomass, nutrient content of biomass and computer simulation

Nous avons subdivisé les titres entre quatre catégories de sujets : le cycle des éléments nutritifs, la biomasse, la teneur de la biomasse en éléments nutritifs et les modèles informatisés de simulation.

models. Subdivisions of these main categories allow more specific searches. The assignment of a reference to the most appropriate category was somewhat subjective because many entries matched more than one of the divisions. Therefore, a complete survey of the bibliography should start with the most specific category, move up to a more general level and finish off by checking the catch-all category. Authors are listed alphabetically under each category.

La subdivision de ces grandes catégories permet des recherches plus précises. La catégorisation des sources de références était quelque peu subjective, car beaucoup de titres pouvaient entrer dans plus d'une de nos subdivisions. Par conséquent, pour une exploration complète de la bibliographie, il faudrait commencer par la catégorie la plus précise, remonter à un niveau plus général, pour terminer par la catégorie la plus générale. Les auteurs sont énumérés par ordre alphabétique, dans chaque catégorie.

292. KIMMINS, J.P.; COMEAU, P.G.; KURZ, W.(A). 1990. Modelling the interactions between moisture and nutrients in the control of forest growth. *For. Ecol. Manag.* 30:361-379.

Three major approaches to stand-level forest growth and yield modelling are briefly described: an empirical predictive approach; a process based explanatory approach; and a predictive approach which combines both the empirical and the process approaches (the 'hybrid simulation' approach). The degree to which models representing these three approaches include an explicit representation of moisture and nutrients is reviewed, and the relationship between modelling objective, time-scale, and the inclusion of representations of moisture and nutrients is explored. There is a brief consideration of the nutrient and moisture related processes that might be represented in a process based, rotation-length, explanatory model, and the major processes and parameters that are affected by changes in these factors. The paper concludes with a suggestion as to how the inherent complexity of a process-based approach to simulating moisture might be simplified for use in a predictive hybrid simulation model.

On décrit rapidement trois grandes voies d'approche à la modélisation de l'accroissement et du rendement forestiers à l'échelon du peuplement : la méthode de prédiction empirique; la méthode explicative fondée sur les processus; et la méthode de prédiction combinant à la fois la méthode empirique et la méthode fondée sur les processus (la simulation hybride). On examine dans quelle mesure les modèles s'inspirant de ces trois méthodes comprennent une représentation explicite de l'humidité et des éléments nutritifs et on explore la relation entre l'objectif de la modélisation, l'échelle temporelle et l'inclusion de représentations de l'humidité et des éléments nutritifs. On traite brièvement des processus dans lesquels interviennent les éléments nutritifs et l'humidité, et qui pourraient être représentés dans un modèle explicatif, axé sur les processus et sur la durée de la révolution ainsi que les principaux processus et paramètres modifiés par les changements qui surviennent dans ces facteurs. L'article se termine par une proposition pour réduire la complexité inhérente d'une approche axée sur les processus (pour simuler l'humidité) afin de l'utiliser dans un modèle hybride de prédiction.

293. KIMMINS, J.P.; DE CATANZARO, J.; BINKLEY, D. 1979. Tabular summary of data from the literature on the biogeochemistry of temperate forest ecosystems. *Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-8.* 104 p.

The tables were prepared at the request of the Canadian Forestry Service as a reference source for use in evaluation of

Les tables ont été préparées à la demande du Service canadien des forêts pour servir de référence dans l'évaluation des conséquences biogéochimiques

the biogeochemical consequences of intensive forest biomass harvesting. In particular, the tables are intended to be a source of input data for a simulation model. The data are derived from 260 referenced sources.

de la récolte intensive de la biomasse forestière. Elles visent en particulier à servir de sources de données d'entrée pour un modèle de simulation. Les données sont tirées de 260 sources bibliographiques.

294. KIMMINS, J.P.; FELLER, M.C.; TSZE, K.M. 1982. Organic matter and macronutrient accumulation in an age sequence of Douglas-fir stands on good and poor sites on Vancouver Island, B.C.: Calibration data for FORCYTE-10. Faculty of For., UBC. Unpubl. Contractor's Interim Rep. ENFOR P-197. 30 p. + app.

This report describes a two-year field study to collect data for the calibration and partial validation of FORCYTE-10. Age sequences of Douglas-fir stands from 3 to approximately 75 years were studied as poor (dry-infertile) and good (moist-fertile) sites on Vancouver Island, British Columbia. On each site, biomass of tree stemwood, stembark, branches, foliage and roots, shrub stems, foliage and roots and herb shoots and roots were measured and samples were analyzed for their concentration of N, P, K, Ca and Mg. Forest floor weight (free of live roots > 1 cm diameter), depth and chemistry were measured. Monthly litterfall weight and chemistry, throughfall and precipitation chemistry, and quarterly decomposition rates for major aboveground litterfall components were all measured over a two-year period. The nutrient status of the mineral soil was also measured on each site. Mensurational data were also obtained for all sites.

The report presents a summary of the data and a description of the study area and individual study sites.

Le rapport décrit une campagne de deux ans d'obtention de données pour l'étalonnage et la validation partielle du modèle FORCYTE-10. Dans l'île Vancouver, on a étudié des douglasières formant une séquence d'âges allant de 3 à environ 75 ans, tant dans des stations pauvres (sèches et infertiles) que favorables (humides et fertiles). Dans chaque station, on a mesuré la biomasse des tiges, de l'écorce des tiges, des branches, du feuillage, des racines, des tiges des arbustes, de leur feuillage et de leurs racines ainsi que des pousses et des racines d'herbe et on a dosé N, P, K, Ca et Mg dans des échantillons. On a mesuré la masse du sol forestier (exempt de racines vivantes de plus de 1 cm de diamètre), sa profondeur et ses caractéristiques chimiques. Sur une période de deux ans on a mesuré l'accumulation mensuelle et les caractéristiques chimiques de la litière, les caractéristiques chimiques des précipitations au sol et des précipitations totales, ainsi que la vitesse trimestrielle de décomposition des principaux constituants de la partie aérienne des arbres qui entrent dans la composition de la litière. Dans chaque station on a également mesuré l'équilibre nutritif du sol minéral. Dans toutes les stations, on a obtenu des données dendrométriques.

Le rapport résume les données et décrit la région étudiée ainsi que chaque station étudiée de cette dernière.

295. KIMMINS, J.P.; KURZ, W.A.; SCOLLAR, K.A.; APPS, M.J.; COMEAU, P.G. 1989. FORCYTE-11: A flexible, user-controlled microcomputer simulation model with which to examine biomass yields of alternative forestry or agroforestry management systems. Pages 167-173 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

The World Commission on Environment and Development has issued a challenge in its report 'Our Common Future': to demonstrate that all future developments are consistent with a sustainable environment and sustainable renewable resources. In forestry, this requires projections over at least several rotations concerning the sustainability of yield and site productivity under alternative management strategies. In the absence of empirical experience over such long time spans, interim estimates of sustainability can be obtained by calibrating and using models like FORCYTE-11. Initially, a simple input-output model to examine soil fertility aspects of the sustainability of intensive biomass-for-energy projects, FORCYTE-11 has been developed to become an ecosystem management model with which to simulate the short and long-term effects of a wide variety of rotation-length management strategies on stand level production, yield, yield sustainability and economic and energy benefit/cost ratios. Although FORCYTE-11 cannot address questions that relate to climate change, it can examine the effects of management on long-term site productivity.

La Commission mondiale de l'environnement et du développement a lancé un défi dans son rapport *Notre avenir à tous* : démontrer que tous les développements seront désormais compatibles avec un environnement durable et des ressources renouvelables et inépuisables. Dans le domaine forestier, ce défi exige que l'on examine la durabilité des rendements et la productivité des stations sur une période d'au moins plusieurs révolutions, selon diverses stratégies d'aménagement. À défaut d'une expérience empirique qui s'étend sur une si longue période de temps, on peut obtenir des estimations provisoires de la durabilité par l'étalonnage et l'emploi de modèles tels que le FORCYTE-11. Au début, il s'agissait d'un simple modèle d'entrée-sortie visant à examiner les conséquences, sur la fertilité des sols, de la durabilité des projets de culture intensive de la biomasse pour la production d'énergie. Le modèle est graduellement devenu un modèle d'aménagement de l'écosystème qui permet de simuler les effets à court et à long terme d'une large gamme de stratégies d'aménagement, dont la durée équivaut à celles de la révolution, sur la production, le rendement, la durabilité du rendement ainsi que les rapports avantages/coûts économiques et énergétiques à l'échelle du peuplement. Le modèle ne saurait répondre aux questions qui touchent le changement climatique, mais il peut examiner les effets de l'aménagement sur la productivité à long terme des stations.

296. KIMMINS, J.P.; PRICE, N.; APPS, M.J. 1989. Red alder: A selected bibliography and compilation of literature data for use in conjunction with the ecosystem management model FORCYTE-11. For. Can., Nor. For. Cent., Unpubl. Rep. ENFOR P-197. 58 p.

This report is an extension of an earlier report, a summary of world literature on the biogeochemistry of temperate forests, but restricted to red alder. The data were obtained by standard computer search of the literature for the 1983-88 period. It is concluded from the results of this literature survey that users of FORCYTE-11 cannot, at the present time, rely solely on the published scientific literature available through standard computer search to provide a complete preliminary calibration data set for red alder. Additional data collection will be required.

Le rapport fait suite à un rapport antérieur, qui résumait les publications mondiales sur la biogéochimie des forêts tempérées, mais limitées au cas de l'aulne rouge. Ces données ont été obtenues par des prospections informatisées des publications pour la période 1983 à 1988. De cette étude bibliographique, on conclut que le modèle FORCYTE-11 ne peut pas, pour le moment, s'appuyer uniquement sur les données scientifiques publiées, qui sont accessibles par la recherche informatisée, pour obtenir un ensemble complet de données qui permettront un étalonnage préliminaire applicable à l'aulne rouge. Des données supplémentaires devront être recueillies.

297. KIMMINS, J.P.; PRICE, N.; ORAN, R.; APPS, M.J. 1989. Douglas-fir: A selected bibliography and compilation of literature data for use in conjunction with the ecosystem management model FORCYTE-11. For. Can., Nor. For. Cent., Unpubl. Rep. ENFOR P-197. 71 p.

This report is an extension of an earlier report, a summary of world literature on the biogeochemistry of temperate forests, but restricted to Douglas-fir. The data were obtained by standard computer search of the literature for the 1984-88 period. It is concluded from the results of this literature survey that users of FORCYTE-11 cannot, at the present time, rely solely on the published scientific literature available through a standard computer search to provide a complete preliminary calibration data set for Douglas-fir. Additional data collection will be required.

Le rapport fait suite à un rapport antérieur, qui résumait les publications mondiales sur la biogéochimie des forêts tempérées, mais limitées au cas du douglas taxifolié. Ces données ont été obtenues par des prospections informatisées des publications pour la période 1984 à 1988. De cette étude bibliographique, on conclut que le modèle FORCYTE-11 ne peut pas, pour le moment, s'appuyer uniquement sur les données scientifiques publiées, qui sont accessibles par la recherche informatisée, pour obtenir un ensemble complet de données qui permettront un étalonnage préliminaire applicable au douglas taxifolié. Des données supplémentaires devront être recueillies.

298. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A. 1979. An interactive computer simulation model with which to examine the long term consequences of intensive forest management and biomass harvesting on site nutrient capital and biomass productivity: Report on FORCYTE-7. Faculty of For., UBC, Unpubl. Contractor's Interim Rep. ENFOR P-71. 67 p. + app.

The paper describes the structure of a computer simulation model which is being developed to examine the long-term consequences of a variety of intensive forest management practices, including intensive biomass harvesting, on site nutrient capital and future biomass production. So far, the model has only been used for nitrogen, but any other single nutrient can be examined if the necessary data are available. The model has a data input file which permit the model to be run for different forest types: site-specific data input produces site-specific output. A state file permits the model to be initiated from any chosen initial condition. The model applies empirical data wherever possible, but also incorporates some process modelling. The output includes optional graphical presentation of up to 120 variables for periods of up to 500 years. The model permits the forest manager to examine the consequences of regeneration delays,

Dans l'article, on décrit la structure d'un modèle informatisé de simulation construit pour examiner les conséquences à long terme de diverses pratiques d'aménagement intensif des forêts, y compris la récolte intensive de la biomasse, sur la production ultérieure de cette dernière ainsi que sur le capital des éléments nutritifs de la station. Jusqu'ici, le modèle n'a servi qu'à l'azote, mais on peut examiner le cas de tout autre élément nutritif si l'on possède les données nécessaires. Le modèle est doté d'un fichier d'entrée des données qui permet son application à différents types de forêts : les données introduites pour une station précise aboutissent à la production de résultats limités à cette station. Un fichier d'état permet de choisir toute condition initiale pour l'exécution du modèle. Ce dernier applique, toutes les fois que c'est possible, des données empiriques, mais il intègre aussi une modélisation de processus. Les résultats comprennent la présentation graphique optionnelle de jusqu'à 120 variables, sur une période pouvant s'étendre sur 500 ans. Le modèle permet à l'aménagiste forestier d'examiner les conséquences des retards de la régénération, de la sélection des

species selection and various intensities of harvesting. Future editions of the model will incorporate thinning, fertilization and slashburning. The model will be dynamic in that current growth will be modulated by the availability of nutrients, and site quality will respond to the general trend of growth changes.

essences et de diverses intensités de la récolte. Dans des versions ultérieures, il pourra tenir compte des coupes d'éclaircie, de la fertilisation et du brûlage des rémanents. Il sera dynamique; en effet l'accroissement actuel sera modulé par l'assimilabilité des éléments nutritifs, tandis que la qualité stationnelle répondra à la tendance générale des changements de l'accroissement.

299. KIMMINS, J.P.; SCOULLAR, K.A. 1983. FORCYTE-10: A user's manual. UBC, Unpubl. Rep. ENFOR P-8, P-71, P-197. 112 p. + app.

This manual describes the structure of the computer simulation model FORCYTE-10; an ecosystem-based forest management gaming model designed to examine the long-term consequences of intensive forest management on site nutrient capital, biomass production and the economic performance and energy efficient of alternative management scenarios. The model has been developed by using data for nitrogen, but any other single nutrient could be examined if the necessary data were available and minor changes made to the model. Data input files that require site- and species-specific information permit the model to be run for a wide variety of different even aged, single-tree-species forest types and to produce site-specific output. An initial state file permits the model to be initiated from any chosen initial ecosystem condition. When calibrated with data from a particular climatic/ecological zone or region, the model can be used to simulate management throughout that zone/region. The model is driven by empirical data wherever possible, but also incorporates some process modelling.

Le guide décrit la structure du modèle informatisé de simulation FORCYTE-10. C'est un modèle de simulation de l'aménagement forestier fondé sur l'écosystème, qui vise à examiner les conséquences à long terme de l'aménagement intensif sur le capital nutritif des stations, la production de la biomasse et la performance économique ainsi que l'efficacité énergétique de divers scénarios d'aménagement. Il a été construit à l'aide de données s'appliquant à l'azote, mais tout autre élément nutritif pourrait être examiné si les données nécessaires étaient disponibles et si des retouches étaient apportées au modèle. Des fichiers d'entrée des données propres aux stations et aux espèces permettent d'appliquer le modèle à une large gamme de types forestiers équiennes, monospécifiques et d'obtenir des résultats pour une station donnée. Un fichier d'état initial permet de choisir pour l'exécution du modèle toute condition initiale de l'écosystème. Lorsqu'il sera étalonné avec des données d'une zone ou d'une région climatique ou écologique donnée, le modèle pourra simuler l'aménagement dans toute cette zone ou région. Le modèle est commandé par des données empiriques toutes les fois que cela est possible, mais il intègre également la modélisation de processus.

300. KIMMINS, J.P.; SCOULLAR, K.A. 1984. The role of modelling in tree nutrition research and site nutrient management. Pages 463-487 in G.D. Bowen and E.K.S. Nambiar, eds. Nutrition of Plantation Forests. Academic Press, London. 516 p.

The variation in form and function between different ecosystem types can be dealt with to a considerable extent by classifying and interpreting ecosystem variability, and the difficulty of making

Les variations de forme et de fonction entre les différents types d'écosystèmes peuvent être prises en charge en grande partie par la classification et l'interprétation de la variabilité des écosystèmes. On peut considérablement faciliter les projections à

long-term projections can be significantly reduced by the use of ecologically based computer simulation models. We believe that ecological land classification and computer simulation modelling are two management tools that will increasingly be used in many aspects of forestry. The focus of this chapter is on the application of the latter tools in forest nutrition research.

Both short- and long-term predictions, and therefore modelling, are as important to forest tree nutrition as to any other aspect of forestry. This chapter briefly examines what models are, and then discusses four different models to illustrate different approaches to modelling the consequences of nutrition for tree growth.

301. KIMMINS, J.P.; SCOULLAR, K.A.; APPS, M.J. 1990. FORCYTE-11 user's manual for the benchmark version (Tech. ed. D. MacIsaac). For. Can., Nor. For. Cent., ENFOR Rep. P-370. 294 p.

The use of FORCYTE-11 involves three major activities: (1) The first, or 'setup' activity, involves a series of empirical data-assembly and manipulation programs, one for each species of tree, for each species of 'plant' (herbs and shrubs) and for moss, and one for soil. These programs accept a variety of input information from files that contain empirical data on plant growth and chemistry, and on soils and biogeochemical processes for a variety of sites that vary in quality (defined primarily in terms of soil fertility). These programs produce output files describing biomass and nutrient accumulation, and the dynamics of nutrient and organic matter in the plants and soils; (2) The output files from the setup programs, together with a file describing the management conditions to be simulated and a file defining the state of the ecosystem at the start of the simulation, become the input files for the second major activity: an ecosystem process and forest management simulator named MANAFOR. The output from this program is a series of files containing diagnostic graphs, and predictive tables on

long terme grâce aux modèles informatisés de simulation écologique. Nous croyons que la classification écologique du territoire et la modélisation par ordinateur sont deux moyens d'aménagement qui seront de plus en plus utilisés pour plusieurs aspects de la foresterie. Le chapitre porte principalement sur l'application de la modélisation à la recherche sur la fertilisation des sols forestiers.

Les prédictions à court et à long terme, et par conséquent la modélisation, sont aussi importantes pour la fertilisation forestière que pour tout autre aspect de la foresterie. Le chapitre définit rapidement les modèles, puis traite de quatre modèles pour montrer des voies d'approche différentes à la modélisation des conséquences de la fertilisation sur la croissance des arbres.

L'emploi du modèle FORCYTE-11 comporte trois grandes opérations : (1) grâce à une série de programmes de manipulation et de rassemblement des données, qui fonctionnent de façon empirique, un programme est conçu pour chaque essence ou espèce végétale (herbes et arbrisseaux) ainsi que pour la mousse et un programme pour le sol; on accepte diverses données d'entrée des fichiers qui renferment des données empiriques sur la croissance et les caractéristiques chimiques des végétaux ainsi que sur les sols et les processus biogéochimiques de diverses stations dont la qualité varie (selon principalement les paramètres de fertilité). Ces programmes produisent des fichiers de sortie qui décrivent la biomasse et l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que la dynamique de ces derniers et de la matière organique dans les végétaux et les sols; (2) les fichiers de sortie des programmes de montage, ainsi qu'un fichier décrivant les conditions de l'aménagement à simuler et un fichier définissant l'état de l'écosystème au début de la simulation, deviennent les fichiers d'entrée de la deuxième grande opération : la simulation des processus de l'écosystème et de l'aménagement forestier au moyen du simulateur nommé MANAFOR. Le programme produit une série de fichiers renfermant des graphiques

yield, site biogeochemistry and ecosystem processes, and the economics and energy efficiency of management; (3) The third and final activity is user control of the output from MANAFOR. The user may choose a variety of output options according to the purposes for which the model is being used, or the data may be used as the input to other programs and models (data analysis and graphics programs, economics models, whole-forest models, etc).

diagnostiques ainsi que des tables de la biogéochimie stationnelle, des processus de l'écosystème et de prédiction du rendement, ainsi que des tables des facteurs économiques et de l'efficacité énergétique de l'aménagement; (3) la dernière opération est la commande des résultats de la simulation MANAFOR par l'utilisateur. Ce dernier peut choisir divers résultats selon les fins pour lesquelles il utilise le modèle ou, encore, il peut utiliser les données comme données d'entrée d'autres programmes et modèles (analyse des données et programmes graphiques, modèles économiques, modèles de la forêt entière, etc.).

- 302 KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; APPS, M.J.; KURZ, W.A. 1990. The FORCYTE experience: A decade of model development. Pages 60-67 in B.J. Boughton and J.K. Samoil, eds. Proc. Forest Modelling Symp., Saskatoon, Saskatchewan, 13-15 March 1989. For. Can., Northwest Reg., Info. Rep. NOR-X-308. 180 p.

The World Commission on Environment and Development has issued a challenge in its report, *Our common future*: to demonstrate that all future developments are consistent with a sustainable environment and sustainable renewable resources. In forestry, this requires projections over at least several rotations concerning the sustainability of yield and site productivity under alternative management strategies. In the absence of empirical experience over such long time spans, interim estimates of sustainability can be obtained by calibrating and using models like FORCYTE-11. Initially, a simple input-output model to examine soil fertility aspects of the sustainability of intensive biomass-for-energy, FORCYTE has been developed to become an ecosystem management model with which to simulate the short-and long-term effects of a wide variety of rotation-length management strategies on stand-level production, yield, yield sustainability, and economic and energy benefit-cost ratios.

La Commission mondiale de l'environnement et du développement a lancé un défi dans son rapport *Notre avenir à tous* : démontrer que tous les développements seront désormais compatibles avec un environnement durable et des ressources renouvelables et inépuisables. Dans le domaine forestier, ce défi exige que l'on examine la durabilité des rendements et la productivité des stations sur une période d'au moins plusieurs révolutions, selon diverses stratégies d'aménagement. À défaut d'une expérience empirique qui s'étend sur une si longue période de temps, on peut obtenir des estimations provisoires de la durabilité par l'étalonnage et l'emploi de modèles tels que le FORCYTE-11. Au début, il s'agissait d'un simple modèle d'entrée-sortie visant à examiner les conséquences, sur la fertilité des sols, de la durabilité des projets de culture intensive de la biomasse pour la production d'énergie. Le modèle est graduellement devenu un modèle d'aménagement de l'écosystème qui permet de simuler les effets à court et à long terme d'une large gamme de stratégies d'aménagement, dont la durée équivaut à celles de la révolution, sur la production, le rendement, la durabilité du rendement ainsi que les rapports avantages/coûts économiques et énergétiques à l'échelle du peuplement.

303. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; CHATARPAUL, L. 1988. Long term impacts of forest management on soil fertility and forest productivity: A systems analysis approach using FORCYTE. Pages 116-129 *in* J.D. Lousier and G.W. Still, eds. Proc. The 10th B.C. Soil Sci. Workshop on Degradation of Forested Land, February 1986. B.C. Min. For., Land Manag. Rep. No. 56. 331 p.

Increasing the intensity of forest management on a shrinking land base, together with the effects of acid rain and atmospheric warming (the 'greenhouse' effect), will alter the nature of the soil and atmosphere environments in which forest crops are grown in the future. This in turn will reduce the accuracy of traditional 'historical bioassay' forest yield predictors. The use of process simulation models to predict future forest yield and the site consequences of these management and environmental changes is theoretically sound, but has several limitations. A hybrid simulation approach to forest yield prediction combining both the historical bioassay and the process simulation approaches is described in this paper, and an example, FORCYTE-11, is discussed. This model, which has been used in 11 countries for teaching, research and management gaming, could potentially be developed for use in conjunction with research into land reclamation activities, agriculture, 'acid rain' and the 'greenhouse effect'.

L'intensification de l'aménagement forestier sur un territoire qui rapetisse continuellement, les effets des pluies acides et du réchauffement de l'atmosphère (l'effet de serre), tout cela modifiera la nature des milieux pédologiques et atmosphériques dans lesquels croîtront les cultures forestières. Ce phénomène à son tour réduira la précision des prédicteurs du rendement forestier traditionnellement fondés sur les antécédents. L'emploi de modèles de simulation des processus pour prédire les rendements forestiers de l'avenir ainsi que les conséquences, sur les stations, des changements susmentionnés dans les pratiques d'aménagement et les conditions du milieu, est théoriquement juste, mais la démarche souffre de plusieurs limites. Dans la présente communication, on décrit une voie d'approche hybride à la simulation pour prédire les rendements forestiers, voie qui combine à la fois l'emploi des antécédents et la simulation des processus. Un exemple de ce type de modélisation, le modèle FORCYTE-11, est donné. Ce modèle, qui a été utilisé dans 11 pays dans les jeux d'entreprises, la recherche et l'enseignement, pourrait être élargi pour trouver des applications dans la recherche sur la remise en état des terres, l'agriculture, l'effet de serre et les pluies acides.

304. KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.(A).; FELLER, M.C. 1980. FORCYTE: A computer simulation approach to evaluating some long term effects of whole-tree harvesting on the nutrient budget in northwest forests. Pages 25-28 *in* Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

The 1979-80 contract involved continued work on the computer simulation model FORCYTE and the first year of a field study to provide a data set with which to calibrate the model. Tree growth in FORCYTE is now responsive to nutrient availability, and any desired thinning, fertilizing and harvesting regime can be applied. Biomass and nutrient cycling is being studied on an age-sequence of

Le contrat de l'année 1979-1980 s'applique à la poursuite de nos travaux sur le modèle de simulation sur ordinateur FORCYTE et à une nouvelle étude sur le terrain qui vise à fournir les données nécessaires à l'étalonnage du modèle. Le modèle FORCYTE nous permet maintenant d'étudier les effets, sur la croissance des arbres, de l'accessibilité des matières nutritives et de toute la gamme de modes d'éclaircie, d'enrichissement des sols et de récolte. Nous procédons actuellement à l'étude des cycles de la biomasse et des matières

plantations on good and poor Douglas-fir
plantations on Vancouver Island.

nutritives en fonction de l'âge dans des plantations
riches et pauvres de sapin Douglas dans l'île
Vancouver.

KIMMINS, J.P.; SCOLLAR, K.A.; FELLER, M.C. 1981. FORCYTE-10. Pages 55-59
in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

FORCYTE-10 is a site-specific, user controlled, management-gaming tool with which to investigate the potential effects of various intensities of management and biomass harvesting on soil fertility and biomass production. The model requires a set of site- and species-specific inventory-type input data on biomass and chemistry, and information on the rates of certain ecosystem processes. The output includes diagnostic graphs and tables, and predictive tables. The model can be used to prepare energy and financial budgets as well as biomass and nutrient budgets.

Le FORCYTE-10 est un outil de gestion basé sur la théorie des jeux, contrôlé par l'utilisateur et permettant, pour des sites particuliers, l'étude des effets potentiels de diverses intensités de gestion et de récolte de la biomasse sur la fertilité du sol et la production de biomasse. Le modèle fait intervenir un ensemble de données d'entrée sur la biomasse et la chimie, particulières au site et aux espèces, ainsi que des renseignements sur les taux de certains processus des écosystèmes. Les sorties se présentent sous forme de graphiques et de tableaux de diagnostic et de tableaux de prévisions. Le modèle peut être utilisé pour la préparation de bilans énergétiques et financiers ainsi que de bilans des éléments nutritifs et de la biomasse.

KURZ, W.A.; APPS, M.J. 1988. PROBE user's manual: draft version 2.00-C. Agric.
Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Rep. ENFOR P-369. 34 p.

PROBE consists of several programs and files which assist the user in preparing, executing and analyzing multiple runs of FORCYTE. Primary objectives in the development of PROBE were to permit the unattended execution of large numbers of FORCYTE runs and to facilitate comparisons of the results of such runs. The application of PROBE to obtain results of multiple runs of FORCYTE requires three different activities: (1) the user must decide what model runs are desired and the instructions for these runs must be prepared; (2) the execution of the runs; and (3) the analysis, comparison and interpretation of the results of the runs. Different parts of the software package PROBE assist the user in each of the three activities.

Le progiciel PROBE consiste en plusieurs programmes et fichiers qui aident à préparer, à exécuter et à analyser plusieurs passages des cycles de simulation du modèle FORCYTE. Les premiers objectifs que l'on visait en le mettant au point étaient de permettre l'exécution sans surveillance d'un grand nombre de simulations avec le programme FORCYTE et de faciliter la comparaison des résultats de ces simulations. L'application du progiciel exige, pour obtenir les résultats de plusieurs simulations, trois opérations : (1) l'utilisateur décide des simulations souhaitées et il prépare les instructions à cette fin; (2) les simulations sont exécutées; (3) les résultats des simulations sont analysés, comparés et interprétés. Dans ces trois opérations, différents logiciels du progiciel PROBE interviennent.

KURZ, W.A.; APPS, M.J.; CHAN, Y.-H. 1988. PROBE: A program to facilitate user friendly gaming with FORCYTE. Pages 160-164 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

The computer code for FORCYTE-11, a large ecosystem simulation model which was developed for a mainframe computing environment, has been successfully installed on a personal computer employing 32-bit coprocessor technology. A supervisory software package, PROBE, was developed to exploit the user-friendly nature of the PC environment.

Le code machine pour FORCYTE-11, modèle de simulation des écosystèmes élaboré pour un gros ordinateur, a pu être exécuté sur un ordinateur personnel utilisant une technologie de cotraitement de 32 bits. Un logiciel superviseur, PROBE, a été mis au point pour exploiter la facilité d'utilisation de l'ordinateur personnel.

308. LE GROUPE DRYADE. 1980. Évaluation des impacts potentiels de la récolte de la biomasse forestière. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-45. 48 p. + somm.

Une stratégie d'étude d'impacts de la récolte de la biomasse forestière sur l'environnement est développée. On prévoit que l'érosion sera à l'origine de nombreux impacts négatifs associés à l'extraction de la biomasse. À partir des opérations liées à l'extraction de la biomasse forestière, les impacts primaires sur le climat, l'eau, le sol, la faune et la végétation sont décrits. À ces impacts primaires est associée une série d'impacts secondaires probables. Les liens entre les opérations initiales de

récolte, et entre les impacts primaires et secondaires, sont analysés par le biais des matrices de Leopold et CNYR. Un organigramme global de liens est également élaboré. De plus, en fonction de la ressource envisagée, plusieurs organigrammes thématiques sont proposés. Ces derniers identifient les variables qui sont à l'origine des impacts négatifs majeurs et qui devront donc être contrôlées prioritairement. Enfin, des mesures de mitigation sont envisagées et leur efficacité probable est analysée.

See 309 for English.

309. LE GROUPE DRYADE. 1980. Evaluation of potential impacts of forest biomass harvesting. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-45E. 50 p. + app.

A comprehensive approach is developed for impact studies of biomass harvesting on the environment. Erosion, which may result from biomass removal, may cause several negative impacts. Primary impacts of biomass harvesting on climate, water, soil, wildlife and vegetation are described. Several secondary impacts are then associated to these primary impacts. Interrelations between harvesting

operations, primary and secondary impacts are analyzed with Leopold's and CNYR matrices. A global flow-chart of interrelations is also constructed. Furthermore, several specific flow diagrams are proposed for the different resources. These latter identify the variables from which the major negative impacts are taken and thus which should be controlled first. Mitigations are proposed and their probable efficiency is analyzed.

Voir 308 pour le français.

310. LE GROUPE DRYADE. 1984. Monitoring des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu. Vol I: 1982 (112 p.), Vol II: 1983 (79 p.), Vol III: 1984 (123 p.). Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau. Rapp. non publ. ENFOR P-155.

La récupération et l'utilisation de plus en plus rationnelle de la matière ligneuse ont amené certains aménagistes forestiers et organismes gouvernementaux à s'interroger sur les effets qu'aurait sur le milieu, une récolte de biomasse forestière, où toute la matière ligneuse est récupérée. C'est ainsi qu'en 1980, une étude fut entreprise pour évaluer et préciser les effets du procédé de récolte sur la reproduction des peuplements, les conditions physiques des sols, le contenu des strates végétales inférieures et sur le milieu faunique. Cette étude analyse et évalue les diverses variables influencées par une récolte d'arbres entiers (concept s'approchant le plus de la récolte de biomasse forestière). Enfin, à la lumière de ces résultats, l'étude rend compte des retombées associées à une récolte de biomasse forestière.

The increasingly rational harvesting and use of wood resources have led some forest managers and government organizations to raise questions about the environmental effects of a forest biomass harvesting approach in which all wood resources are recovered. In 1980, a study was conducted to assess and determine the effects of harvesting on stand reproduction, physical soil conditions, the content of lower shrub strata and wildlife. This study analyzes and evaluates the different factors affected by whole-tree harvesting (concept most closely resembling forest biomass harvesting). In the light of these results, the study discusses the spin-off effects associated with forest biomass harvesting.

311. MacISAAC, D.A. 1988. Analysis of source code and data structure of FORCYTE-11.30 and evaluation of alternative data file formats. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-345. 16 p.

This study was restricted to the analysis of three FORCYTE-11.30 modules: the setup programs TREEGROW and FORSOILS and the forest management simulation program MANAFOR. The structure of the program modules was reviewed using source code from version 11.30 and the FORCYTE User's Manual Vol. 1. The source code was annotated to highlight the main features of each program. This information was then transferred to detailed flow-charts which illustrate the major structure, inputs and outputs for each program. A detailed record of the program structure was compiled in binder form as an appendix to this report.

L'étude s'était limitée à l'analyse de trois modules du modèle FORCYTE-11.30 : les programmes de montage TREEGROW et FORSOILS ainsi que le programme de simulation de l'aménagement forestier MANAFOR. La structure des modules a été examinée à l'aide du langage d'origine de la version 11.30 et du volume 1 du guide de l'utilisateur du modèle FORCYTE. Le langage d'origine a été annoté afin de souligner les principales caractéristiques de chaque programme. L'information a ensuite été transposée en organigrammes détaillés qui montrent la structure générale ainsi que les entrées et sorties de chaque programme. Une présentation détaillée de la structure des programmes a été compilée sous forme de reliure annexée au rapport.

312. MacISAAC, D.A.; APPS, M.J.; KURZ, W.A. 1989. Updated PROBE utilities for evaluation of forest management using FORCYTE-11. Pages 193-197 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

The FORCYTE-11 forest yield and trend evaluator model is currently being tested with management gaming and sensitivity

Le modèle d'évaluation du rendement et des tendances des forêts FORCYTE-11 fait actuellement l'objet d'essais avec des programmes de jeux de

analysis. To allow users to execute multiple model runs and handle the large amount of output data more efficiently, a supervisory program (PROBE) has been developed. PROBE assists users during three activities: input data preparation, multiple run execution, and output data analysis. Since first reported at the sixth Bioenergy R&D Seminar, the programs for the first two activities have been improved significantly to make them more user-friendly and efficient. In addition, an output data display and file manager has been developed to facilitate the analysis of model results with PROBE.

This output manager has several features which overcome limitations of the standard FORCYTE-11 output. Any output variable of any FORCYTE-11 module run (TREGROW, PLNTGROW, FORSOILS, MANAFOR) can be selected easily and compared with other variables of the same or other module runs. The menu-driven environment provides both graphical and tabular display of data for comparison and analysis. Finally, several data storage and output options are available, including the ability to archive results in compressed, binary form.

gestion et des analyses de sensibilité. On a élaboré un programme superviseur (PROBE) afin de permettre aux utilisateurs d'exécuter efficacement plusieurs passages de modélisation et de manipuler les grandes quantités de données de sortie. Le programme PROBE aide les utilisateurs pendant trois types d'activités : la préparation des données, l'exécution de plusieurs passages et l'analyse des données de sortie. Depuis qu'ils ont été signalés pour la première fois au cours du 6^e séminaire sur la R et D en bioénergie, les programmes pour les deux premières activités ont fait l'objet d'améliorations considérables qui les ont rendus plus conviviaux et plus efficaces. De plus, un programme de présentation des données de sortie et de gestion des fichiers a été élaboré en vue de faciliter l'analyse des résultats des modélisations avec le programme PROBE.

Le programme de gestion des données de sortie possède plusieurs caractéristiques qui lui permettent de surmonter les limitations du modèle standard FORCYTE-11. Toute variable de sortie obtenue avec tout passage de module FORCYTE-11 (TREGROW, PLNTGROW, FORSOILS, MANAFOR) peut être facilement choisie et comparée à d'autres variables du même passage ou d'autres passages du module. Le cadre du programme, qui est piloté par menus, permet de présenter les données sous forme graphique ou sous forme de tableaux afin de les comparer et de les analyser. Finalement, plusieurs options permettant de stocker et de restituer les données sont disponibles, dont la capacité d'archiver les résultats sous une forme binaire comprimée.

313. MAHENDRAPPA, M.K. 1986. Potential acidification of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) sites due to intensive harvesting. Pages 165-171 in G.I. Agren, ed. Proc. of IEA Workshop on Predicting Consequences of Intensive Forest Harvesting on Long Term Productivity, Jadraas, Sweden, 24-31 May 1986. IEA/FE Project (CPC-10). Swed. Univ. Agric. Sc., Dep. Ecol. and Environ. Res., Uppsala, Sweden, Rep. No.26.

In this paper an attempt is made to demonstrate that intensive harvesting of forest biomass results in acidification of sites. Using the data for black spruce stands from a province-wide survey of biomass and nutrient inventory in New Brunswick, Canada, it is shown that the degree of acidification is affected by site

On tente de démontrer que la récolte intensive de la biomasse forestière aboutit à l'acidification des stations. À l'aide des données concernant les peuplements d'épinettes noires, tirées d'un relevé de la biomasse et d'un inventaire des éléments nutritifs effectués à l'échelle du Nouveau-Brunswick, on montre que l'acidification est déterminée par la classe de la station et l'essence ligneuse. On ne peut

class and tree species. Indiscriminate intensive harvesting, therefore, cannot be recommended. Conservation of nutrients in the foliage and slash can moderate site acidification.

donc pas recommander la récolte intensive sans discernement. La conservation des éléments nutritifs présents dans le feuillage et les rémanents peut ralentir l'acidification de la station.

314. MAHENDRAPPA, M.K.; MALIONDO, S.M.; VAN RAALTE, G.D. 1988. Potential acidification of sites due to intensive harvesting in New Brunswick. Pages 110-114 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

An attempt is made to show that intensive harvesting results in site deterioration due to acidification. With the observation that in this region, the atmospheric proton input is C.5 keg, and that hardwood forests neutralize 80% of this acidity compared to 20-40% neutralized by softwood cover, it is shown that the degree of potential acidification due to intensive harvesting is affected by site class and tree species composition.

Les auteurs tentent de montrer que des récoltes intensives entraînent une détérioration des sols à cause de l'acidification. Ayant observé que, dans cette région, la charge protonique atmosphérique est de C.5 keg et que les forêts de feuillus neutralisent 80 % de cette acidité tandis que les bois de résineux en neutralisent entre 20 et 40 %, les auteurs montrent que le degré d'acidification possible résultant de récoltes intensives subit l'influence des types de terrains et de la composition des espèces d'arbres.

315. MALIONDO, S.M. 1988. Possible effects of intensive harvesting on continuous productivity of forestland. For. Can., Marit. For. Cent., Info. Rep. M-X-171. 26 p.

Intensive (whole-tree) harvesting of natural forest stands is widespread in the Maritime provinces. In some cases, the goal of whole-tree harvesting is to increase usable biomass, but often foliage and branch components are discarded at the landing site. This report examines the possible effects of whole-tree harvesting on long-term site productivity, particularly on soil fertility. Such effects might include large losses of nutrients in harvested components, long-term decrease in soil organic matter, loss of soil nutrients, including base cations and the potential for increased soil acidification.

La récolte intensive (par arbres entiers) des peuplements forestiers naturels est très répandue dans les provinces Maritimes. Dans certains cas, on y a recours pour augmenter la biomasse utilisable, mais souvent le feuillage et les branches sont jetés au premier dépôt transitoire. L'auteur examine les effets possibles de cette méthode de récolte sur la productivité à long terme des sites, notamment sur la fertilité du sol. Les effets possibles comprennent une perte importante de substances nutritives par les composantes récoltées des arbres, une diminution à long terme des matières organiques du sol, une perte de substances nutritives du sol, y compris des cations de base, et la possibilité d'une acidification accrue du sol.

316. MALIONDO, S.M.; MAHENDRAPPA, M.K.; VAN RAALTE, G.D. 1990. Distribution of biomass and nutrients in some New Brunswick forest stands: Possible implications of whole-tree harvesting. For. Can., Marit. For. Cent., Info. Rep. M-X-170E/F. 37 p. + app.

The potential impacts of whole-tree harvesting, increasingly practised in the Maritimes region, on long-term site productivity were investigated in New

On a étudié l'incidence potentielle de la récolte d'arbres entiers, pratique de plus en plus courante dans la région des Maritimes, sur la productivité à long terme de sites au Nouveau-Brunswick, et le

Brunswick and the findings are reported here. A total of 25 stands, representing 8 commercially important species, was characterized in terms of biomass and nutrients in the aboveground portions of the forest stands and the chemistry of the organic and mineral horizons under each stand. Stands were selected so that the sites were representative of different productivity classes in New Brunswick. Using the data on biomass and nutrients in the different components of forest stands, the additional quantities of biomass and nutrients removed from sites through whole-tree harvesting were calculated. Species differed with respect to biomass and nutrient contents. The effect of site quality on biomass and nutrient contents differed with species, but differences in age and stand density, and their possible interactions, confounded the site effect in some species. The effect of whole-tree harvesting on site productivity is discussed, emphasizing possible losses in soil fertility and the potential for increased soil acidification. The need for more site-specific information is stressed.

présent rapport expose les résultats de cette étude. Au total, 25 peuplements représentant 8 espèces importantes sur le plan commercial ont été caractérisés sous le rapport de la biomasse et des éléments nutritifs dans les portions aériennes des arbres et de la chimie des horizons organiques et minéraux sous chaque peuplement. Les peuplements ont été choisis de telle façon que les sites étaient représentatifs des différentes classes de productivité au Nouveau-Brunswick. Au moyen des données sur la biomasse et les éléments nutritifs dans les différents constituants des peuplements forestiers, on a calculé les quantités additionnelles de biomasse et d'éléments nutritifs éliminées des sites par la récolte d'arbres entiers. Les espèces différaient au chapitre de la teneur en biomasse et en éléments nutritifs. L'effet de la qualité stationnelle sur les concentrations de biomasse et d'éléments nutritifs différait selon l'espèce, mais les différences d'âge et de densité du peuplement et leurs éventuelles interactions ont faussé l'effet du site à propos de certaines espèces. L'incidence de la récolte d'arbres entiers sur la productivité des sites est analysée notamment au chapitre des baisses éventuelles de fertilité du sol et du potentiel d'accroissement d'acidification du sol. Les auteurs insistent sur le besoin de données plus spécifiques aux sites.

317. McCAUGHEY, J.H. 1987. Energy balance measurement system for climatic studies of hybrid willow energy plantations in Newfoundland. Pages 96-100 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

The system consists of the Reversing Temperature Difference Measurement System (RTDMS) for the Bowen ratio and associated sensors for net radiation, soil heat flux and heat storage measurements in the canopy. A data system collects the data and controls the reversal frequency in the RTDMS. Software has been developed to solve the radiation and energy balances of the canopy. Field testing was completed in 1985 and the first operational work done at a site at Glenwood in 1986.

Il s'agit du système de mesure de la différence de température inverse (RTDMS), pour le rapport Bowen, et de détecteurs associés pour le rayonnement net, le flux thermique dans le sol et la mesure du stockage d'énergie dans la voûte des arbres. Un système recueille les données et règle la fréquence d'inversion du RTDMS. On a mis au point un logiciel qui résout les bilans de rayonnement et d'énergie de la voûte. Les essais sur place ont été achevés en 1985 et les premiers travaux concrets ont eu lieu sur un terrain à Glenwood en 1986.

318. McCAUGHEY, J.H. 1988. Construction of an energy balance measurement system. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-172. 20 p.

The RTDMS has been designed for field installation and use. For this reason it can be installed in relatively remote areas with a minimum of tools. Small adjustments of the sheaves on the carts upon installation is suggested as the only mechanical maintenance necessary. Of course, regular servicing of the wet-bulb sensor and batteries necessitates regular visits to the site.

Le système de mesure de la différence de température inverse (RTDMS) a été conçu pour être installé et utilisé sur le terrain. C'est pourquoi on peut l'installer dans un endroit relativement éloigné avec très peu d'outils. De petits réglages aux poulies du chariot sont recommandés à l'installation. C'est la seule mesure d'entretien mécanique nécessaire. Bien entendu, l'entretien régulier du capteur de température du thermomètre mouillé et des piles exige des visites régulières de l'emplacement.

319. McCAUGHEY, J.H.; POND, B.A. 1985. User's manual for reversing temperature difference measurement system: Data analysis software for the DIGITAL Rainbow-100 microcomputer. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-172. 58 p.

Background notes are given on radiation balance, on energy balance, on estimation of C and Qs and on reversing temperature difference measurement system (RTDMS). The data analysis software is presented, and the RTDMS data preparation and analysis programs are documented.

Des notes de base sont fournies sur le bilan radiatif, le bilan énergétique, l'estimation de C et de Qs ainsi que sur le système de mesure de la différence de température inverse (RTDMS). Le logiciel d'analyse des données est présenté, et des renseignements sont donnés sur les programmes de préparation et d'analyse des données du dispositif.

320. McCAUGHEY, J.H.; ROBERTSON, A.; FRENCH, C. 1989. Energy balance studies of an experimental *Salix* plantation and forest cutover in Newfoundland. Pages 161-164 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

The forests of Newfoundland are in a climatically sensitive region such that disturbance by exploitation and forest fires can lead to site degradation, whereby vast areas can be rendered into scrub forest. Restoring these regions to productive forests is a difficult undertaking. Even if the forest is not degraded, *sensu stricto*, the typical productivity of boreal forest in this region is far below what can be achieved through intensive silviculture. Regardless of silvicultural options, there is a need for prediction of the theoretical maximum productivity of specific sites before any consideration can be given to management investments. Since energy is the basis of all life, it follows that assessing the partitioning of energy into various components such as sensible heat, soil heat, evapotranspiration, and most

Les forêts terre-neuviennes sont situées dans une région sensible au climat, si bien que toute perturbation due à l'exploitation et aux feux de forêt peut entraîner une dégradation transformant de vastes étendues en forêt sèche basse. Il est ensuite difficile de restaurer ces régions pour les rendre de nouveau productives. Même si la forêt n'est pas dégradée au sens strict, la productivité typique de la forêt boréale dans cette région est loin de celle que l'on peut obtenir grâce à des pratiques de silviculture intensive. Quelles que soient les options sylvicoles, il est nécessaire de prévoir la productivité théorique maximale de sites spécifiques avant d'envisager d'investir dans la gestion. L'énergie étant la source de toute forme de vie, le fait d'évaluer la répartition de l'énergie dans ses différents éléments, à savoir la chaleur sensible, la chaleur du sol, l'évapotranspiration, et surtout, le stockage dans la biomasse, permettra de mieux déterminer la production potentielle de la forêt.

important of all, storage in biomass, will give a better appreciation of potential forest production.

Results of a study on the energy balance and other climatic processes of an experimental energy plantation and a forest cutover in Newfoundland are summarized.

On résume les résultats d'une étude portant sur le bilan énergétique et sur les processus climatiques dans une plantation expérimentale et dans une zone coupée à blanc à Terre-Neuve.

- 321 McDANIELS, T.L. 1982. Forest biomass energy in British Columbia: Opportunities, impacts and constraints. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-226. 154 p.

Forest biomass has strong potential as an economically viable energy source in British Columbia. Development of this potential would pose no severe problems for the resource management system. Large positive impacts could be expected upon the forestry industry, regional economic conditions and environmental conditions. At present, a range of institutional factors constrain the realization of this potential; a variety of incentive measures and recommendations are provided to eliminate these constraints.

La biomasse forestière comporte un potentiel élevé en tant que source d'énergie économiquement viable en Colombie-Britannique. Le développement de ce potentiel ne poserait pas de problème sérieux pour le système de gestion des ressources. On pourrait s'attendre à des incidences en grande partie positives sur l'industrie forestière, les conditions économiques régionales, et les conditions environnementales. À présent, une série de facteurs d'ordre institutionnel gênent la réalisation de ce potentiel; diverses mesures de stimulation ainsi que des recommandations sont proposées afin d'éliminer ces contraintes.

322. McKENNY, D.J.; VRIESACKER, J.R.; CHATARPAUL, L. 1984. Denitrification in some northern Ontario forest soils. Pages 111-114 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Denitrification in soil and peat under post-fire black spruce stands, representing a range of site and age classes, located in the Kapuskasing area of northern Ontario was investigated. On-site emissions of N_2O on two occasions under different moisture regimes were extremely low (≤ 0.2 $ng/m^2/s$) or undetectable. In the laboratory, a gas-flow system was used to obtain kinetic data for NO_3^- loss, NO_2^- production and decay, and net rates of NO and N_2O production. The results indicate potentially significant denitrifier activity.

On a étudié la dénitrification de sols et de tourbes de peuplements incendiés d'épinettes noires, représentant une large gamme d'emplacements et de classes d'âge, de la région de Kapuskasing (nord de l'Ontario). Les émissions N_2O se sont avérées, à deux occasions et dans des conditions d'humidité différentes, extrêmement faibles ($\leq 0,2$ $ng/m^2/s$) ou indétectables. Un montage de mesure du débit gazeux a été utilisé en laboratoire pour obtenir des données dynamiques sur la perte de NO_3^- , la production et la dégradation du NO_2^- et les taux de production nets de NO et N_2O . Les résultats indiquent l'existence d'une dénitrification qui pourrait être appréciable.

323. MOORE, J.P.; MEADES, W.J. 1988. Calibration of the FORCYTE growth model in western Newfoundland. Pages 155-159 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Data have been collected to assist in the calibration of the FORCYTE growth simulation model for balsam fir in western Newfoundland. The Distance Method of sampling was utilized to obtain forest stand biomass and density data. Six age classes were selected for study over three site quality classes.

On a recueilli des données afin d'aider à étalonner le modèle FORCYTE de simulation de la croissance, en ce qui concerne le sapin baumier, dans l'ouest de Terre-Neuve. On a utilisé la méthode d'échantillonnage axée sur la distance pour obtenir des données sur la densité et la biomasse des peuplements forestiers. L'étude a porté sur six classes d'âge en fonction de trois types de qualité de terrain.

324. MORRISON, I.K.; WICKWARE, G.M. 1989. Conservative soil management for intensively managed conifer plantations. Pages 233-236 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

In response to increasing demands for wood fibre, Canadian foresters have been actively seeking to increase tree growth rates by developing and implementing more intensive soil management practices. At the same time as there is increased demand for biomass for traditional products, there are prospects that even greater quantities could be removed for the production of energy. This raises questions concerning the drain of nutrients from some sites in harvested products; this drain may be of sufficient magnitude to lead to diminished future site productivity. Jack pine is a principal tree species of northern Ontario and is commonly associated with coarse, glaciofluvial sands of low fertility. Fertilizer trials in unmanaged or extensively managed stands have shown that growth in such situations is commonly limited by a lack of N with, in some instances, secondary deficiencies of P or K, as well. This suggests that, under more intensive harvesting regimes, deficiencies of nutrients could occur in future crops. In our study, we examined the nutrition of young jack pine plantations. In particular, we studied tree foliage for indications of nutrient deficiencies.

Pour répondre aux demandes croissantes de fibres de bois, les forestiers canadiens cherchent activement à accélérer la croissance des arbres en élaborant et en mettant en application des pratiques de gestion du sol plus intensives. En même temps, comme la demande de biomasse destinée à des produits traditionnels s'accroît de plus en plus, on envisage de récolter des quantités plus importantes pour la production d'énergie. Ceci soulève des questions au sujet du drainage des éléments nutritifs dans les produits récoltés sur certains sites, drainage qui pourrait entraîner une diminution de la productivité future du site. Le pin gris est la principale essence du nord de l'Ontario et on le retrouve couramment sur des sables glacio-fluviens grossiers peu fertiles. Des essais portant sur des engrais, réalisés dans des plantations non aménagées ou soumises à un aménagement intensif, ont montré que dans de telles circonstances, la croissance est couramment limitée par un manque d'azote accompagné, dans certains cas, de carences en phosphore ou en potassium. Ceci montre que dans des conditions de récolte plus intensives, la récolte suivante pourrait être touchée par des carences en éléments nutritifs. Dans notre étude, nous avons analysé la nutrition des plantations de jeunes pins gris. Nous avons en particulier analysé le feuillage des arbres pour y déceler des carences en éléments nutritifs.

325. NORMAND, P.; LALONDE, M. 1982. Evaluation of *Frankia* strains isolated from provenances of two *Alnus* species. Can. J. Microbiol. 28:1133-1142.

Using the OsO₄ isolation method, more than 200 *Frankia* strains were obtained from 27 provenances of the two alder

Plus de 200 souches de *Frankia* ont été obtenues à partir de 27 provenances des deux espèces d'aulne (*Alnus crispa* [Ait.] Pursh. et *Alnus rugosa* [Du

species represented in Quebec, i.e., *Alnus crispa* (Ait.) Pursh. and *Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng. The *Frankia* isolates were evaluated for morphological characteristics, infectivity and efficiency. Variations in these factors were noted between provenances and also between isolates from a single provenance. The distribution of sporulating (Sp⁺) and nonsporulating (Sp⁻) type isolates was found to be related to host plants and provenance. The sporulating or nonsporulating endophytic character was found to affect efficiency significantly. This endophytic character was recognized as one of the valid criteria that should be used in the awaited species definition in the genus *Frankia*.

Roi] Spreng.) indigènes au Québec, grâce à l'utilisation de la méthode d'isolement au OsO₄. L'évaluation de ces souches a été basée sur les caractéristiques morphologiques, l'infectivité et l'efficacité. Ces facteurs varient entre les souches d'une provenance et entre les provenances. La distribution des souches de type sporulant (Sp⁺) et non-sporulant (Sp⁻) est reliée aux plantes-hôtes et aux provenances. Le caractère sporulant ou non-sporulant de l'endophyte est relié à une différence d'efficacité. Ce caractère de l'endophyte est reconnu comme un des critères valides à utiliser dans la définition attendue des espèces du genre *Frankia*.

326. NORMAND, P.; LALONDE, M.; FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L. 1984. The isolation, characterization and evaluation of *Frankia* strains. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-30. 28 p. + app.

Osmium tetroxide (OsO₄) was used as the sterilizing agent to isolate the nitrogen-fixing endophyte *Frankia* from nodules of host plants. This treatment resulted in a pure culture collection of 250 *Frankia* isolates from several species of *Alnus* (*crispa*, *rugosa*, *viridis*, *glutinosa* and *serrulata*) and from other actinorhizal species from Quebec (*Myrica gale* and *Shepherdia canadensis*). *Frankia* isolates from *A. viridis* and *S. canadensis* are reported here for the first time.

Sugars from whole-cell hydrolysates of the organisms were analyzed by gas liquid chromatography (GLC) to identify strains previously screened on the basis of morphology and infectivity. This technique proved especially useful for isolates

whose morphology was atypical. It was demonstrated that sugar analysis can be important in resolving the taxonomy of *Frankia*.

The nitrogen-fixing efficiency of some *Frankia* strains was evaluated by inoculating *A. crispa*. It was found that the efficiency of organisms was not influenced by the host from which they were first isolated. However, significant differences between some isolates of the same provenance occurred. It was also found that strains of *Frankia* which do not sporulate were more effective in fixing nitrogen than those which do. It is proposed that the terms 'Type P' and 'Type N' be used to designate spore positive (Sp⁺) and spore negative (Sp⁻) *Frankia* strains, respectively. Further, it is recommended that 'sporulation type' be used as a valid basis for species definition in the genus *Frankia*.

Voir 327 pour le français.

327. NORMAND, P.; LALONDE, M.; FORTIN, J.A.; CHATARPAUL, L. 1985. Isolement, caractérisation et évaluation des souches *Frankia*. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. nat. de Petawawa. Rapp. d'info. PI-X-30F. 46 p. + ann.

Le tetroxyde d'osmium a servi de stérilisant pour l'isolement de *Frankia*,

endophyte fixateur de l'azote dans les nodules de plantes hôtes. On a ainsi obtenu 250 isolats en

culture pure à partir de plusieurs *Alnus* (*A. crispa*, *A. rugosa*, *A. viridis*, *A. glutinosa* et *A. serrulata*) ainsi que d'autres espèces actinorhiziennes du Québec (*Myrica gale* et *Shepherdia canadensis*). C'est la première fois que de tels isolats sont signalés chez *A. viridis* et *S. canadensis*.

Les sucres de l'hydrolysate de cellules entières des organismes ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse afin d'identifier de façon positive les souches préalablement sélectionnées d'après leur morphologie et leur infectivité. Cette technique s'est révélée particulièrement utile dans le cas des isolats dont la

morphologie était atypique. De plus, l'analyse des sucres peut grandement aider à déterminer la taxonomie de *Frankia*.

La capacité à fixer l'azote de certaines souches *Frankia* a été mesurée après leur inoculation sur *A. crispa*. On a constaté qu'elle ne dépendait pas de l'hôte dont les organismes avaient d'abord été isolés. Toutefois, certains isolats de même origine différaient grandement sur ce point, et les souches *Frankia* qui ne sporulaient pas fixaient mieux l'azote que les autres. Il est proposé de désigner par 'type P' et 'type N' les souches *Frankia* à sporulation positive et négative respectivement, et il est recommandé que le type de sporulation serve à la définition taxonomique du genre *Frankia*.

See 326 for English.

328. OGAR, G.E.; HUBBES, M. 1980. Nutrient uptake and biomass accumulation in an intensively cultured *Populus robusta* (DN 17) 1. Nitrogen and phosphorus evaluation. Pages 251-254 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Nutrient uptake and biomass accumulation for *Populus robusta* (DN 17) was studied over two growing seasons. Spacings varying from 0.3 m to 3.0 m and three levels of fertilizer treatments, N_0K_0 , $N_{200}K_{100}$ and $N_{600}K_{300}$ were used as treatment factors.

Results showed strong linear relation between biomass/ha and spacing. The initial dosage of $N_{200}K_{100}$ induced optimal or near-optimal response of the poplar clone. Application of stepwise regression model to foliar biomass/nutrient analysis proved that Ca and N are the elements which can be used to predict foliar biomass. Phosphorus produced a negative growth effect.

On a étudié l'absorption d'éléments nutritifs et l'accumulation de biomasse par des peuplements de *Populus robusta* (DN 17) pendant deux saisons de croissance. Les espacements des plants étaient de 0,3 à 3,0 m et on a considéré trois niveaux de fertilisation : N_0K_0 , $N_{200}K_{100}$ et $N_{600}K_{300}$.

Les résultats montrent une forte relation linéaire entre la biomasse/ha et l'espacement. La dose initiale d'engrais de $N_{200}K_{100}$ a induit une réponse optimale ou quasi-optimale du clone. L'utilisation d'un modèle de régression en échelons pour l'analyse du rapport biomasse foliaire/éléments nutritifs a montré que Ca et N sont les éléments utilisables pour prévoir la biomasse foliaire. Le phosphore exerçait un effet négatif sur la croissance.

329. PETERSON, E.B. 1989. Applicability of FORCYTE-11 to concerns identified by Boreal mixedwood managers in 1988. For. Can., Nor. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-353. 28 p.

For only one of 16 identified concerns (need to define mixedwood management regimes) was FORCYTE-11 judged to

On a estimé que le modèle FORCYTE-11 s'appliquait très bien, actuellement et éventuellement, à un seul des 16 motifs déterminés

have high applicability both presently and potentially. For three concerns (difficulty of white spruce regeneration, uncertain ecological effects of site preparation equipment and inadequate use of existing information) applicability of the model was considered to be medium, now and in the future. There were three concerns (competition from shrubs and grasses, restrictions to herbicide use and integration of softwood and hardwood harvests) with presently low but potentially medium applicability. Presently low but potentially high application of FORCYTE-11 included six concerns. FORCYTE-11 was considered to have no present or foreseeable application for three identified concerns.

de préoccupation (nécessité de définir les régimes d'aménagement des peuplements mélangés). Pour trois motifs (régénération difficile de l'épinette blanche, effets écologiques incertains du matériel de préparation du sol, mauvaise utilisation des renseignements disponibles), on a considéré que le degré d'application du modèle était mitigé, actuellement et dans l'avenir. Trois autres motifs (concurrence des arbrisseaux et des graminées, restrictions à l'utilisation des herbicides, intégration des récoltes de bois de résineux et de feuillus) présentent actuellement peu de possibilités d'application, mais ces possibilités sont moyennes dans l'avenir. Six motifs trouvent actuellement peu d'applications, mais ils pourraient en trouver beaucoup dans l'avenir. Enfin, pour trois motifs, on considère que le modèle ne trouve actuellement et dans un avenir prévisible aucune possibilité d'application.

330. PETERSON, E.B.; APPS, M.J. 1989. Do ecosystem models such as FORCYTE-11 have a role in boreal mixedwood management? Pages 181-185 *in* E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

Current management concerns for boreal mixedwood ecosystems were taken as the points of focus for evaluation of FORCYTE-11. Applicability of FORCYTE-11 to the identified management concerns was judged from two vantage points: present applications and possible future applications. These assessments were based on professional knowledge of the modelling framework, tempered by judgements about how the model could find new applications in a setting where technical factors such as utilization, economics and climate, and social factors such as professional opinions and public perceptions are rapidly changing. For only one of 16 identified concerns - need to define mixedwood management regimes - was FORCYTE-11 judged to have high applicability both presently and potentially. For three concerns (difficulty of white spruce regeneration, uncertain ecological effects of site preparation equipment and inadequate use of existing information), applicability of the model was considered to be medium, now and in the future. There

Les questions épineuses actuelles relatives à l'aménagement des écosystèmes boréaux mélangés ont été choisies comme points de mire pour l'évaluation du FORCYTE-11. L'applicabilité du FORCYTE-11 aux questions d'aménagement identifiées a été jugée à partir de deux points de vue : les applications actuelles et les applications futures possibles. Ces évaluations étaient basées sur une connaissance professionnelle du cadre de modélisation, modérée par des jugements sur la façon dont le modèle pourrait trouver de nouvelles applications dans un cadre où les facteurs techniques liés à l'utilisation, à l'économie et au climat, et les facteurs sociaux comme les opinions des professionnels et les perceptions du public, changent rapidement. Dans le cas d'un seul des seize problèmes - la nécessité de définir les régimes d'aménagement des forêts mélangées, on a jugé que le FORCYTE-11 était hautement applicable à la fois actuellement et potentiellement. Dans le cas de trois des problèmes (difficulté de régénérer l'épinette blanche, incertitude quant aux effets écologiques de l'équipement de préparation des sites et utilisation inadéquate de l'information existante) on a considéré que l'applicabilité du modèle était moyenne, actuellement et pour l'avenir. Dans trois autres cas (compétition des arbrisseaux et des

were three concerns with presently low but potentially medium applicability (competition from shrubs and grasses, restrictions to herbicide use, and integration of softwood and hardwood harvests). Concerns with presently low but potentially high application of FORCYTE-11 included: need to refine allowable annual cut calculations; nutrition management in boreal mixedwood ecosystems; energy production from mixedwood biomass; need for research to increase mixedwood productivity; development of short-rotation forestry; and the need to work with longer time horizons in forest planning. FORCYTE-11 was considered to have no present or foreseeable application for three identified concerns: management and use of decayed aspen; need for better inventory data for boreal hardwoods and understorey conifers; and the current lack of biophysical data at the scale at which operational decisions are made.

graminées, restrictions imposées à l'utilisation des pesticides et intégration des récoltes de conifères et de feuillus), l'applicabilité s'est révélée faible pour le moment, mais potentiellement moyenne pour l'avenir. Parmi les problèmes pour lesquels l'applicabilité du FORCYTE-11 est actuellement faible, mais potentiellement élevée pour l'avenir, on compte les suivants : besoin de raffiner les calculs des coupes annuelles permises; gestion nutritionnelle dans les écosystèmes boréaux de forêts mélangées; production d'énergie à partir de la biomasse provenant de forêts mélangées; besoin d'effectuer des recherches pour accroître la productivité des forêts de bois mélangés; mise au point de méthodes de foresterie avec rotations courtes; et besoin de travailler avec des horizons plus longs dans la planification des forêts. On a considéré que le FORCYTE-11 n'était pas applicable actuellement ni dans un avenir prévisible dans le cas des trois problèmes suivants : gestion et utilisation du tremble pourri; besoin de données d'inventaires meilleures pour les feuillus boréaux et pour les conifères de sous-étages; et manque de données biophysiques au niveau où sont prises les décisions opérationnelles.

- 331 PETERSON, E.B.; CHAN, Y.-H. 1989. A nominal dataset for the FORCYTE-11 modelling framework for aspen ecosystems in Alberta, Canada. For. Can., Nor. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-314. 105 p. + app.

This report contains a sample graphical output from the TREGROW program of FORCYTE-11 and the results of several sensitivity analyses. In the authors' opinion, uses of FORCYTE-11 for purposes other than as a research tool are limited because the model is sufficiently complex to be intimidating to all except those whose primary interest is ecosystem modelling. For those who master its complexity, a remaining limitation is the model's high data demands. In addition, for many forest ecosystems there are poor data for input parameters to which FORCYTE-11 is sensitive. For aspen-dominated ecosystems, examples of the latter include foliage and root biomass over a range of stand ages, and all aspects of biomass and nutrient dynamics in the first 10 years of development in stands of sucker origin.

Le rapport comporte un spécimen de résultats graphiques du programme TREGROW du modèle FORCYTE-11 ainsi que les résultats de plusieurs analyses de la sensibilité. D'après l'auteur, l'emploi du modèle FORCYTE-11 à d'autres fins que la recherche est limité parce que le modèle est suffisamment complexe pour intimider tous ceux dont l'intérêt principal n'est pas la modélisation des écosystèmes. Ceux qui maîtrisent le modèle, malgré sa complexité, butent sur un autre obstacle : le modèle exige beaucoup de données. En outre, sur de nombreux écosystèmes forestiers on possède peu de données pour les paramètres d'entrée auxquels le modèle est sensible. Ainsi, dans les écosystèmes dominés par le peuplier, des exemples de ce type de paramètres sont la biomasse foliaire et la biomasse racinaire sur toute une gamme d'âges du peuplement ainsi que tous les aspects de la dynamique de la biomasse et des éléments nutritifs au cours des 10 premières années de croissance des peuplements qui proviennent de drageons.

332. PETERSON, E.B.; CHAN, Y.-H.; PETERSON, N.M.; KABZEMS, R.D.; KIMMINS, J.P. 1988. Calibration of FORCYTE-11 growth simulation model for aspen ecosystems in Alberta, Canada. Pages 151-154 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

This project reviewed literature on nutrient cycling in aspen and used nutrient data from two Alberta field study sites to calibrate the FORCYTE-11 model. The model was tested for sensitivity to changes in several kinds of data input. The output variables selected for use as an indicator of model sensitivity included biomass and increment variables of several biomass components. The sensitivity analyses provided insights into the range of variation and the time spans over which FORCYTE-11 could be used as an ecosystem based forest management simulator.

Ce projet examine la documentation sur la circulation des éléments nutritifs dans le tremble et utilise des données recueillies par deux études régionales en Alberta afin d'étalonner le modèle FORCYTE-11. On a vérifié la sensibilité du modèle à divers changements de données. Les variables choisies en vue de cette vérification englobent la biomasse et la biomasse des différents éléments. Les analyses de sensibilités fournissent des indications sur la gamme de variations et les périodes de temps auxquelles FORCYTE-11 se prête comme simulateur de gestion forestière axé sur les écosystèmes.

333. PETERSON, E.B.; PETERSON, N.M.; KABZEMS, R.D. 1982. Impact of climatic variation on biomass accumulation in the Boreal forest zone: Selected references. Pages 129-137 *in* Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The large amount of literature on relationships between climatic parameters and growth rates of boreal tree species has been selectively reviewed and organized into the following indexing categories: biomass of boreal vegetation; climate of boreal zone; climate/growth relationships in boreal zone; climatic change in boreal zone; climatic variation within boreal zone; growing season of boreal zone; growth and yield of boreal tree species; and treeline studies. This review will result in an annotated bibliography of approximately 300 references, with an accompanying synthesis of documented relationships between climatic parameters and measures of boreal forest biomass.

L'abondante documentation consacrée aux rapports entre les paramètres climatiques et les taux de croissance des espèces forestières en zone boréale a été étudiée, triée et classée en catégories : biomasse de la végétation boréale; climat de la zone boréale; rapport climat/croissance en zone boréale; variations climatiques de la zone boréale; différences climatiques à l'intérieur de la zone boréale; saison de croissance en zone boréale; croissance et rendement des espèces d'arbres en zone boréale; études sur la limite de boisement. Une bibliographie annotée d'environ 300 titres, accompagnée d'une synthèse des rapports documentés entre les paramètres climatiques et les mesures de la biomasse forestière boréale, a été établie.

334. PETERSON, E.B.; PETERSON, N.M.; KABZEMS, R.D. 1983. Impact of climatic variation on biomass accumulation in the Boreal forest zone: Selected references. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Info. Rep. NOR-X-254. 355 p.

The literature on relationships between climatic variables and growth rates of boreal tree species was reviewed from sources in North America, the U.S.S.R. and the Scandinavian countries, with emphasis on information from Canada. An annotated bibliography of 329 references, covering references up to the end of 1981, provides background information for a synthesis of climatic factors or processes that influence boreal biomass accumulation rates, influence of boreal biomass burning on atmospheric carbon dioxide levels, boreal climate-biomass relationships and knowledge gaps.

Factors that influence growth rates of boreal tree species were grouped into those causing an increase in net primary productivity and those causing a decrease in productivity. Among the climatic factors, temperature-related variables exert more obvious controls over primary productivity in boreal forest ecosystems than do moisture-related variables. Forest productivity changes induced by climatic variation may be masked by the growth-controlling influences of topography (aspect), soil moisture and nutrients, ecological succession and forest fire history. Among the many knowledge gaps pertaining to climate/biomass relationships, those of fundamental importance center around the linkages between fluctuating atmospheric circulation patterns and climatic conditions at regional and local levels.

Une étude bibliographique des relations entre les variables climatiques et la croissance des essences boréales a englobé les publications nord-américaines, soviétiques et scandinaves ainsi que canadienne surtout. La bibliographie annotée compte 329 références allant jusqu'à la fin de 1981 et constitue une documentation de base faisant la synthèse des facteurs et des processus climatiques et non climatiques qui influent sur l'accumulation de la biomasse boréale, de l'influence de la combustion de cette biomasse sur les concentrations de CO₂ atmosphérique, des relations entre la biomasse et le climat boréal et des lacunes de nos connaissances.

Les influences sur la croissance des essences boréales ont été groupées en celles qui favorisent une augmentation nette de la productivité primaire et celles qui la répriment. Parmi les facteurs climatiques, les facteurs thermiques régissent plus visiblement la productivité primaire de l'écosystème forestier boréal que les facteurs liés à l'humidité. Les modifications de la productivité forestière causées par les variations climatiques peuvent être masquées par l'effet de la topographie (exposition), de l'humidité et des éléments nutritifs du sol, de la succession écologique et des incendies antérieurs. Parmi les connaissances qu'il reste encore à acquérir sur le sujet, les plus fondamentales concernent les relations entre les fluctuations de la circulation atmosphérique et les conditions climatiques au niveau régional et local.

335. PIKE, D.B. 1990. Critique of the FORCYTE-11 calibration project in Newfoundland. For. Can., Nfld. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-264. 21 p.

This report documents the history of the regional FORCYTE calibration/evaluation project for balsam fir in western Newfoundland, the problems encountered during this time and the status of model with regards to this region.

From a technical viewpoint, FORCYTE's programming is very weak. The problems and limitations discussed here will

Le document trace l'historique des travaux régionaux d'étalonnage et d'évaluation du modèle FORCYTE, appliqué au sapin baumier de l'ouest de Terre-Neuve, les problèmes auxquels on s'est heurté durant cette période et l'applicabilité du modèle à l'égard de cette région.

La programmation du modèle est très faible, si on se place du point de vue technique. Le document montre les problèmes et les limites qui en

seriously affect the reliability and credibility of the model's predictions. Equally important, it is these factors which will prove to be a deterrent for the potential users of the model once it is officially released. It is felt that further programming and code maintenance should not occur without detailed technical documentation or without completely restructuring the model. Given these problems, it is strongly recommended that this model not be used to make forestry management decisions, at least without properly validating its predictions first. It is suggested that this model be used for research and educational applications only. However, the modelling approach taken by the developers has merit and should be considered if any further modelling initiatives of this nature are planned.

amoindriront gravement la fiabilité et la crédibilité des prédictions. Faits également importants, ce sont ces facteurs qui rebuteront les utilisateurs potentiels quand le modèle sera officiellement mis sur le marché. On estime qu'il est impossible de poursuivre la programmation ou de maintenir le codage sans documentation technique détaillée ni restructuration complète du modèle. Compte tenu de ces problèmes, il est fortement recommandé de ne pas fonder sur le modèle les décisions d'aménagement forestier, du moins sans bien en valider d'abord les prédictions. Il est proposé de n'utiliser le modèle que pour la recherche et la formation. Toutefois, la voie d'approche adoptée par les concepteurs possède des qualités et devrait être prise en considération si on prévoit poursuivre ce type de modélisation.

336. PRAGER, U.; FREEDMAN, B. 1985. Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 3: Ambient bulk deposition, throughfall and stemflow in a variety of forest stands. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-40. 32 p. + app.

Bulk precipitation collected at four locations, and throughfall and stemflow collected under eight different stands in Nova Scotia were analyzed for N, P, K, Ca, Mg, Cl and S. Nitrogen was measured as ammonium N and nitrate N, phosphorus was measured as phosphate P, and sulfur was measured as sulfate S. In all the stands, ammoniacal and nitrate N in the rain were absorbed by the tree canopies. All the other nutrients were leached from tree crowns by the rain. No major differences between the hardwoods and softwoods, in their ability to alter the chemistry of rainwater, were observed. The pH of rainwater was lower than that of throughfall in every case and the reverse was true for stemflow pH.

On a dosé N (ammoniacal et nitrique), P (en tant que phosphates), K, Ca, Mg, Cl et S (en tant que sulfates) des précipitations totales de quatre localités ainsi que de la précipitation au sol et de l'écoulement sur écorce de huit peuplements de la Nouvelle-Écosse. Dans tous les peuplements, l'azote ammoniacal et nitrique de la pluie a été absorbé par le couvert forestier. Tous les autres éléments nutritifs ont été lessivés des cimes par la pluie. On n'a observé aucune différence majeure entre les feuillus et les résineux dans leur capacité de modifier les caractéristiques chimiques de l'eau de pluie. Dans tous les cas, le pH de l'eau de pluie était inférieur à celui des précipitations au sol, et l'inverse était vrai pour le pH de l'écoulement sur écorce.

337. RIDEOUT, P.D. 1988. A guide to the algorithms of FORCYTE-11. Agric. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-361. 20 p. + app.

FORCYTE-11 is an extremely complex model which requires a great amount of

Le modèle FORCYTE-11 est un modèle extrêmement complexe qui exige beaucoup de

background work before actually running on the computer. Sometimes it is necessary to conduct an experiment to obtain the necessary information for the model, as was the case with this study. The user will at least have to turn to the literature or contact other researchers to find the required input data. Once the data is gathered and placed in the data files, running the model is fairly straightforward. Since PROBE was designed, this has been simplified immensely, allowing the user to run many variations of the data set with ease. To be able to feel confident with the results of FORCYTE-11 the user must have a good understanding of their objectives and whether these objectives can be met by the output of the model.

préparatifs avant de pouvoir fonctionner sur ordinateur. Il faut parfois procéder à des expériences pour obtenir les renseignements nécessaires au modèle, comme cela a été le cas pour cette étude. L'utilisateur devra au moins consulter les publications ou s'adresser à d'autres chercheurs pour trouver les données d'entrée exigées. Une fois les données réunies et emmagasinées dans les fichiers, l'exécution du modèle est relativement simple. Celle-ci, depuis la mise au point du progiciel PROBE, est grandement simplifiée et elle autorise, avec facilité, le passage en machine de nombreuses variantes de l'ensemble de données. Pour se sentir à l'aise avec les résultats du modèle, l'utilisateur doit bien comprendre les objectifs de ce dernier et prévoir si ces objectifs peuvent être atteints grâce aux résultats du modèle.

338. SACHS, D. 1990. Evaluation of the benchmark version of FORCYTE-11. For. Can., Pac. For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-374. 8 p.

The FORCYTE-11 model shows enough promise that it should not be abandoned. It is useful as a research tool. Ideally, FORCYTE-11 should be used as part of an overall research program which includes process research, simulation modelling and long-term validation trials. The model is also very useful for demonstrating the principles of forest ecology and nutrient cycling to forest managers in workshop settings. The model may be useful for making broad estimates of long-term changes in carbon balance due to forest management. The eventual utility of FORCYTE-11 as a management tool depends upon availability of well-calibrated data sets for different species. The development and testing of these data sets could take at least another few years, but the work should be done. The public will demand that forest managers carefully consider the impacts of current forestry practices on the long-term productivity of forest lands. Simulation models such as FORCYTE-11 will be necessary for this task.

Suffisamment prometteur, le modèle FORCYTE-11 ne devrait pas être abandonné. Ce moyen utile de recherche devrait idéalement s'insérer dans un programme global de recherche qui comprend l'étude des processus, la simulation par modèles et des essais de validation à long terme. Le modèle est également très utile pour enseigner aux aménagistes, au cours d'ateliers, les principes de l'écologie forestière et du cycle des éléments nutritifs. Il peut également servir à l'estimation générale des modifications à long terme du bilan du carbone imputables à l'aménagement forestier. Son utilité éventuelle à titre de moyen d'aménagement dépend de l'existence d'ensembles de données bien étalonnées, applicables à différentes essences. L'obtention et la vérification de ces ensembles de données pourraient prendre au moins encore quelques années, mais c'est un travail qu'il faudrait faire. Le public exigera des aménagistes qu'ils tiennent soigneusement compte des répercussions des pratiques forestières actuelles sur la productivité à long terme des terrains forestiers. À cette fin, les modèles de simulation tels que le modèle FORCYTE-11 seront nécessaires.

339. SCHUERHOLZ, G.; MCNAMEE, P.; MASSIE, M.R.C. 1988. Estimation of the effect of intensive logging on ungulates (cervids) in the White River drainage. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-303. 35 p.

A generalized ungulate population model was developed to estimate sustainable populations of elk, moose and deer before and after salvage logging of beetle-damaged lodgepole pine in the White River area of the East Kootenays. The ecosystem classification schemes of Krajina (1969) and Utzig *et al.* (1983) were used to describe the biogeoclimatic zones and subzones for the study area as a basis for the discussion of habitat requirements by corresponding cervid species.

Information on current forest cover was obtained from the digitized 1:20 000 British Columbia forest cover maps. The data were analyzed and related to snow classes and range-specific productivity values. Biological and ecological baseline data on cervid species were taken from the literature and incorporated into the ungulate population model. Sustainable populations were calculated by species for different snow classes. On the basis of the results, habitat use patterns, calf-female ratios, and population densities in response to changing forest cover and environment are discussed. A brief history of ungulate management in the East Kootenays in relation to forest management is also presented. The results show that salvage logging in the East Kootenays will enhance winter ranges for elk, deer and moose significantly.

Les auteurs présentent un modèle généralisé des populations d'ongulés construit afin d'estimer les populations de wapitis, d'orignaux et de cerfs que peut supporter le secteur de la rivière White de la région des East Kootenays avant et après une coupe de récupération des pins tordus atteints par des coléoptères. Ils ont utilisé les classifications de Krajina (1969) et d'Utzig et collaborateurs (1983) pour établir les caractéristiques des zones et sous-zones biogéoclimatiques du secteur étudié et ont analysé les besoins des espèces correspondantes de cervidés en matière d'habitat à la lumière de ces caractéristiques.

L'information sur le couvert forestier actuel a été tirée de cartes numérisées au 1/20 000 du couvert forestier de la Colombie-Britannique. Les données ont été analysées, et des correspondances ont été établies avec les classes d'enneigement et les indices de productivité d'emplacements particuliers. Des données biologiques et écologiques de base sur les cervidés contenues dans la documentation ont été intégrées dans le modèle. Les capacités d'hébergement ont été calculées pour chaque espèce pour différentes classes d'enneigement. Les auteurs analysent les résultats en ce qui concerne les caractéristiques d'utilisation des habitats, les rapports jeunes-femelle, la densité des populations et l'influence de modifications du couvert forestier et de l'environnement. Ils présentent également un bref historique des efforts de gestion des ongulés en rapport avec l'aménagement des forêts dans les East Kootenays. Les résultats indiquent que la coupe de récupération améliorera de façon importante les aires hivernales d'habitat des wapitis, des cerfs et des orignaux.

340. SIMMS, D.A.; HUTCHINSON, P.J.; LICHT, L.E. 1982. Impact potentials of forest biomass production on reptile and amphibian populations of southern Ontario and Quebec. Pages 373-377 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

A systematic study approach based primarily on land unit support capabilities has been developed to determine potential impacts of forest biomass production on

Une méthode systématique, basée essentiellement sur les possibilités de soutien de la faune par unité de surface, a été mise au point pour définir les effets possibles de l'exploitation de la biomasse

reptile and amphibian populations. The study reviews existing and projected forest biomass programs, but emphasizes potential developments over projected developments. Emphasis is directed towards reptile species considered sensitive to disturbances likely to result from biomass programs and considers three critical life-cycle stages: breeding and rearing habitat, post-breeding habitat and overwintering habitat.

forestière sur les reptiles et la faune amphibie. L'étude analyse les programmes de biomasse forestière actuels et prévus, mais elle met l'accent sur les développements potentiels plutôt que sur les développements projetés. L'étude est plus particulièrement axée sur les espèces de reptiles qui paraissent plus sensibles aux dérangements qu'entraînerait probablement l'exploitation de la biomasse. Elle porte sur les trois phases critiques du cycle de vie : l'habitat de reproduction et d'élevage, l'habitat post-reproduction et l'habitat d'hivernation.

341. SIMON, M.; ZSUFFA, L.; BURGESS, D.(M). 1990. Variation in N, P and K status, and N efficiency in some North American willows. *Can. J. For. Res.* 20:1888-1893.

Differences in N, P and K status and N efficiency of some North American willow species and their clones were observed and evaluated. *Salix eriocephala* Michx., *S. lucida* Muhl. and *S. exigua* Nutt., represented by five clones each, were raised from cuttings in potted loamy sand for 113 days. Plants were subjected to three levels of fertilization (equivalent to 125, 250 or 500 kg N/ha) applied at exponential rates of addition (0.06, 0.071 and 0.082, respectively), using complete nutrient solutions and were compared with control plants (no fertilizer added). The experiment showed that nutrient concentration and nutrient uptake in the plants depended not only on treatments but also on species and clones. Thus, species and clones that removed smaller amounts of nutrients per unit of biomass could be selected. Species had a larger effect than clones on nutrient concentration and content. Total nutrient content, at the same treatment level, depended primarily on biomass production. Significant variation existed among species and clones in the ratio of biomass/total N. *Salix eriocephala* (the best species) produced 35.1% more than other species, and the best experimental clones within species produced 27.8-41.6% more stem per unit of N than the poorest clones.

Des différences dans les statuts en N, P et K et l'efficacité de N ont été observées et évaluées dans quelques espèces (et leurs clones) de saules d'Amérique du Nord. *Salix eriocephala* Michx., *S. lucida* Muhl. et *S. exigua* Nutt., représentés par cinq clones chacun, ont été cultivés en pots à partir de boutures pour une période de 113 jours. Les plants ont été soumis à trois niveaux de fertilisation (équivalent à 125, 250 ou 500 kg N/ha) appliqués à des taux exponentiels d'ajout (0,06, 0,071 et 0,082 respectivement) en utilisant des solutions nutritives complètes, et ont été comparés à des plants témoins (sans ajout de fertilisant). L'expérience a montré que les concentrations d'éléments et les prélèvements d'éléments dans les plantes ne dépendaient pas seulement des traitements mais aussi des espèces et des clones. Les espèces et les clones pourraient donc être sélectionnés sur la base des plus petites quantités prélevées par unité de biomasse. Les espèces ont eu un effet plus grand que les clones quant à la concentration et le contenu en éléments nutritifs. Le contenu total en éléments nutritifs, pour un même niveau de traitement, a été fonction principalement de la production de biomasse. Des variations significatives ont été observées entre les espèces et les clones dans le ratio biomasse/N total. *Salix eriocephala* (la meilleure espèce) a produit 35,1 % plus que les autres espèces et les meilleurs clones ont produit entre 27,8 et 41,6 % plus de tige par unité de N que les clones les moins performants.

342. STANDISH, J.T.; COMMANDEUR, P.R.; SMITH, R.B. 1988. Impacts of forest harvesting on physical properties of soils with reference to increased biomass recovery. A review. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Info. Rep. BC-X-301. 24 p.

Research on impacts of forest harvesting on soils has shown that some operations are causing significantly reduced productivity for future crops. Additional stress on soils that may result from increasing wood recovery beyond the 'close utilization' level is thus a matter for serious concern. The nature of operations directed toward increased wood recovery from cutovers is reviewed briefly. Literature dealing with physical soil impacts of forest harvesting and the subsequent effects on tree growth, particularly material published since 1970, is summarized, and the relevance of research results to increased biomass harvesting in British Columbia assessed. Additional wood recovery would involve mainly stemwood. Such recovery would be achieved primarily by conventional systems. Any increased physical soil impacts will likely result from an increase in traffic on existing roads and trails or a requirement for extra roads and trails to enable yarding of relatively small logs. As indicated by studies on stump extraction operations aimed at root disease control, recovery of stumps and root systems would result in considerable additional soil disruption and a requirement for some nonconventional logging techniques.

Les recherches réalisées sur les effets des méthodes d'exploitation forestière sur les sols ont démontré que certaines méthodes provoquent une baisse significative de productivité des récoltes suivantes. Le stress supplémentaire imposé au sol si l'on pousse le taux de recru au-delà du seuil « d'utilisation intensive » devient alors un sujet inquiétant. L'auteur passe brièvement en revue les opérations destinées à accroître le recru sur les coupes rases. Il récapitule la bibliographie, surtout à partir de 1970, traitant des incidences physiques des méthodes d'exploitation sur le sol et sur la croissance subséquente des arbres, et évalue la pertinence des résultats pour l'accroissement de la production de biomasse en Colombie-Britannique. Le recru forestier supplémentaire consisterait surtout en bois de fût et serait obtenu essentiellement par les méthodes classiques. Les effets physiques éventuels sur le sol seraient liés à l'intensification de la circulation sur les routes et chemins forestiers ou à la construction de nouveaux chemins pour le débusquage de billes relativement petites. Comme le montrent les études sur les opérations de dessouchage destinées à combattre les maladies racinaires, le dessouchage systématique augmenterait le dérangement du sol et exigerait l'utilisation de techniques d'exploitation forestière non conventionnelles.

343. TAESCO CONSULTANTS LTD. 1985. Estimation of the effect of special biomass removal situations on forest wildlife (cervids) in B.C. Taesco Consultant Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-319. 99 p. + app.

A Generalized Ungulate Population Model was developed to estimate sustainable populations of (a) elk, moose and deer before and after salvage of logging beetle-damaged lodgepole pine in the White River area of the East Kootenays, and (b) elk, deer and caribou before and after removal of decadent western red cedar and hemlock in the Meadow Mountain area and the Duncan River

On a construit un modèle général des populations d'ongulés pour estimer les effectifs que l'on pouvait maintenir en équilibre chez les espèces suivantes : a) le wapiti, l'orignal et le cerf, avant et après la coupe de récupération des pins tordus attaqués par les scolytes dans la région de la rivière White, du district régional de Kootenay-Est; b) le wapiti, le cerf et le caribou, avant et après la coupe du thuya occidental et du mélèze occidental décadents de la région du mont Meadow et du bassin de la rivière

watershed of the West Kootenays. Information on current forest cover was obtained from the digitized 1:20 000 British Columbia forest cover maps. The results of the analysis show that modification of forest cover following salvage logging in the East Kootenays will significantly enhance winter ranges for elk, deer and moose, whereas removal of decadent cedar-hemlock in higher elevations of upland forests may, under special circumstances, adversely affect mountain caribou. If cutting is confined to lowlands, no impact is expected. Population densities of elk and deer in the West Kootenay study area are so low, that effects of timber removal on these cervids is considered negligible. Snow is the limiting factor in the West Kootenays.

Duncan, dans le district régional de Kootenay-Ouest. Les renseignements sur la couverture forestière actuelle ont été tirés de cartes numérisées de la couverture forestière de la Colombie-Britannique à l'échelle de 1/20 000. Les résultats de l'analyse montrent que la modification du couvert forestier après la coupe de récupération dans le d.r. de Kootenay-Est améliorera sensiblement les quartiers d'hiver du wapiti, du cerf et de l'original, tandis que la suppression des arbres décadents (thuya et mélèze) dans les parties élevées des forêts de plateau peut, dans certaines circonstances spéciales, nuire au caribou de montagne. Si la coupe est localisée aux basses terres, on ne s'attend à aucune répercussion négative. La densité des effectifs du wapiti et du cerf dans le d.r. de Kootenay-Ouest est si faible que les effets de la coupe du bois chez ces cervidés sont considérés comme négligeables. Dans ce d.r., le facteur limitant est la neige.

344. THE ENVIRONMENTAL APPLICATIONS GROUP LTD.; NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1983. Potential impacts of intensive forest biomass production (plantations) on reptile and amphibian populations of southern Ontario and Quebec. Environ. Can., Can. Wild. Serv., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-226. 170 p. + app.

A methodology for assessing the potential impacts of forest biomass production (primarily hybrid poplar, but also willows and other species) on reptiles and amphibians of the region, based on a system of terrain units, is presented. Areas where hybrid poplar production is most likely to take place are in eastern Ontario and the Niagara area. Maximum planted areas at each location are projected at approximately 20 000 acres by the year 2000. Lands utilized would be mostly class 3-5 agricultural capability lands. Habitats most suited to reptiles and amphibians are those containing abundant wetlands, frequent rocky outcrops, sandy soils and abundant surface debris.

Findings to date suggest that the potential for impacts of intensive forest biomass production (plantations) on reptile and amphibian populations of the region is low, but further efforts are required before any definitive statements can be made.

On présente une méthode d'évaluation des répercussions possibles de la production de biomasse forestière (principalement le peuplier hybride, mais également le saule et d'autres essences) sur les reptiles et les amphibiens de la région, selon un ensemble d'unités de terrain. Les régions les plus susceptibles de servir à la production du peuplier hybride sont l'est de l'Ontario et la péninsule du Niagara. On prévoit que d'ici l'an 2000, la superficie maximale plantée dans chaque région sera d'environ 20 000 acres. Les terres utilisées seraient pour la plupart dans la catégorie 3 à 5 des aptitudes culturelles. Les habitats qui conviennent le mieux aux reptiles et aux amphibiens renferment beaucoup de terres humides, de fréquents affleurements rocheux, des sols sablonneux et une abondance de débris de surface.

Jusqu'à ce jour, les constatations portent à croire que les répercussions potentielles de la production intensive de la biomasse forestière (plantations) sur les effectifs des reptiles et des amphibiens de la région seraient faibles, mais avant de se prononcer

de façon définitive, d'autres travaux sont nécessaires.

345. TREMBLAY, F.M.; LALONDE, M. 1984. Requirements for *in vitro* propagation of seven nitrogen-fixing *Alnus* species. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 3:189-199.

Studies on the *in vitro* propagation of *Alnus crispa*, *A. glutinosa*, *A. incana*, *A. japonica*, *A. rubra*, *A. sinuata* and *A. viridis* indicated interspecific as well as intraspecific variations in their requirements for *in vitro* culture. The WPM and Blaydes media supported, respectively, growth of *A. glutinosa* and *A. crispa* but not that of both species, while the MS medium induced equal or significantly better growth than WPM and Blaydes media for both species. The optimum type and concentration of sugar to be used in the multiplication medium varied with species. Only *A. glutinosa* showed good growth on sucrose while glucose was optimum for all other species but at different concentrations. All species rooted in 3 weeks on half-strength MS medium including 1 μ M IBA. All clones of *A. glutinosa* and *A. rubra* rooted 100%, whereas 'easy-to-root' and 'difficult-to-root' clones were observed in the other species. In the rooting medium, glucose promoted rooting of the 'difficult-to-root' clones better than sucrose. Survival following transfer to an artificial substrate was 100% for all species. Nodulation tests using pure cultures of two *Frankia* strains showed 100% nodulation on all *Alnus* clones.

Alnus crispa, *A. glutinosa*, *A. incana*, *A. japonica*, *A. rubra*, *A. sinuata* et *A. viridis* expriment des variations inter- et intraspécifiques dans leurs besoins, quand ils sont cultivés *in vitro*. Les milieux WPM et de Blaydes conviennent à la croissance d'*A. glutinosa* et d'*A. crispa*, respectivement, mais non des deux essences, tandis que le milieu MS en favorise indifféremment ou sensiblement mieux la croissance. Le type et la concentration optimaux de sucres à utiliser dans le milieu de multiplication varient selon les essences. Seul *A. glutinosa* a bien poussé sur le sucrose, tandis que le glucose était optimal pour toutes les autres essences, mais à des concentrations différentes. Toutes les essences se sont enracinées à trois semaines dans le milieu MS dilué de moitié, additionné de 1 μ M d'acide indolylbutyrique (AIB). Tous les clones d'*A. glutinosa* et d'*A. rubra* se sont enracinés à 100 %, tandis que des clones d'enracinement facile et d'enracinement difficile ont été observés chez les autres espèces. Dans le milieu d'enracinement, le glucose a provoqué, mieux que le sucrose, l'enracinement des clones qui s'enracinent difficilement. La survie après transplantation sur substrat artificiel a été de 100 % chez toutes les essences. Chez tous les clones d'*Alnus*, les essais de formation de nodosités à l'aide de cultures pures de deux souches de *Frankia* ont été positifs.

346. TREMBLAY, F.M.; LALONDE, M. 1984. Tissue culture of nitrogen-fixing *Alnus* and *Betula*. Pages 96-99 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Tissue culture constitutes a valuable tool for physiological and genetical studies of the nitrogen-fixing actinorhizal plants associated with *Frankia*. Studies of the *in vitro* propagation of various clones of *Alnus crispa*, *A. glutinosa*, *A. incana*, *A. japonica*, *A. rubra*, *A. sinuata* and *A. viridis* indicated interspecific as well as

La culture de tissus est un bon moyen d'étudier les caractéristiques physiologiques et génétiques des plantes actinorhiziennes fixatrices d'azote associés à *Frankia*. On a étudié la propagation *in vitro* de divers clones d'*Alnus crispa*, *A. glutinosa*, *A. incana*, *A. japonica*, *A. rubra*, *A. sinuata* et *A. viridis*; les résultats montrent que les besoins nutritifs en culture *in vitro* présentent des variations

intraspecific variations in their requirements for *in vitro* culture. Nodulation tests using pure cultures of *Frankia* strains showed 100% nodulation of all *Alnus* clones. Finally, calluses and liquid cell cultures were obtained and routinely maintained for both *Alnus glutinosa* and *Betula papyrifera*. This is a first step toward the transfer of the 'symbiotic genes' of *Alnus* to *Betula* by protoplasmic fusion.

tant interspécifiques qu'intraspécifiques. Dans les tests effectués avec des cultures pures de souches de *Frankia*, il y a eu formation de nodosités dans 100 % des cas chez tous les clones d'*Alnus*. Enfin, on a réussi à produire des cultures de cals et de cellules en suspension d'*Alnus glutinosa* et de *Betula papyrifera* qu'on a régulièrement repiquées. Il s'agit de la première étape accomplie en vue de transférer les « gènes symbiotiques » d'*Alnus* à *Betula* par fusion protoplasmique.

TREMBLAY, F.M.; NESME, X.; LALONDE, M. 1984. Selection and micropropagation of nodulating and non-nodulating clones of *Alnus crispa* (Ait.) Pursh. *Plant and Soil* 78:171-179.

Some 600 000 seedlings of *Alnus crispa* were inoculated with a 1:1:1 mixture of the *Frankia* strains ACN1(AG), AGN1(AG)exo and MGP10i. After 3 successive inoculations and screenings, one individual, AC-4, was selected as non-nodulating (Nod⁻) with *Frankia*. This selected individual AC-4 (Nod⁻) and two other clones of *A. crispa*, AC-2 and AC-5, known for their ability to nodulate (Nod⁺) with *Frankia* were *in vitro* propagated. The different clones of *A. crispa* in culture required different kinds and concentrations of sugar during the *in vitro* multiplication and rooting stages. Nodulation tests using seven *Frankia* strains indicated that the clone AC-4 (Nod⁻) was non-nodulating with 6 of the seven *Frankia* strains tested. One strain, *Frankia* ANNI, isolated from one unique nodule produced on the mother plant AC-4, induced 38% of the AC-4 plantlets to nodulate but with a number of nodules 10 to 20 times less than the clones AC-2 (Nod⁺) and AC-5 (Nod⁺). Morphological observations of the roots of AC-4 (Nod⁻) indicated that this clone had few and abnormally short root hairs.

Quelque 600 000 semis d'*Alnus crispa* ont été inoculés avec un mélange des souches AC1(AG), AGN1(AG)exo et MGP10i de *Frankia* en proportions égales. Après trois inoculations et sélections successives, un individu, AC-4, a été sélectionné comme ne formant pas de nodosités (Nod⁻) avec *Frankia*. Cet individu ainsi que deux autres clones d'*A. crispa* (AC-2 et AC-5) connus pour leur capacité de former des nodosités (Nod⁺) avec *Frankia* ont été multipliés *in vitro*. Les différents clones d'*A. crispa* en culture ont eu besoin de différents types et de différentes concentrations de sucres durant leur multiplication et leur enracinement *in vitro*. Les essais de formation de nodosités avec sept souches de *Frankia* ont montré que le clone AC-4 (Nod⁻) ne formait pas de nodosités avec six des sept souches éprouvées de *Frankia*. Une souche, *Frankia* ANNI, isolée d'une nodosité unique produite sur la plante mère AC-4, a provoqué la formation de nodules chez 38 % des plantules AC-4, mais avec 10 à 20 fois moins de nodules que chez les clones AC-2 et AC-5, tous deux Nod⁺. L'examen morphologique des racines d'AC-4 (Nod⁻) a montré que les poils absorbants de ce clone étaient peu nombreux et anormalement courts.

TREMBLAY, F.M.; PERINET, P.; LALONDE, M. 1986. Tissue culture of *Alnus* spp. with regard to symbioses. Chapter VI in Y.P.S. Bajaj, ed., *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol 1: Trees I. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 515 p.

Plant tissue culture is now recognized as a valuable tool for the genetic amelioration

La culture des tissus végétaux est maintenant reconnue comme un moyen précieux d'amélioration

of trees. Some applications of tissue culture in commercial forestry are already (or will become) a reality in the near future, as for production of disease-free clones, mass propagation of selected genotypes, gene pool preservation or mutant selection. Other applications like somatic hybridization, genetic modification of forest trees and manipulation of symbiotic nitrogen fixation will take longer to develop, but they do represent powerful tools for tomorrow's forestry. The importance of plant tissue culture, in particular protoplast and cell culture, was emphasized for the *in vitro* study of symbiotic nitrogen fixation. This review covers the micropropagation and cell tissue culture of alders. Furthermore, the utilization of the micropropagated alder plantlets is discussed with regard to their actinorhizal and mycorrhizal symbioses.

génétique des arbres. En foresterie industrielle, certaines applications sont déjà réalité ou le deviendront dans un proche avenir, par exemple pour produire des clones exempts de maladie, pour multiplier de façon massive certains génotypes, pour préserver le patrimoine génique de certaines espèces ou pour sélectionner des mutants. D'autres applications, comme l'hybridation somatique, la modification génétique des arbres forestiers et la manipulation de la fixation symbiotique de l'azote, sont plus éloignées, mais elles offrent des moyens puissants à la foresterie de demain. L'importance de la culture des tissus végétaux, en particulier la culture des protoplastes, a été soulignée pour l'étude *in vitro* de la fixation symbiotique de l'azote. L'étude porte sur la micropropagation et la culture tissulaire et cellulaire des aulnes. En outre, on discute de l'emploi de plantules d'aulnes obtenues par micropropagation, pour les symbioses actinorhiziennes et mycorrhiziennes auxquelles elles donnent lieu.

WESTWORTH, D.A. 1981. Impact on wildlife of short rotation management of Boreal aspen stands. Pages 93-95 *in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.*

Studies conducted during the winter of 1980-81 represent the first phase of a 3-year study on the effects of short-rotation management of aspen on wildlife. The results are therefore preliminary and final conclusions cannot yet be drawn. Initial results do indicate however, that 30-year old stands differ substantially from young stands and mature stands in terms of habitat structure and browse production. Future studies will examine the influence of habitat composition and forage availability on use of forest stands by birds and mammals.

Des études entreprises pendant l'hiver 1980-1981 représentent la première phase d'une étude de trois ans sur les effets à court terme de la gestion de faux-tremble sur la faune. Les résultats sont dès lors préliminaires et on ne peut en tirer de conclusions finales. Les résultats initiaux, cependant, indiquent qu'en terme de structure d'habitat et de production de brout, les peuplements forestiers d'une trentaine d'années sont nettement différents des jeunes peuplements ou de peuplements matures. Les études ultérieures examineront l'influence de la composition de l'habitat et la disponibilité de fourrage sur l'utilisation des peuplements de forestiers par des oiseaux et mammifères.

WESTWORTH, D.A.; BURNS, G.R. 1982. Impact on wildlife of short rotation management of Boreal aspen stands. Pages 379-381 *in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.*

A comparative study is underway near Rimbey, Alberta to determine the effects of short (30-year) rotation harvesting of aspen on wildlife. Habitat quality and use by wildlife is being investigated in 10-

On réalise actuellement une étude comparative près de Rimbey (Alberta) afin de déterminer quels effets aurait sur la faune la courte rotation (30 ans) dans les tremblaies. On étudie des bois âgés de 10-15 ans, 30 ans et 60 ans (arbres à maturité) pour

15-year-old stands, 30-year-old stands and mature stands (over 60 years old). The study includes an inventory of forest stand composition and browse production as well as comparative studies of use by avifauna and ungulates.

connaître la qualité de l'habitat qu'ils offrent à la faune et savoir comment celle-ci les utilise. L'étude comprend également un inventaire des essences qui composent ces bois, une évaluation de la production de brout et des études comparatives sur leur utilisation par les ongulés et l'avifaune.

351. ZSUFFA, L.; BURGESS, D.(M). 1989. Development of high yielding willows for energy production by hybridization. Pages 145-149 in E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

Willow clones that have been proven superior for use in energy plantations are not available in Canada. However, several North American species show large potential. ENFOR is supporting genetic and breeding research aimed at the development of high-yielding willow clones by selection and hybridization of native species showing the greatest potential. The species under study are: *Salix amygdaloides*, *S. bebbiana*, *S. discolor*, *S. eriocephala*, *S. exigua*, *S. lucida*, *S. pellita* and *S. petiolaris*. These species are found on a wide range of sites in Canada, including boreal sites. Selections were made over the range of these species. Hybridization and species incompatibility studies, and studies of nutrient demand and biomass accumulation, were completed. Research activities now in progress focus on advanced generation crossings, inheritance patterns and isozyme linkages in species and interspecific hybrids, as well as further clonal selection and evaluation studies.

Les clones de saule qui sont supérieurs comme espèces de plantation énergétique ne sont pas disponibles au Canada. Toutefois, plusieurs espèces nord-américaines semblent très prometteuses à cet égard. On parraine, dans le cadre du programme ENFOR, des recherches sur les aspects génétiques et sur le croisement dans le but de mettre au point, par sélection et hybridation des espèces indigènes les plus prometteuses, des clones de saule à haut rendement. Les espèces étudiées sont : *Salix amygdaloides*, *S. bebbiana*, *S. discolor*, *S. eriocephala*, *S. exigua*, *S. lucida*, *S. pellita* et *S. petiolaris*. On trouve ces espèces dans plusieurs régions au Canada, y compris les régions boréales. Les sélections ont été faites à partir de l'ensemble de ces espèces. On a réalisé des études d'hybridation et d'incompatibilité spécifique, ainsi que des études sur la demande en éléments nutritifs et sur leur accumulation dans la biomasse. Les recherches actuellement en cours portent sur la pollinisation croisée de pointe, les modes d'hérédité et les liaisons factorielles isozymiques chez les espèces et les hybrides interspécifiques, et comprennent des études plus poussées de la sélection et de l'évaluation clonale.

4. Economics/Rentabilité

352. BLAKENEY, K.J. 1984. European congress on energy economics and management in industry. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-298. 11 p.

The report states that in this conference, the main theme was directed towards methods of reduction of industrial energy consumption through more efficient energy use, conservation and technological innovation. The conference chairman stressed that a comprehensive energy audit was the most fruitful starting point from which to launch a program of reducing energy consumption. Only by obtaining a detailed understanding of energy usage and balances within an operation can cost-effective measures of conservation, waste heat recovery, energy storage, and upgrading and fuel substitution be developed and implemented.

Le thème principal de la conférence portait sur les méthodes d'économie de l'énergie dans l'industrie par l'utilisation plus efficace de l'énergie, la conservation et l'innovation technique. Le président de la conférence a insisté sur le fait que le meilleur point de départ d'un programme d'économie de l'énergie passait par un bilan complet de la consommation. Ce n'est qu'en dressant un bilan détaillé de la consommation de l'énergie dans l'entreprise que l'on peut imaginer et appliquer des mesures efficaces d'économie, de récupération de la chaleur perdue, de stockage de l'énergie, de modernisation ainsi que de remplacement des combustibles.

353. BLAKENEY, K.J. 1990. Economic feasibility of utilizing logging slash and fire-killed timber for energy: Manitoba and Saskatchewan. Reid, Collins and Assoc., Vancouver, B.C., Unpubl. Contractor's Interim Rep. ENFOR P-379. 43 p.

Subsequent to logging in the boreal forests of Manitoba and Saskatchewan there remain large quantities of unused wood. After forest fires, unfortunately common and extensive in this region, there remain large quantities of dead and fire-damaged trees which could be put to use. In the two central Prairie provinces there is a demand for low-cost fuel and electricity for heating and power. The presently unutilized wood has the potential to meet the domestic and industrial heating needs of the region and to generate electricity.

Après la coupe des forêts boréales du Manitoba et de la Saskatchewan, il reste de grandes quantités de bois inutilisé. Après les feux de forêt, malheureusement fréquents et dévastateurs dans cette région, il reste de grandes quantités d'arbres morts ou endommagés qui pourraient être utilisés. Dans ces deux provinces des Prairies, il existe une demande de combustible et d'électricité bon marché pour la production d'énergie et le chauffage. Le bois inutilisé pourrait satisfaire aux besoins internes et industriels de la région en bois de chauffage et dans la production d'électricité.

One of the main objectives of this project is to obtain a better definition of the available wood residues in terms of quantity, species, size and distribution. This information has been developed for

L'un des principaux objectifs de ce projet était d'évaluer les résidus de coupe disponibles en termes de quantité, d'espèce, de taille et de distribution. On a tenu compte des résidus de coupe et du bois restant après un incendie. L'autre objectif est de déterminer la rentabilité et les répercussions

both logging residues and burned wood from forest fires. A further objective is to examine the financial and economic feasibility of gathering and delivering these wood residues to a point of utilization.

économiques de la récolte et du transport de ces résidus.

354. CHARLES G. TURNER AND ASSOCIATES LTD. 1982. Feasibility study on the conversion of an oil/gas heating plant at C.F.B. Borden to a biomass fuel plant. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-228. 44 p.

The objective of this project was to determine the feasibility of converting oil/gas-fired energy plants at C.F.B. Borden to wood-fired energy production and assess the quantity of wood available from mill and logging residue, stand conversion, tree salvage, timber management and energy plantation.

L'objet du travail était de déterminer la possibilité de transformer les chaufferies de la base militaire de Borden, alimentées au mazout et au gaz, de façon à pouvoir les alimenter en bois, puis d'évaluer les disponibilités en bois dues aux résidus du sciage et de la coupe, à la conversion des peuplements, à la coupe de récupération des arbres, à l'aménagement forestier et aux plantations énergétiques.

The investigation covered the various woodlots, mill waste, the plantation of hybrid trees on the varied abandoned lots within the area and the use of the various woodlots within the base camp. The supply and costs associated with transportation and delivery have also been investigated. The investigation also covered the feasibility of converting the existing boilers from gas to wood firing, capital cost, manpower and operating costs.

L'enquête a porté sur les divers boisés, les déchets de scieries, la plantation d'arbres hybrides sur divers terrains abandonnés de la région et sur l'emploi des divers boisés de la base militaire. On s'est également attaché à l'approvisionnement et aux coûts de transport et de livraison. L'enquête s'est également étendue à la possibilité de transformer les chaudières au gaz en chaudières au bois, sur les immobilisations nécessaires à cette transformation, sur la main-d'oeuvre et sur les frais de fonctionnement.

355. D. FLETCHER AND ASSOCIATES LTD. 1988. The competitive position of fuelwood from proposed energy plantations in Newfoundland. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Cent., ENFOR Rep. P-362. 38 p. + app.

From the viewpoint of an industrial or commercial consumer of energy feedstocks, biomass from energy plantations will only be considered a viable energy source when the cost of energy from plantation biomass is equal to or lower than the cost of alternative fuels. On the basis of the specific assumptions used in this report, the cost of steam generated from plantation biomass is \$6.63 per GJ. The estimate is very similar to the cost of steam generated by biomass from natural forests in central Newfoundland and is significantly lower than the cost of steam

Pour l'utilisateur industriel ou commercial, la biomasse des plantations énergétiques ne sera considérée comme source viable d'énergie que lorsque le coût de l'énergie que l'on en tire sera égal ou inférieur au coût des autres combustibles. Selon les hypothèses propres au rapport, le coût de la vapeur tirée de la biomasse des plantations s'élève à 6,63 \$/GJ, estimation qui se rapproche du coût de la vapeur tirée de la biomasse des forêts naturelles du centre de Terre-Neuve et qui est considérablement plus basse que le coût de la vapeur tirée du mazout. La biomasse des plantations énergétiques pourrait donc concurrencer les deux

generated from fuel oil. Consequently, the findings suggest that energy plantation biomass could compete with the two major feedstocks used in central Newfoundland for the generation of steam.

Many positive social and economic benefits could accrue from the development of energy plantations in Newfoundland. The plantations would assist in reducing Newfoundland's dependence on imported oil, provide sustainable rural employment opportunities, increase government revenues, increase expenditures on local goods and services, effectively utilize marginal forest land and stimulate forestry research.

principaux combustibles utilisés dans le centre de Terre-Neuve pour la production de vapeur.

De nombreux avantages sociaux et économiques pourraient découler de la mise en valeur des plantations énergétiques à Terre-Neuve. Ces plantations aideraient la province à s'affranchir du pétrole importé, à créer des occasions d'emplois durables en milieu rural, à accroître les recettes de la province ainsi que les dépenses consacrées aux biens et services locaux, à utiliser de façon efficace les terrains forestiers marginaux et à stimuler la recherche forestière.

356. GREER, A.; McDANIELS, T.L. 1988. Economic evaluation of ENFOR research and development: Phase III; Economic analysis of mechanization program. McDaniels Research Ltd., Vancouver, B.C., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-318. 60 p. + app.

This report completes the three-phase study of ENFOR research and development by presenting an example of the evaluation methodology proposed in Phase II. The analysis of the previous chapters considered one subprogram of ENFOR R&D concerned with the transport and treatment of landing residues for processing into biofuel and pulp chips. The results of the study show substantial positive benefits from the R&D based on a potential application of its technological innovations. These benefits are robust under a range of subsequent sensitivity analysis, although they are sensitive to assumptions about the social values of biofuels produced. If it is assumed that social values for biofuel fully reflect the social values of energy that could be replaced, then the net benefits are substantial. On the other hand, if the social values are assumed to reflect the average current market price of biofuel, then the benefits are substantially reduced and could be negative in some situations.

Le rapport conclut un travail de recherche-développement en trois étapes entrepris dans le cadre d'ENFOR, en donnant un exemple de la méthode d'évaluation proposée à l'étape II. L'analyse des chapitres antérieurs envisageait un sous-programme de R. & D., dans le cadre d'ENFOR, portant sur le transport et le traitement des résidus ligneux aux premiers dépôts transitoires, dans le dessein de les transformer en biocombustibles et en copeaux pour la fabrication de la pâte de bois. L'étude montre les avantages considérables de la R. & D., en se fondant sur l'application éventuelle des innovations techniques qui en découlent. Ces avantages restent valides quand ils sont soumis à toute une gamme d'analyses de la sensibilité, même s'ils sont sensibles aux hypothèses touchant les valeurs sociales des biocombustibles produits. Si on suppose que ces valeurs traduisent complètement les valeurs sociales de l'énergie remplaçable, alors les avantages nets sont considérables. D'autre part, si on pose que ces valeurs reflètent le prix actuel moyen du marché du biocombustible, les avantages sont alors considérablement réduits et ils pourraient même, dans certaines situations, être négatifs.

357. IEA CONSULTING GROUP LTD. 1985. Economic evaluation of wood chip production alternatives for Prince Edward Island. Agric. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-292. 122 p. + app.

The study was performed to examine the wood chip fuel supply system on Prince Edward Island and to recommend improvements to the existing system including the establishment of a centralized wood chip terminal.

Demand for wood chip fuel is projected to be 8600 ODT in 1985/86, 56 000 ODT by 1990, and 110 000 ODT by the year 2000. On the basis of 1984 oil prices, ceiling prices of \$68/ODT for residential and \$63/ODT for the nonresidential market were established. The fuelwood chip production equipment that was technically and economically most attractive for Prince Edward Island conditions included medium-scale mobile chippers with attached chip bins for small scale production; large-scale truck-mounted chippers with attached loaders; container delivery systems; and large-volume dump trailers. Chip production systems evaluated include integrated sawmill (950 ODT/yr at \$44/ODT); medium-size contractor (3500 ODT/yr at \$55-\$61/ODT); large contractor (10 000 ODT/yr at \$54/ODT); and a wood chip terminal (40 000 ODT/yr at \$53/ODT).

L'étude visait à examiner le système d'approvisionnement en combustible sous forme de copeaux de bois, dans l'Île-du-Prince-Édouard, et à recommander des améliorations au système, y compris la création d'un terminal central pour les copeaux.

La demande de ces copeaux devrait atteindre 8600 tonnes anhydres en 1985-1986, 56 000 avant 1990 et 110 000 avant l'an 2000. On a calculé un plafond de 68 et de 63 \$/tonne anhydre pour les marchés résidentiels et non résidentiels, d'après le prix du mazout en 1984. Le matériel de fabrication des copeaux combustibles, qui s'est révélé techniquement et économiquement le plus attrayant pour la situation qui existe dans l'Île-du-Prince-Édouard, comprenait : des déchiqueteuses mobiles de taille moyenne, dotées de bennes à copeaux, pour la production à petite échelle; de grosses déchiqueteuses montées sur camion avec chargeurs annexes; des systèmes de transport par conteneurs; de grosses semi-remorques à benne. Les systèmes de fabrication des copeaux qui ont été évalués comprennent la scierie intégrée (950 tonnes anhydres/an à 44 \$/tonne anhydre); l'entrepreneur moyen (3500 t/an de 55 à 61 \$/t); le gros entrepreneur (10 000 t/an à 54 \$/t) et le terminal à copeaux (40 000 t/an à 53 \$/t).

358. KIPPING AND ASSOCIATES LTD. 1989. Cost analysis of producing hog fuel using two systems: Crabe Combine Brush Harvester and Logging Residue Processor. For. Can., Great Lakes For. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-336. 35 p. + app.

Cost equations (computer simulation models) of hog fuel harvesting systems based on (a) the Crabe Combine Harvester and (b) the Logging Residue Processor were formulated for the most promising harvesting system configuration alternatives. The equations were tested by calculating delivered costs of hog fuel using component cost values obtained from harvesting system operators and equipment manufacturers.

Pour les systèmes de récolte les plus prometteurs, on a établi les équations des coûts (modèles de simulation informatisés) des systèmes de récolte des déchets de bois fondés sur : a) le *Crabe Combine Harvester* et b) le *Logging Residue Processor*. Les équations ont été éprouvées par calcul des coûts, à la livraison, des déchets de bois, à l'aide des éléments de coûts divulgués par les exploitants des systèmes de récolte et les fabricants de matériel.

On a observé que les intervalles d'exploitation économiquement viables étaient étroits et que, en

Narrow ranges of economically viable operation were identified. However, these ranges would generally be considered too narrow, ie., requiring too optimum a range of operating conditions such as transportation distance etc., to be profitable as independent businesses if they were to rely solely on hog fuel sales revenue. The hog fuel market value is not high enough.

général, ils seraient même trop étroits. En effet, ils exigeraient un ensemble de conditions d'exploitation (par exemple la distance de transport) trop optimales pour que les entreprises indépendantes soient profitables si elles ne devaient compter que sur les revenus des ventes des déchets de bois. La valeur de ce marché n'est pas suffisamment élevée.

359. KIPPING, J. 1988. Configuration of small biomass harvesting and transport systems. Pages 175-179 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Full-tree chip harvesting systems producing 25, 50 and 100 green tonnes/day were economically evaluated as independent businesses. Of the seven systems evaluated, two were determined to be viable at the current fiber price of \$25-27/green tonne of full-tree chips; these being chainsaw, cable skidder systems at 120 tonnes/day and feller-buncher, grapple-skidder systems at 120 tonnes/day.

Des systèmes de récolte de copeaux d'arbres entiers produisant 25, 50 et 100 tonnes vertes par jour ont été évalués du point de vue économique en tant qu'entreprises indépendantes. Deux des sept systèmes évalués sont viables compte tenu du prix actuel de la fibre (25-27 \$/tonne verte de copeaux d'arbres entiers); il s'agit de systèmes d'abattage manuel, débusquage par câble à 120 tonnes/jour et de systèmes d'abattage-groupage mécanique, débusquage par grappin à 120 tonnes/jour.

McDANIELS, T.L. 1981. Forest biomass energy in British Columbia: Opportunities, impacts and constraints. Pages 181-182 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

Forest biomass has strong potential as an economically viable energy source in British Columbia. Development of this potential would pose no severe problems for the resource management system. Largely positive impacts could be expected upon the forest industry, regional economic conditions and environmental conditions. At present, a range of institutional factors constrain the realization of this potential; a variety of incentive measures and recommendations are provided to eliminate these constraints.

En Colombie-Britannique, la biomasse forestière représente une source d'énergie viable sur le plan économique. L'exploitation d'un tel potentiel ne poserait aucune difficulté sérieuse aux responsables de la gestion des ressources; en fait, on peut escompter des effets très positifs, tant pour l'industrie forestière que pour l'environnement et l'économie régionale. Actuellement, divers facteurs de nature institutionnelle entravent l'exploitation de ce potentiel : on recommande différentes mesures d'encouragement pour surmonter ces difficultés.

McDANIELS, T.L. 1988. An evaluation framework for forestry R&D: An application to the ENFOR program. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-304. 54 p.

Evaluation of R&D programs is a topic of growing importance for government research managers. This report presents an

L'évaluation des programmes de R. & D. est une question qui intéresse de plus en plus les gestionnaires gouvernementaux. L'auteur présente

economic evaluation framework for the ENFOR program, which is a government R&D program intended to conduct research on issues associated with the utilization of forest biomass for energy. It begins with reviewing the question of whether economic evaluation of R&D is possible, reviews the existing literature, and outlines possible methods. Finally, an economic evaluation approach is recommended.

un cadre d'évaluation économique pour le programme ENFOR, programme gouvernemental de R. & D. portant sur l'utilisation de la biomasse forestière à des fins énergétiques. Il commence par analyser la possibilité d'effectuer une évaluation économique de la R. & D. Il passe ensuite en revue la documentation existante sur le sujet. Il présente diverses méthodes utilisables à cette fin et il indique l'approche qu'il recommande.

362. NAGLE, G.S.; MASSIE, M.R.C.; ROBINSON, G.; OAKLEY, P.; MANNING, G.H. 1987. The economics of residual fuel and fiber production on the British Columbia coast. Agric. Can., Can. For. Serv., Info. Rep. BC-X-289. 39 p. + app.

The potential for a residual wood fiber industry on the B.C. coast was investigated using a simple model. The model includes the amount of residual fiber available, the cost of extracting and processing the fiber using ten different systems, the expected demand for that fiber in light of several oil price scenarios up to the year 2000, transportation costs and other economic factors. Under the conditions assumed in this study, there is a potential for a residual wood fiber industry on the British Columbia coast. Such an industry could employ 300 to 570 people and could provide between \$9 and \$17 million in wages. The economic impact of such a new industry on the region is discussed.

La possibilité d'implanter une industrie de fibres résiduelles de bois sur la côte de la Colombie-Britannique a été étudiée à l'aide d'un modèle simple, dont les variables comprennent les fibres résiduelles disponibles, le coût d'extraction et de traitement des fibres par 10 procédés différents, la demande prévue de fibres compte tenu de plusieurs scénarios pour le prix du pétrole jusqu'à l'an 2000, les coûts de transport et d'autres facteurs économiques. Si les hypothèses avancées sont valables, il est possible d'implanter sur la côte de la Colombie-Britannique une industrie de fibres résiduelles de bois qui emploierait de 300 à 570 personnes dont l'enveloppe de paye totale pourrait varier entre 9 et 17 millions de dollars. L'auteur discute de l'impact économique d'une industrie de ce genre dans la région.

363. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1988. Forest biomass energy use in Newfoundland. Agric. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Cent., ENFOR Rep. P-363. 76 p. + app.

Newfoundland contains large reserves of forest biomass. However, this resource must be considered on a per project basis to determine what is economical. From a socio-economic perspective, the development of a local forest biomass industry offers a very significant benefit in terms of revenue retained and recirculated in Newfoundland rather than exported outside the country to purchase fossil fuels. Greater energy self-sufficiency remains a further incentive for increased biomass utilization.

Terre-Neuve recèle de vastes réserves de biomasse forestière. Toutefois, afin de déterminer ce qui est économique, il faut, pour chaque projet, tenir compte de cette ressource en dehors de la règle générale. Selon un angle socio-économique, l'éclosion d'une industrie locale de la biomasse forestière offre des avantages très marqués pour la conservation et le recyclage des revenus à Terre-Neuve, lesquels n'en sortent plus pour l'achat de combustibles fossiles. Une autarcie énergétique plus grande reste un encouragement supplémentaire pour utiliser davantage la biomasse.

364. ONDRO, W.J. 1989. Utilization and market potential of poplar in Alberta. For. Can., Nor. For. Cent., Info. Rep. NOR-X-305. 26 p. + app.

The utilization and market potential of poplar in Alberta was assessed for 1987-88. The results are discussed in terms of poplar inventory, present and potential utilization of poplar, and markets for various poplar wood products. Information on commercial forest industry producers is provided in directories. Numerous tables provide detailed information.

L'utilisation et le potentiel commercial du peuplier en Alberta ont fait l'objet d'une évaluation pour 1987-1988. Les résultats de cette évaluation sont examinés en fonction de l'inventaire de peupliers, de l'utilisation actuelle et potentielle des peupliers, et des marchés pour les divers produits du peuplier. Les renseignements sur les producteurs de l'industrie forestière commerciale sont donnés dans des annuaires. De nombreux tableaux présentent des informations détaillées.

365. PETERS, D.C. 1982. The economics of harvesting fuelwood under four different stand conditions on Prince Edward Island. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-139. 8 p.

Selective harvesting using modified small-scale equipment was carried out in four stand types: immature (pole size) tolerant hardwood; mature softwood/intolerant hardwood; mature softwood/tolerant hardwood; and immature softwood. The primary end product is fuelwood. Records of labor cost, volume extracted, equipment modification and maintenance cost, and market value of extracted wood are documented for each stand type.

Une coupe sélective a été effectuée dans quatre types de peuplements forestiers : bois dur tolérant jeune (poteau); bois tendre adulte/bois dur intolérant; bois tendre adulte/bois dur tolérant; bois tendre jeune. Ces coupes ont été faites au moyen de petits équipements modifiés. Le produit final principal est le bois de chauffage. Pour chaque peuplement forestier, les coûts de main-d'oeuvre, le volume obtenu, les coûts de modification et d'entretien des équipements, ainsi que la valeur marchande du bois extrait sont établis.

366. ROBINSON, G. 1984. Impact of heavy oil and natural gas prices on the value of biomass delivered to British Columbia pulp mills. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-256. 16 p. + app.

The long-term price forecast of heavy fuel oil indicates very little real growth. Given that the industry has already implemented the most cost-effective energy conservation measures, the modest increase in heavy fuel oil prices would imply that few additional 'off-oil' investments would be justified. With regard to waste wood utilization, one would not expect a significant increase from present levels. That is, the rationale for investing in expanded wood waste utilization capability should be based on considerations other than a rapidly escalating heavy fuel oil price. The price of natural gas to interior

À long terme, on prévoit une très faible croissance réelle du prix du mazout lourd. Comme l'industrie a déjà retenu et mis en place les mesures les plus rentables d'économie d'énergie, une majoration modeste signifie que peu d'investissements supplémentaires visant à économiser sur le pétrole seront indiqués. Pour ce qui est de l'utilisation des déchets ligneux, on ne doit pas s'attendre à une augmentation notable par rapport aux tonnages actuels, c'est-à-dire que les raisons d'investir dans l'utilisation accrue des déchets ligneux doivent se fonder sur autre chose qu'une flambée des prix du fuel lourd. Le prix du gaz naturel payé par les usines de l'intérieur devrait augmenter significativement par rapport à ce qu'il est

mills is forecast to escalate significantly from current levels. High price increases will encourage interior mills to switch away from natural gas by implementing energy conservation measures and substituting wood waste or coal.

actuellement. Des majorations de cet ordre inciteront les usines de l'intérieur à abandonner le gaz naturel, à instituer des mesures d'économie de l'énergie et à le remplacer par les déchets ligneux ou le charbon.

367. URBANOWSKY, J.; KIPPING, J. 1988. Case studies of operational experiences of biomass harvesting systems. Pages 180-184 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

This report presents case studies of five Maritime full-tree chip contractors which underwent extensive economic and operational examination. An analysis was made of operating and management procedures, operational scale and basic economic performance.

Les auteurs présentent des études de cas de cinq entreprises de production de copeaux d'arbres entiers dans les Maritimes d'un point de vue économique et opérationnel détaillé. L'analyse porte sur les méthodes de gestion et d'exploitation, l'envergure des opérations et le rendement économique de base.

368. VAN NOSTRAND, R.S.; CASE, A.B. 1984. Utilizing forest biomass for industrial heat energy in Newfoundland, Canada. Pages 75-78 in H. Egneus and A. Ellegard, eds. Proc. Bioenergy 84, Volume IV.

Two forest companies, Abitibi-Price and Bowater Newfoundland Limited, operate three newsprint mills in Newfoundland with a total annual production of about 600 000 tonnes. Together, these companies harvest some 1.6 million m³ of balsam fir, and black spruce pulpwood annually, accounting for about 80% of the commercial wood harvest in the province. From 1978 to 1983 a number of trials took place in which the companies used more than 80 000 green tonnes of chipped forest biomass as a partial replacement for bunker-C oil to produce steam at two of the mills. The principal objective of the trials was to assess the economical and technical feasibility of producing and using fuelwood chips from unutilized hardwoods, softwood tops and branches, and other logging residues from pulpwood cutovers and from softwood/hardwood stands. A variety of harvesting, chipping and transporting equipment and systems was tested. Harvesting of hardwood stands, and hardwood residuals and large pieces of logging residue from cutovers for fuel, was economically and technically attractive for

Deux sociétés forestières, Abitibi-Price et Bowater Newfoundland Limited, exploitent trois usines de papier journal à Terre-Neuve. Leur production annuelle totalise 600 000 t. Ensemble, ces sociétés récoltent quelque 1,6 million de mètres cubes de sapin baumier et d'épinette noire chaque année, ce qui représente environ 80 % de la récolte industrielle de bois dans la province. De 1978 à 1983, elles ont entrepris un certain nombre d'essais au cours desquels elles ont utilisé plus de 80 000 t humides de biomasse forestière déchetée en copeaux, en remplacement partiel du mazout lourd, afin de produire de la vapeur dans deux des usines. Le principal objectif des essais était d'évaluer les possibilités économiques et techniques de la transformation, en copeaux à brûler, des feuillus, des cimes et des branches des résineux ainsi que des autres résidus de la coupe du bois de pâte et des peuplements mélangés et les possibilités d'utiliser ces copeaux. On a éprouvé divers systèmes et engins de récolte, de déchetage et de transport. La récolte des peuplements et des résidus de feuillus ainsi que des gros résidus de la coupe de bois combustible était économiquement et techniquement attrayante pour chacune des deux sociétés. La récupération des cimes et des branches de résineux ainsi que des feuillus entiers des

each of the companies. The salvage of softwood tops and branches as well as whole hardwoods from mixed softwood-hardwood stands in an integrated pulpwood-fuelwood operation was not cost-effective with the harvesting systems and stand conditions tested.

peuplements mélangés, dans le cadre d'une opération intégrée de coupe de bois de pâte et de bois combustible n'était pas efficace compte tenu des systèmes de récolte et de l'état des peuplements éprouvés.

369. VAN NOSTRAND, R.S.; CASE, A.B.; MURLEY, S.R. 1983. Harvesting forest biomass as an alternative fuel. Pages 61-64 *in* Proc. Seventh Int. FPRS Indust. Wood Energy Forum 83, Vol I.

Bowater Newfoundland Limited recently completed a 20-month trial utilizing forest biomass as a partial replacement for bunker-C oil. The principal objective was to determine the economical and technical feasibility of harvesting, chipping and burning unutilized hardwoods, softwood tops and branches, and other logging residues from pulpwood cutovers and mixed softwood-hardwood stands for the production of steam at Bowater's newsprint mill in Corner Brook, Newfoundland. Various harvesting, chipping, and transporting equipment and systems were tested. Harvesting of hardwood stands, hardwood residuals and large pieces of logging residues from cutovers for fuel was a better than break-even operation for the company. The salvage of softwood tops and branches, and whole hardwoods from mixed softwood-hardwood stands in an integrated pulpwood-fuelwood operation was not cost-effective with the harvesting system and stand conditions tested.

La société Bowater Newfoundland Limited vient de terminer un essai d'une durée de 20 mois au cours duquel elle a utilisé la biomasse forestière en remplacement partiel du mazout lourd. Le principal objectif de l'essai était de déterminer, sur le plan économique et technique, la possibilité de récolter, de réduire en copeaux et de brûler les feuillus, les cimes et les branches de résineux et d'autres résidus de la coupe sur les terrains de production du bois de pâte et dans les peuplements mélangés, pour la production de vapeur à l'usine de papier journal de Bowater à Corner Brook, Terre-Neuve. Divers engins et systèmes de récolte, de fragmentation en copeaux et de transport ont été éprouvés. La récolte des peuplements de feuillus, des résidus de feuillus ainsi que des gros résidus de la coupe dans les terrains exploités pour le bois combustible a été plus que rentable pour la société. La récupération des cimes et des branches de résineux et des feuillus entiers dans les peuplements mélangés, dans le cadre d'une exploitation intégrée du bois de pâte et du bois combustible, n'a pas été efficace quant aux coûts, compte tenu des systèmes de récolte et de l'état des peuplements éprouvés.

370. WILTON, W.C. 1981. Integrated logging for production of pulpwood and hog fuel. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-143. 38 p. + app.

Three trials were carried out to assess the economic feasibility and environmental effects of whole-tree biomass harvesting. Two involved retrieval of residual hardwood and some softwood logging debris from cutovers of mixedwood stands. The third trial involved integrated biomass and conventional sawlog and pulpwood harvesting. Salvage of softwood cutting

Trois essais ont été effectués afin d'évaluer la faisabilité économique et les répercussions écologiques de la récolte de la biomasse des arbres entiers. Dans deux essais, on a récupéré des feuillus résiduels et des débris de la coupe de résineux dans des peuplements mélangés. Le troisième essai a comporté la récolte intégrée de la biomasse et la récolte traditionnelle du bois de pâte et des billes de sciage. La récupération des débris de coupe de

debris in addition to standing timber was economically the least successful. Salvage of hardwood biomass only from mixedwood cutovers resulted in the smallest financial loss. The Morbark 22 Chipharvester proved too large for processing pulpwood cutting debris. Salvage of residual biomass did not result in excessive damage to reproduction or to the growing site.

résineux, outre celle du bois debout, a été la moins réussie sur le plan économique. La récupération de la biomasse des feuillus uniquement dans les peuplements mélangés déjà récoltés a entraîné le moins de pertes financières. L'engin de récolte des copeaux *Morbark 22 Chipharvester* s'est révélé trop gros pour la transformation des débris de la coupe du bois de pâte. La récupération de la biomasse résiduelle n'a pas provoqué de dégâts excessifs à la reproduction ou à la croissance des peuplements sur la station.

- 371 WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD. 1982. Development of an integrated operation for aspen wood products and energy from aspen biomass. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-207. 149 p. + app.

In this report the conventional harvesting and processing methods for aspen (*Populus tremuloides*) in the Slave Lake area of Alberta were evaluated. Base data gathered from the actual harvest, and milling of 600 m³ of aspen was used in developing and analyzing 13 mill design models to determine the optimum economic mix of wood products, including energy produced from easily recoverable aspen biomass. The results clearly indicate that the rates of return on investment are extremely sensitive to fluctuations in conversion factors, log costs, energy costs and lumber selling prices.

Dans le rapport, on évalue les méthodes traditionnelles de récolte et de transformation du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) dans la région du petit lac de l'Esclave, en Alberta. Les données de base réunies à partir de la récolte ainsi que du sciage réels de 600 m³ de peuplier ont servi à élaborer et à analyser 13 modèles de calcul des scieries pour déterminer la gamme économique optimale de produits du bois, y compris l'énergie tirée de la biomasse récupérable du peuplier. Les résultats montrent clairement que les profits de l'investissement sont extrêmement vulnérables aux fluctuations des facteurs de conversion, aux coûts des billes, aux coûts de l'énergie et aux prix de vente du bois.

The best indicated utilization of aspen, in terms of economic return, is in a stud lumber plant utilizing purchased energy and having an annual production capacity of 150 000 Mfbm/A of lumber. A 15% reduction in the selling price of studs will reduce the rate of return from 23% to 10%. Under the present economic conditions, none of the proposed mills are economically attractive. A rate of return of 30% with little sensitivity to key variables is necessary to attract capital to the forest products industry.

L'utilisation modélisée la plus profitable du peuplier consisterait en une usine de bois de charpente qui achèterait son énergie et dont la production annuelle pourrait être de 150 millions de pieds-planches. Une réduction de 15 % du prix de vente du bois de charpente réduirait les profits de 23 à 10 %. Dans les conditions économiques actuelles, aucune des scieries proposées n'est économiquement attrayante. Pour attirer les capitaux vers l'industrie des produits forestiers, il faut un profit de 30 % qui soit peu sensible aux variables déterminantes.

372. WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD. 1988. Development of an integrated operation for aspen wood products and energy from aspen biomass. Pages 172-174 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Data gathered from the actual harvesting and milling of 600 m³ of aspen (*Populus tremuloides*) in the Slave Lake region of Alberta was used to develop and analyze 13 mill design models to determine an optimum economic mix of wood products, including the generation of energy from aspen biomass. The results indicate that rates of return on investment are extremely sensitive to fluctuations in conversion factors, log costs, energy costs and selling prices of lumber.

Des données recueillies de la récolte et du broyage de 600 m³ de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) dans la région du petit lac de l'Esclave en Alberta ont servi à élaborer et à analyser 13 modèles de broyeur afin de déterminer le mélange le plus économique de produits de bois, y compris la production d'énergie à partir de la biomasse de cette espèce de peuplier. Les résultats indiquent que le rendement des investissements subit fortement l'influence des variations des facteurs de conversion, du coût des billots et de l'énergie et du prix de vente du bois.

373. ZUNDEL, P. 1986. The economics of integrated full-tree harvesting and central processing in jack pine. FERIC, Spec. Rep. SR-37 (ENFOR P-322). 67 p. + app.

This report presents the results of an analysis examining the economic worth associated with investing in forest harvesting systems designed to recover energy biomass in conjunction with conventional products such as tree lengths or logs. This report also summarizes the findings of five field experiments designed to provide estimates of the energy biomass recovered by the feller-forwarder and cut-and-skid harvesting methods, to test experimental methods and to quantify the merchantable volume loading of standard highway-legal trailers loaded with full trees rather than tree lengths. The field experiments were undertaken in both frozen and unfrozen conditions to estimate the annual energy biomass yield.

The results of the economic analysis indicate that the concept of harvesting and hauling full trees to a central plant for processing is attractive where large loads may be hauled over private roads. The comparison of the tree-length fully mechanized system with the fully mechanized full-tree system hauling over private roads yielded an after-tax rate of return of 14% at hauling distances of

Le rapport présente les résultats d'un examen de la valeur économique découlant de l'investissement dans des systèmes de récolte forestière visant à récupérer la biomasse énergétique en même temps que les produits traditionnels tels que des tiges entières ou des billes. Le rapport résume également la conclusion de cinq expériences effectuées sur le terrain qui visaient à estimer la biomasse énergétique récupérée grâce à l'abatteuse-porteuse et à l'abattage suivi du débusquage, afin d'éprouver les méthodes expérimentales et quantifier la charge, en volume marchand, de semi-remorques ordinaires autorisées à circuler sur les routes et chargées d'arbres entiers plutôt que de tiges entières. Les expériences sur le terrain ont été entreprises sur sol gelé et non gelé afin d'estimer le rendement annuel en biomasse énergétique.

L'analyse économique montre que la notion de récolte et de transport des arbres entiers vers une usine centrale de transformation est attrayante lorsque l'on peut transporter de grosses charges sur des routes privées. La comparaison du système entièrement mécanisé d'exploitation de tiges entières avec le système entièrement mécanisé de transport des arbres entiers sur des routes privées a donné un taux de profit après impôt de 14 % lorsque les distances de transport étaient de 140 km. La comparaison du système de coupe et de

140 km. The comparison of the tree-length cut-and-skid system and the tree-length fully-mechanized system indicated a rate of return of 22% without investment in central processing facilities.

débusquage des tiges entières et du système entièrement mécanisé d'exploitation par arbres entiers a révélé un profit de 22 % sans investissement dans des installations centrales de traitement.

5. Mechanization of harvesting, and utilization/ Mécanisation de la récolte, et utilisation

374. ALEMDAG, I.S. 1984. Wood density variation of 28 tree species from Ontario. Agric. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Info. Rep. PI-X-45. 12 p.

The basic wood density at different heights along the stem and average basic wood density of stems were studied on the basis of 1652 sample trees of 10 softwood and 18 hardwood species in Ontario. Some equation models were tested relating these variables to various tree characteristics. It

was found that the relationships of disk and tree wood densities with measurable tree variables are very weak and developing reliable estimation equations are not easy. However, since variation on tree wood density was found to be small, average wood densities of each species can be used with confidence.

Voir 375 pour le français.

375. ALEMDAG, I.S. 1985. Variation de la masse volumique du bois de 28 essences forestières poussant en Ontario. Agric. Can., Serv. can. for., Inst. for. nat. de Petawawa, Rapp. d'info. PI-X-45F. 12 p.

On a déterminé la masse volumique du bois de 1652 arbres à différentes hauteurs de la tige et sa valeur moyenne pour la tige entière; l'échantillon comportait 10 espèces résineuses et 18 espèces feuillues poussant en Ontario. On a aussi étudié des équations mettant ces variables en relation avec certaines des caractéristiques des

arbres. Comme les relations entre les densités des disques et des arbres entiers, et les variables mesurables sont ténues, il est difficile de formuler des équations d'estimation fiables. Cependant, étant donné que la variation de la masse volumique de la tige entière est faible, on peut dire que la valeur moyenne de chaque espèce est valable.

See 374 for English.

376. ASH, M.J.; KNOBLOCH, P.C.; PETERS, N. 1980. Energy analysis of energy from the forest options. Pages 173-177 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

This paper describes a method for evaluating the net energy return from the utilization of forest residue. The method takes into account the energy requirements for residue collection in the forest, conversion into a transportable form and size, transportation to a plant and conversion into various forms of energy (electricity, steam, gas). From the

Nous décrivons une méthode d'évaluation de l'énergie nette tirée de l'utilisation des résidus forestiers. Notre méthode tient compte de l'énergie nécessaire à la récolte des résidus en forêt, à leur conversion en un produit dont la forme et la taille permettent le transport, à leur transport à l'usine et à leur conversion en différentes formes d'énergie (électricité, vapeur ou gaz). Elle permet de déduire les distances maximales de transport à partir des

estimation of these energy inputs, conversion plant sizes, and for various levels of energy recovery efficiencies, the method suggests maximum allowable transportation distances.

coûts énergétiques estimatifs et de la taille de l'usine de conversion, pour diverses valeurs du rendement de récupération de l'énergie.

377. ASH, M.J.; KNOBLOCH, P.C.; PETERS, N. 1980. Energy analysis of energy from the forest options. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-59. 79 p. + app.

Energy analysis is applied to the harvesting, transportation and conversion of forest residue for energy. A review of European and North American literature and eastern and western Canadian case studies provide the data base. An energy assessment of an energy from the forest production system on Vancouver Island is presented. The energy output-input ratio shows that substantial positive net energy would be produced. The study demonstrates that energy analysis is an important methodology for determining the efficiency of logging operations. It is shown that energy requirements for harvesting forest residue can be projected from energy consumption data for conventional logging systems.

L'analyse énergétique est appliquée à la récolte, au transport et à la transformation des résidus forestiers en énergie. Le corpus de données provient de l'examen des publications européennes et nord-américaines ainsi que d'études de cas dans l'est et dans l'ouest du Canada. On présente l'évaluation énergétique d'un système de récupération de l'énergie de la forêt dans l'île Vancouver. Le rendement énergétique montre qu'on obtiendrait un gain net substantiel. L'étude démontre que l'analyse énergétique est une méthode importante pour déterminer l'efficacité des opérations de coupe. Elle montre que les besoins énergétiques de la récolte des résidus forestiers peuvent être extrapolés des données sur la consommation d'énergie par les systèmes traditionnels de coupe.

It is recommended that both energy and economic analyses be employed in feasibility assessments of energy supply projects. The Canadian Forest Industry is encouraged to collect logging energy consumption data and use energy analysis in conjunction with traditional economic assessment.

Il est recommandé d'employer l'analyse énergétique et économique pour évaluer la faisabilité des projets d'approvisionnement en énergie. On encourage l'industrie forestière canadienne à recueillir des données sur la consommation d'énergie au moment de l'exploitation forestière et d'utiliser l'analyse énergétique en même temps que l'évaluation économique traditionnelle.

378. B.C. MINISTRY OF FORESTS ENGINEERING BRANCH. 1983. The harvesting and processing of residual biomass in hemlock-cedar stands in the British Columbia interior wet belt. B.C. Min. For., Eng. Branch, Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-184 and P-291. 67 p. + app.

A large percentage of the decadent wet belt cedar-hemlock stands in the interior of British Columbia are not economical to log because of the very low sawlog volumes recovered. The high percentage of decayed wood in both cedar and hemlock species creates many problems in sawmilling and

Un fort pourcentage des peuplements de thuyas et de mélèzes décadents de la zone humide de l'intérieur de la Colombie-Britannique ne sont pas économiques à couper en raison du très faible volume de billes de sciage que l'on pourrait en tirer. Le fort pourcentage de bois pourri de ces deux essences présente de nombreux problèmes aux

chipping facilities. Therefore, the majority of this material remains on site after logging, making site preparation and slash disposal necessary prior to reforestation. The present method of site rehabilitation is often broadcast burning. Although this method does eliminate the finer materials and reduces the deep duff layer, the heavier hemlock and cedar logs are often only charred. The significant number of these pieces means the difficulty of reforestation remains high.

Harvesting this residual biomass from these sites may eliminate the necessity for pre-planting site preparation. Further, the large quantities of logging residue has energy potential to replace petroleum products and possibly provide stock for the pulp industry.

scieries et aux installations de déchiquetage en copeaux. La plus grande partie de ce matériel est donc abandonné sur place après la coupe, ce qui rend indispensable la préparation du sol et l'élimination des rémanents avant le reboisement. La méthode actuelle de réhabilitation des stations est souvent le brûlage extensif. Même si celui-ci élimine les matières fines et amincit la couche profonde de l'humus brut, les grosses billes des mélèzes et des thuyas ne sont souvent que carbonisées. Le nombre important de ces pièces de bois signifie que le reboisement reste très difficile.

La récolte de la biomasse résiduelle dans ces stations peut éliminer la nécessité de la préparation du sol préalable à la plantation. En outre, beaucoup de résidus de coupe peuvent être transformés en énergie, en remplacement des produits pétroliers et, éventuellement, ils peuvent servir de matière première dans l'industrie des pâtes à papier.

379. BLAKENEY, K.J. 1980. Development and testing of a field treatment system for logging residues to facilitate transportation and subsequent conversion to energy. Pages 29-33 *in* Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Full utilization of the forest resource has long been the goal of resource planners. The aim of this project was to identify and test methods of reaching this goal.

Forest residues on two recently logged sites representing a range of residue concentration and type were inventoried and classified. Residues were collected into piles and processed by using two different types of mobile chippers. Samples of the processed material were analyzed to determine their physical and energy properties. A portion of the chipped material was transported to a hogged fuel boiler for burning. Each phase of the work was monitored to determine productivity, cost and fuel consumption. Results show the cost per tonne for each phase of the operation and the ratio of energy consumed to energy produced.

Les gestionnaires des ressources cherchent depuis longtemps le moyen d'utiliser pleinement les richesses forestières. Notre projet vise à déterminer et à éprouver des méthodes qui permettront d'atteindre ce but.

Nous avons procédé à l'inventaire et à la classification des résidus d'abattage dans deux emplacements récemment exploités et qui présentent toute une gamme de concentrations et de types de résidus. Les résidus étaient tout d'abord mis en tas puis transformés à l'aide de deux types de coupeuses-déchiqueteuses mobiles. Nous avons ensuite procédé à l'analyse d'échantillons des produits obtenus afin d'en déterminer les propriétés physiques et énergétiques. Finalement, une partie de ces produits a été transportée afin de servir de combustible pour une chaudière alimentée aux déchets de coupe. Le contrôle de chacune des étapes du procédé nous a permis d'en déterminer la productivité ainsi que le coût et la consommation du produit. Nous présentons les valeurs du coût par tonne de combustible à chaque étape et le rapport de l'énergie consommée sur l'énergie produite.

380. BLAKENEY, K.J. 1982. Further development of logging residue processing systems. Pages 169-173 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The results of the first year's work on this project are summarized. Subjects covered are: quantity, size distribution and condition of logging residues, logging residue collection using two distinct methods and the design of a mobile shear-type processor. The cost of collecting residues on steep slopes using highlead cable systems is compared with the collection costs, on flatter areas, of using skidders and crawler tractors.

The program for the second year of the project which will involve field testing and demonstration of the mobile processor is outlined.

Les résultats de la première année de travail sur ce projet sont résumés. Les sujets traités sont les suivants : quantité, distribution de la grosseur et état des résidus de coupe de bois, ramassage des résidus de coupe de bois selon deux méthodes distinctes et conception d'un processeur mobile à cisaillement. Le coût du ramassage des résidus sur des pentes abruptes à partir d'installations de câbles à forte densité de plomb est comparé au coût du ramassage des résidus sur des surfaces planes à l'aide de traîneaux et de tracteurs à chenilles.

Le programme de la deuxième année du projet, qui comprend des essais sur le terrain et une démonstration du processus mobile, est décrit dans ses grandes lignes.

- BOLES, B. 1979. Domestic woodfuel consumption in Newfoundland. Pages 49-55 in Proc. First Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 21 March 1979.

On the basis of an increase in domestic fuel wood consumption in recent years, a survey was undertaken to quantify this change. The first phase consisted of a review of the presently existing literature. A survey of domestic fuel wood consumption rates constituted the second phase. Other information on wood burning habits was also collected.

Une étude a été entreprise sur l'augmentation de la consommation de bois, ces dernières années, en tant que combustible domestique. La première phase consistait en une revue de la documentation existante. La seconde phase portait sur les taux de consommation de bois en tant que combustible domestique. D'autres renseignements à cet égard ont été également recueillis.

- BOWATER NEWFOUNDLAND LTD. 1983. Harvesting forest biomass as an alternative fuel. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-191. 116 p.

Bowater Newfoundland Ltd. is conducting a 2-year trial utilizing forest biomass as a partial replacement for bunker-C oil. The principal objective is to determine whether it is economically feasible to harvest, chip and burn unutilized hardwoods, softwood tops and branches, and other logging residues from pulpwood cutovers and from mixed softwood-hardwood stands, for the production of steam at their Corner Brook newsprint mill. Various harvesting, chipping and transporting equipment and

Bowater Newfoundland Ltd. a entrepris un essai de deux ans qui consiste à remplacer en partie le mazout lourd par la biomasse forestière, afin, principalement, de déterminer s'il est économique de récolter, de réduire en copeaux et de brûler les feuillus inutilisés ainsi que la cime et les branches des résineux et d'autres résidus de la coupe des terrains exploités pour le bois de pâte ainsi que des peuplements mélangés, afin de produire de la vapeur à l'usine de papier journal de Corner Brook. Divers systèmes et engins de récolte, de réduction en copeaux et de transport sont éprouvés. Les

systems are being tested. Results from the first 3 1/2 months of the trial are very encouraging.

The most efficient use for the chips is to burn them in mixture with the pulpwood bark residue that must be disposed of at the mill. The chips (43% moisture) increase the boiler efficiency from 40-45% when burning bark alone (61% moisture) to 60-65% when mixed in a ratio of 4:1 bark to chips. It is estimated that 1 t of green chips is equivalent to 1.9 bbl/oil when burned with bark compared to 1.2 bbl/oil when chips are burned alone. With a current oil price to Bowater of \$24.25/bbl, 1 t of green chips has a value of \$46.78 (bark + chips) and \$29.41 (chips alone). If present harvest levels of 120-130 green t/day were maintained, it is estimated that costs of \$29-31/t are attainable.

résultats des 3,5 premiers mois de l'essai sont très encourageants.

La façon la plus efficace d'employer les copeaux est de les brûler en les mêlant avec des résidus d'écorce du bois de pâte qu'il faut éliminer à l'usine. Les copeaux (43 % d'humidité) augmentent l'efficacité de la chaudière comme suit : de 40 à 45 % lorsque l'on brûle uniquement de l'écorce (61 % d'humidité), de 60 à 65 % dans un mélange de 4 parties d'écorce pour une de copeaux. On estime qu'une tonne de copeaux humides équivaut à 1,9 baril de mazout lorsqu'elle est brûlée avec de l'écorce, comparativement à 1,2 baril lorsque uniquement des copeaux sont brûlés. Au prix actuel du mazout que doit payer Bowater (24,25 \$/baril), 1 t de copeaux et d'écorce vaut 46,78 \$ et 1 t de copeaux seulement vaut 29,41 \$. Si on pouvait maintenir la récolte à son intensité actuelle de 120 à 130 t humides/j, on pourrait atteindre des coûts de 29 à 31 \$/t.

383. CAMERON, D.A. 1981. Biomass production from the harvesting of a tolerant hardwood stand in Algoma, Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-152. 23 p. + app.

An 11-ha harvesting operation was conducted in an overmature tolerant hardwood stand typical of forests in the Algoma region of Ontario. Along with a control, five intensities of a chipping operation were: clearcut to two diameter limits, shelterwood cut to a diameter limit, shelterwood cut for sawlogs with chipping of the unutilized portions and cleanup of a previously harvested strip. Biomass cruises before and after harvesting were compared with measured biomass removal to check the accuracy of the estimate. The estimate was based on a biomass inventory conducted in 1978 and 1979 in similar stands in the area. Records were maintained of times, costs and revenues for all work done on the individual 2.02 ha plots, and are presented herein. Energy equivalents and prices for alternative fuels suggest that the present prices (\$8.82/green tonne) grossly undervalue the chips for energy use and do not justify an integrated harvesting at today's rates.

Effectuée sur 11 ha, toute la récolte a porté sur un peuplement tolérant et surégé de feuillus, typique des forêts de la région d'Algoma, en Ontario. En même temps qu'un traitement témoin, on a appliqué cinq intensités de la transformation en copeaux, comme suit : coupe à blanc à deux limites de diamètre; coupe progressive jusqu'à une limite de diamètre; coupe progressive pour l'obtention de billes de sciage et réduction en copeaux des parties inutilisées; nettoyage d'une bande déjà récoltée. On a comparé les relevés de la biomasse effectués avant et après la récolte aux prélèvements mesurés de la biomasse afin de vérifier la précision de l'estimation. Celle-ci se fonde sur un inventaire de la biomasse effectué en 1978 et en 1979 dans des peuplements semblables de la région. On a pris note de la durée, des coûts et des revenus correspondant à tous les travaux effectués sur chacune des parcelles de 2,02 ha, paramètres présentés dans le rapport. Les équivalents énergétiques et le prix des autres combustibles portent à croire que, au prix actuel (8,82 \$/tonne humide) la valeur énergétique des copeaux est grossièrement sous-évaluée et elle ne justifie pas la récolte intégrée aux cours actuels.

CAMERON, D.A. 1985. Field assessment of Crabe Combine Brush Harvester trials. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-311. 13 p.

This report is meant to summarize the findings of the time study primarily. It is also intended to give an indication of the conditions encountered on each site treated and the conditions remaining, and to provide comments, suggestions and interpretation of the results obtained from firsthand observation. The methodology used in collecting the data is contained elsewhere, and unless it was changed while they were being collected, no comments on it were made in this report.

En premier lieu, le rapport résume les conclusions d'une étude des temps élémentaires; il donne également une idée des conditions observées dans chacune des stations traitées ainsi que des conditions qui y subsistent et il renferme des observations, des recommandations et une interprétation des résultats de première main. La méthode utilisée pour l'obtention des données est décrite ailleurs et, à moins de modifications effectuées en cours de route à cette méthode, aucune observation n'est faite à son égard dans le rapport.

385. CHISHOLM, B.S. 1980. Biomass harvesting and chipping of a selected area of mixedwood/tolerant hardwood forest in central New Brunswick. Pages 291-293 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, March 26-27 1980.

Four 2-ha blocks were harvested after the completion of an associated total biomass inventory: three by the whole-tree chipping Koehring-Morbark system and the fourth by a conventional cut and skid crew producing 2.5 metre roundwood. The productivity and costs of harvesting each block were measured accurately, including the cost of harvesting the residual biomass after completion of the normal operation. The feasibility and economics of harvesting this residual material is discussed briefly.

Nous avons procédé à une récolte dans quatre parcelles de deux hectares à l'aide d'une déchiqueteuse d'arbres entiers Koehring-Morbark dans trois des parcelles, et d'une équipe classique d'abattage et de débusquage produisant du bois rond de 2,5 m dans la quatrième. On avait d'abord dressé l'inventaire de la biomasse totale dans chaque parcelle. Nous avons mesuré de façon précise le rendement et le coût de la récolte dans chaque parcelle, y compris le coût de la récolte de la biomasse résiduaire après la coupe normale. Nous discutons brièvement de la faisabilité et des aspects économiques de la récolte de la biomasse résiduaire.

- CHISHOLM, B.S.; VAN RAALTE, G.D. 1980. Biomass harvesting and chipping in a tolerant hardwood stand in central New Brunswick. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Info. Rep. M-X-111. 9 p.

Four 2-ha blocks were harvested after the completion of total biomass inventory. Three blocks were harvested by the Koehring Feller-Forwarder and chipped by a Model 22 Morbark Chipharvester, while the remaining block was cut by means of conventional cut and skid techniques to produce 2.5 m roundwood. The productivity and costs of harvesting each block were measured accurately. On two blocks the costs of harvesting the residual

Nous avons procédé à une récolte dans quatre blocs de 2 ha après qu'on eut effectué un inventaire de la biomasse totale. La récolte de trois blocs a été faite à l'aide d'une abatteuse-débusqueuse Koehring et la mise en copeaux effectuée par une Morbark Chipharvester Modèle 22, alors que sur le dernier bloc on a utilisé les méthodes classiques de coupe et débusquage pour produire du bois rond de 2,5 m. On a mesuré avec précision la productivité et les coûts de récolte de chaque bloc. Sur deux blocs, les coûts de récolte de la biomasse résiduelle après la

biomass after completion of the normal harvest were also determined. The feasibility and economics of harvesting this residual biomass are briefly discussed.

récolte normale ont aussi été déterminés. Cet article traite brièvement de la faisabilité et de la rentabilité de récolter cette biomasse résiduelle.

387. DU SAULT, A. 1985. 1984 field testing of the experimental prototype of the dual roll splitter. FERIC, Spec. Rep. SR-28. 51 p.

The tests were conducted on three woody species (yellow poplar, red maple and loblolly pine) and aimed at quantifying the dewatering ability of the roll splitter, its energy requirements and the drying rate of the crushed material.

Les essais, effectués sur trois essences ligneuses (tulipier, érable rouge et pin à encens), visaient à quantifier la capacité de déshydratation et la consommation d'énergie du défibreux à rouleaux et la vitesse de séchage des matières écrasées.

Mechanical dewatering averaged 9.9% for yellow poplar, 9.0% for loblolly pine and 5.3% for red maple, with values ranging from 1% to 21%. After five days of air drying with sun exposure, the residues of yellow poplar, loblolly pine and red maple underwent a reduction of moisture content of 90.5%, 89.5% and 50.5% respectively. Dewatering and drying appeared to be most effective with high initial moisture content material.

Le taux de déshydratation mécanique a été en moyenne de 9,9 % chez le tulipier, de 9,0 % chez le pin à encens et de 5,3 % chez l'érable rouge, l'intervalle des taux variant de 1 à 21 %. Après cinq jours de séchage à l'air, au soleil, le taux de réduction de l'humidité des résidus des trois essences était de 90,5, de 89,5 et de 50,5 %, respectivement. La déshydratation et le séchage semblaient plus efficaces quand l'humidité initiale du bois était élevée.

Cycle comminution energy amounted to 662 MJ/ODT for the yellow poplar, 630 MJ/ODT for the loblolly pine and 732 MJ/ODT for the red maple. In the same order, machine comminution energy was 115, 139 and 187 MJ/ODT, and machine dewatering energy was 1.1, 2.0 and 4.0 MJ/kg water. In contrast to a former version equipped with a single pair of rollers, machine comminution energy doubled and machine dewatering energy remained the same.

La dépense d'énergie de fragmentation par cycle s'est élevée à 662 MJ/tonne anhydre de tulipier, à 630 de pin à encens et à 732 d'érable rouge, tandis que l'énergie de fragmentation par machine était respectivement de 115, de 139 et de 187 MJ/tonne anhydre, et l'énergie de déshydratation par machine était de 1,1, de 2,0 et de 4,0 MJ/kg d'eau. Comparativement à une variante antérieure dotée d'une seule paire de rouleaux, l'énergie de fragmentation par machine a doublé et l'énergie de déshydratation par machine est restée la même.

Roller speeds affected mechanical dewatering and quality of splinters, particularly in the case of yellow poplar. Still, with the same species, dewatering capacities are significantly increased with two pairs of rollers as opposed to a single pair. With medium and high-density species, for instance red maple, high crushing forces do not necessarily improve roll crushing quality. Although the high resilience of crushed material might

La vitesse des rouleaux a influé sur la déshydratation mécanique et sur la qualité des éclats de bois, de tulipier particulièrement. Pourtant, chez la même essence, la capacité de déshydratation augmente considérablement si on utilise deux paires de rouleaux plutôt qu'une seule. Chez les essences à bois de densité moyenne et élevée, par exemple l'érable rouge, la force élevée de broyage n'améliore pas nécessairement la qualité du défibrage. Même si la forte résilience du bois écrasé peut empêcher son séchage, elle pourrait faciliter la mise en ballots et le compactage ultérieurs.

impede drying, it could facilitate subsequent baling and compaction operations.

388. DU SAULT, A. 1985. The development and trial of two prototype machines (RECUFOR and LRP) for forest biomass recovery. FERIC, Spec. Rep. SR-36 (ENFOR P-210). 32 p. + app.

The RECUFOR prototype was built in 1982 as the result of the first stage of the project. The RECUFOR was capable of doing the following: (1) enter the logging site and recover, with a collecting drum, on-the-ground logging residues, (2) comminute this material into sizes suitable for handling, (3) store, transport and unload residuals at roadside.

On the whole, the prototype performance during the trials established that the basic concept of recovering residues left on logging sites was technically feasible, but that the recovery costs for this type of biomass were too high to develop this machine further towards a commercial unit.

A second prototype, called the LRP, was then built in order to follow the change of world energy needs and Canadian logging practices that occurred in the 1980-82 period. The LRP is a self-propelled machine, which travels on logging roads recovering residues left at roadside after whole-tree delimiting operations. It is equipped with a two-stage reduction process (shearing and hammer milling), with before-and-after reduction handling facilities.

Some preliminary tests on the LRP were undertaken in 1984, and the test results indicated that a productivity level of 20 green tonnes/SMH could be reached if some modifications on the prototype were made.

Voir 389 pour le français.

389. DU SAULT, A. 1986. Développement et mise à l'essai des prototypes du RECUFOR et du LRP en vue de la récupération de la biomasse forestière. FERIC, Rapp. spec. RS-36 (ENFOR P-210). 31 p. + ann.

Dans une première étape, le projet a donné lieu en 1982 à la construction du prototype du RECUFOR. Le RECUFOR était capable d'effectuer les opérations suivantes : (1) pénétrer sur le parterre de coupe pour y récupérer à l'aide d'un tambour de ramassage les résidus laissés sur le sol, (2) réduire ce matériel à des dimensions favorisant une manutention en vrac, (3) accumuler, transporter et décharger les résidus en bordure de route.

Dans l'ensemble, la performance du prototype lors des essais a montré que le concept de base était techniquement réalisable, mais que les coûts de

récupération de cette biomasse étaient trop élevés pour justifier le développement commercial d'une telle machine.

Un deuxième prototype du nom de LRP, ou fragmenteuse-broyeuse de résidus, fut construit pour répondre aux changements survenus durant la période 1980-1982 dans les besoins énergétiques à l'échelle mondiale, ainsi que dans les techniques d'exploitation pratiquées au Canada. Le LRP est une machine autopropulsée, qui se déplace sur les chemins forestiers pour récupérer les résidus laissés en bordure de route, à la suite d'opérations d'ébranchage d'arbres entiers. Elle comporte un double système de transformation (fragmentation

par tranchage et broyage), avec dispositifs de manutention avant et après traitement.

Les essais préliminaires du LRP entrepris en 1984 ont indiqué qu'il serait possible

See 388 for English.

390. FORESTAL INTERNATIONAL LTD. 1983. Further development of logging residue processing systems. Forestal International Limited, Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-183. 31 p. + app.

Cost-efficient systems for collecting and processing logging residues must be developed in order to promote and encourage the utilization of wood fiber and energy potentially available in this material.

On two sites representing a range of topographic conditions normally encountered on west coast logging sites, logging residues were inventoried and collected into piles. A crawler tractor with brush blade was used to pile residues on a moderately sloped site. A mobile highlead tower was used to yard residues on a steeply sloped site. In order to overcome some of the problems and limitations of using mobile chippers to process logging residues at field sites, a mobile shear-type processor was designed and built. The processor was used to shear residues into bolts of uniform length. Some of this material was transported to a pulp mill for reprocessing into fuel chips.

Productivity, cost and fuel consumption data were determined for each phase of the operation. The study included an energy balance calculation and a cost-benefit analysis. Results indicate that a shear-type processing system is a technically feasible alternative to mobile chippers. The economic feasibility of the systems tested depends upon topographic conditions, efficiency of the processing operation and the potential for upgrading a portion of the logging residues to a higher-value product such as pulp chips.

d'atteindre une productivité de 20 t humides/HMPv, si certaines modifications étaient apportées au prototype actuel.

Il faut mettre au point des dispositifs efficaces quant aux coûts pour la collecte et la transformation des résidus de coupe afin de promouvoir et d'encourager l'utilisation de la fibre de bois ainsi que l'énergie que cette dernière est susceptible de renfermer.

Dans deux stations, représentatives d'une gamme de conditions topographiques normalement observées dans les parterres de coupe de la côte ouest, on a fait l'inventaire des résidus de coupe et on a constitué deux tas de ces derniers. L'empilage, sur une pente modérément douce, a été effectuée à l'aide d'un tracteur à chenilles doté d'une lame de débroussaillage. Une tour mobile de téléphéage a servi à l'empilage des résidus sur une pente raide. Afin de prévenir certains problèmes et certaines restrictions qui s'opposent à l'emploi, sur place, de déchiqueteuses mobiles, on a conçu et construit une tronçonneuse-ébrancheuse mobile à cisailles, qui a servi à découper les résidus en billots de longueur uniforme. Une partie de ces résidus a été transportée vers une usine de pâte pour y être transformée en copeaux combustibles.

Pour chaque étape de la transformation, on a déterminé la productivité, les coûts et la consommation de combustible. L'étude comportait le calcul du bilan énergétique et l'analyse du rapport avantages/coûts. Ses résultats montrent que l'ébrancheuse-tronçonneuse à cisailles est une solution de rechange techniquement attrayante aux déchiqueteuses mobiles. La faisabilité économique des systèmes éprouvés dépend de la topographie, de l'efficacité de la transformation ainsi que de la valorisation potentielle d'une partie des résidus en un produit d'une valeur plus grande, par exemple les copeaux à pâte.

- 391 GEMMELL, D.; WARD, M.; DAVIES, L. 1981. The feasibility of a home heating fuelwood industry on southern Vancouver Island. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-224. 23 p. + app.

A feasibility study of a home heating fuelwood industry was conducted for the southern tip of Vancouver Island. Demand for firewood was conservatively estimated at 64 000 cords for 1980-81 and is expected to almost double to 119 000 cords by 2001. The total supply of alder in the study area is estimated to be 490 830 cords (41 720 500 ft³). Each year 174 410 cords (14 824 860 ft³) of logging residue are produced in the study area, but much of this is unavailable for various reasons. The economics of several scales of fuelwood operations were examined. We believe a system of alder harvesting with a mini-alp highlead system, and processing and delivery from a depot is the best approach. No specific legislation exists regarding the use of alder or wood waste as a resource, and this may be a hindrance to the establishment of a fuelwood industry.

Une étude de praticabilité d'une industrie du bois de chauffage domiciliaire a été menée en ce qui concerne l'extrémité méridionale de l'île Vancouver. La demande de bois de chauffage a été estimée de façon modérée à 64 000 cordes pour la période 1980-1981 et elle est appelée à presque doubler à 119 000 cordes d'ici l'an 2001. L'approvisionnement total en bois d'aulne dans l'aire de l'étude est estimé à 490 830 cordes (41 720 500 pieds³). Chaque année, l'exploitation du bois d'aulne dans cette aire produit 174 410 cordes (14 824 860 pieds³) de rémanents dont la majeure partie n'est pas disponible pour diverses raisons. Après un examen des aspects économiques de plusieurs étapes des opérations de production du bois de chauffage, nous pensons que la meilleure solution serait un système d'exploitation de l'aulne couplé à un système de traînage relevé sur terrain peu accidenté avec des opérations de conversion et de livraison à partir d'un dépôt. Il n'existe pas de législation spécifique sur l'utilisation des rémanents de bois d'aulne en tant que ressource, ce qui pourrait constituer un obstacle à l'établissement d'une industrie du bois de chauffage.

392. GONZALEZ, J.S. 1987. Wood density of tree species in British Columbia. FORINTEK Can. Corp., West. Reg., Unpubl. Rep. ENFOR P-335. 28 p.

Published and unpublished data on stemwood density of 22 British Columbia tree species were analyzed and collated. The methods of sampling and analysis used by the different authors were described. Relationships between whole-stem density and the different tree and site variables were examined by using data collected in a biomass study. The relative densities of breast-height increment cores from selected plus trees of nine softwood species were analyzed by seed zone. Variation in density between and within seed zones was examined for each species. Relative density of inner and outer portions of the same core were compared.

On a analysé et rassemblé des données publiées et inédites sur la densité du bois de tige de 22 essences de la Colombie-Britannique. Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées par les différents auteurs ont été décrites. On a examiné les relations entre la densité de la tige complète et les différentes variables se rapportant aux arbres et aux stations, à l'aide de données recueillies au cours d'une étude de la biomasse. On a analysé, selon la zone semencière, la densité relative de carottes prélevées à hauteur de poitrine chez neuf résineux plus. Pour chaque essence, on a examiné la variation de la densité entre les zones semencières et à l'intérieur de ces dernières. On a comparé la densité relative des parties intérieures et extérieures de la même carotte.

Results showed that density values varied with the method of sampling and analysis. Estimates of whole-stem density obtained in a biomass study gave higher results than those obtained in other studies. In some species, density appeared to increase with total age of the tree and remained constant for a number of years before it declined with more advanced age. The relative density of plus tree cores showed generally lower values in the inner half than in the outer half, reflecting the lower density of juvenile wood compared to mature wood. Between-tree variation in core relative density within sites was high, which offers potential for genetic gain through selection.

Les résultats montrent que la densité varie selon la méthode de prélèvement et d'analyse. L'estimation de la densité de la tige entière obtenue à l'occasion d'une étude sur la biomasse a été supérieure aux résultats obtenus dans d'autres études. Chez certaines essences, la densité semble augmenter avec l'âge total de l'arbre, puis reste constante pendant un certain nombre d'années avant de diminuer avec la vieillesse. La densité relative des carottes des arbres plus était généralement inférieure dans la moitié intérieure de la carotte et supérieure dans la moitié extérieure, traduisant ainsi la densité moindre du bois juvénile par rapport au bois à maturité. D'un arbre à l'autre, la variation de la densité relative des carottes prélevées dans la même station était élevée, ce qui offre la possibilité d'un gain génétique par le biais de la sélection.

393. GONZALEZ, J.S. 1988. Wood density of tree species in British Columbia. Pages 106-109 *in* C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Biomass studies, which are usually designed to quantify existing forest resource material, provide an important source of information for the tree improvement worker. Data from a biomass study yielded stem density values for 21 British Columbia tree species and provided an opportunity for the analysis of tree- and site-variable effects on stem density. For Douglas-fir, the relationship between stem density and age of the tree was similar for the coastal and the interior sites.

Les études de la biomasse, normalement conçues de façon à quantifier les ressources forestières existantes, sont une importante source de renseignements en vue de l'amélioration des arbres. Une étude de la biomasse a fourni des valeurs pour la densité de la tige de 21 espèces d'arbres de la Colombie-Britannique et a permis d'analyser les effets de variables liées aux arbres et aux terrains sur la densité de la tige. Dans le cas du sapin de Douglas, la relation entre la densité de la tige et l'âge de l'arbre est semblable pour les terrains côtiers et ceux de l'intérieur.

394. GONZALEZ, J.S. 1989. Average stemwood density of Canadian tree species derived from biomass studies. Pages 205-209 *in* E.N. Hogan, ed. Proc. Seventh Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-26 April 1989.

Review of the literature showed that different sampling and analytical techniques were used to obtain average stemwood density of Canadian tree species. To minimize the effect of such variables, average stemwood densities of Canadian softwood species presented in this paper are derived from and limited to biomass studies in which total stemwood was analyzed and trees were selected from the natural range of the species. Larch (eastern

Une étude de la documentation a révélé qu'on utilisait différentes méthodes d'échantillonnage et d'analyse pour déterminer la densité moyenne du bois de fût d'espèces d'arbres canadiennes. Afin de réduire au minimum l'effet de tels variables, les densités moyennes du bois de fût d'espèces de conifères canadiennes, qui sont présentées dans cette communication, sont tirées uniquement d'études sur la biomasse dans lesquelles tout le bois de fût était analysé et les arbres provenaient de l'aire naturelle des espèces en question. Ce sont les

and western species) gave the highest stemwood density while eastern white and western red cedar gave the lowest. Density variation in the average stemwood density of black and white spruce in five locations are presented.

mélèzes (espèces de l'est et de l'ouest) qui possédaient le bois de fût le plus dense, tandis que le cèdre blanc (à l'Est) et le cèdre rouge (à l'Ouest) possédaient la densité la plus faible. On donne la variation de densité moyenne du bois de fût de l'épinette noire et de l'épinette blanche à cinq endroits.

395. GONZALEZ, J.S. 1990. Wood density of Canadian tree species. For. Can., Nor. For. Cent., Info. Rep. NOR-X-315. 76 p. + app.

Total-stem and breast-height wood density data from published and unpublished sources are presented for Canadian tree species grown in and outside of Canada. Calculations for mean density and coefficient of variation were made when necessary. Variations, geographic sources and characteristics of sample trees are included to assist the reader in making comparisons with the density values presented. Sampling locations, methods of sampling and density calculations are described. To assist the reader in converting wood density values from green volume to oven-dry volume basis, the conversion formula and a table of percent volumetric shrinkage are also presented.

Les résultats d'une compilation des données disponibles, publiées ou inédites, sur la densité du bois, pour l'ensemble de la tige et à hauteur de poitrine, d'arbres canadiens poussant au Canada ou ailleurs sont présentés. Les moyennes et les coefficients de variation ont été calculés au besoin. Pour rendre les comparaisons plus faciles, les variations, les sources géographiques et les caractéristiques des arbres-échantillons sont indiquées. Des détails sur les lieux et les méthodes d'échantillonnage ainsi que sur le calcul de la densité sont aussi inclus. Enfin, une formule de conversion et une table des pourcentages de retrait volumétrique sont fournies pour aider le lecteur à convertir les valeurs de la densité à l'état vert aux valeurs correspondantes à l'état anhydre.

396. GUIMIER, D.Y. 1985. Evaluation of forest biomass compaction systems. FERIC, Spec. Rep. SR-30 (ENFOR P-313). 52 p.

Chipping the forest biomass material in the woods (or comminuting it by other means) is the most common method presently used to prepare it as fuel. The present report investigates compaction as an addition or alternative to comminution. The main purpose of compaction is to reduce the bulk density of the material and to form it into uniform and manageable units. Data from the United States and Sweden show that logging slash and small trees generally have a bulk density ranging from 130 to 220 kg/m³ and a solid volume factor of 20 to 25%. For optimum truck transport, logging slash and small trees should be compacted to a volume reduction ratio of 0.3 to 0.5. The bulk density of fuel chips is also usually less than 300 kg/m³ and

compaction would also, to some extent, reduce their transport cost.

The objective of this state-of-the-art study was to identify all types of compaction systems whether or not they were used for forest biomass. It was found that among these systems, which are generally used by other industries, the square baler and the cotton module builder showed the most promise for the compaction of forest residues at roadside. Among the prototypes specifically developed to handle woody biomass, the VPI baler concept appears particularly well suited to the Canadian need for a baler that can handle logging slash at roadside. On-truck compactors are mainly of interest when transporting tree sections or whole trees. Densification is an energy-hungry process best suited for fixed installation.

Voir 398 pour le français.

397. GUIMIER, D.Y. 1985. Evaluation of forest biomass compaction systems: Milestone I report. Agric. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-313. 83 p.

The first stage of the project is a review of the state of the art in compaction technology and the development of a database of compaction equipment available. The literature survey in the field of biomass compaction has yielded over sixty reports which were gathered and reviewed. This Stage 1 report presents the equipment included in the database and covers woody biomass compaction equipment as well as equipment used by other industries like agriculture, waste management and recycling.

This report: (1) summarizes the information accumulated to date in this project; (2) lists the literature reviewed; (3) presents a printout of the database of compaction equipment identified and; (4) lists the relevant companies considered including (when possible) the name of individual contacts.

Dans un premier temps, on a examiné les techniques de pointe dans le domaine du compactage et on a construit une base de données sur les compacteurs disponibles. Une étude bibliographique des compacteurs de la biomasse a livré plus de 60 rapports, qui ont été analysés. Dans le rapport qui termine la première étape de l'étude, on présente le matériel mentionné dans la base de données, c'est-à-dire les compacteurs de la biomasse ligneuse de même que les compacteurs utilisés dans d'autres sphères d'activités telles que l'agriculture, la gestion des déchets et le recyclage.

Le rapport : (1) résume les renseignements recueillis jusqu'à ce jour durant les travaux; (2) énumère les publications examinées; (3) présente un imprimé de la base de données construite sur le matériel de compactage; et (4) énumère les entreprises et sociétés examinées, y compris (lorsque c'était possible) le nom des personnes à joindre.

398. GUIMIER, D.Y. 1986. Évaluation de systèmes de compactage de la biomasse forestière. FERIC, Rapp. spec. RS-30 (ENFOR P-313). 44 p.

Le déchiquetage (ou d'autres formes de fragmentation) du matériel ligneux en forêt est la méthode la plus couramment utilisée pour le préparer à servir de combustible. Le présent rapport étudie le compactage, soit comme étape s'ajoutant à la fragmentation, soit comme alternative à la fragmentation. Le but principal du compactage vise à réduire la densité apparente du matériel et à produire des éléments uniformes et faciles à manipuler. Des données tirées de la documentation américaine et suédoise montrent que les résidus d'exploitation et les petits arbres ont généralement une densité apparente variant de 130 à 220 kg/m³ et un coefficient de conversion en volume réel de 20 à 25 %. Pour optimiser le

camionnage, les résidus d'exploitation et les petits arbres devraient être compactés selon un rapport de compression de 0,3 à 0,5. Habituellement, la densité apparente des copeaux énergétiques est elle aussi inférieure à 300 kg/m³ et le compactage devrait également, dans une certaine mesure, diminuer leur coût de transport.

La présente étude, portant sur la technologie de pointe, avait pour but d'identifier tous les types de systèmes de compactage, qu'ils soient ou non utilisés pour la biomasse forestière. On a trouvé que de tous ces appareils, la presse à balles carrées et la presse pour balles de coton semblaient les systèmes les plus prometteurs pour le compactage des résidus d'exploitation en bordure de route. Les prototypes conçus spécialement pour traiter la biomasse ligneuse ont été regroupés en trois catégories

principales. Le principe de la presse VPI semble particulièrement bien adapté aux besoins qui existent au Canada d'une presse capable de traiter les résidus d'exploitation en bordure de route. Les compacteurs intégrés aux camions sont

intéressants surtout lors du transport de sections d'arbres ou d'arbres entiers. Quant à la densification, c'est un procédé qui consomme beaucoup d'énergie et qui convient davantage à une installation fixe.

See 396 for English.

HAMILTON, D.D. 1982. Design of an experimental prototype of the RECUFOR-S. Pages 159-160 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The delivery of full trees to roadside for delimiting and topping is a harvesting sequence which is finding increasing popularity in Canada. An important secondary benefit of these operations is that branches and tops are concentrated and serious consideration can now be given to their use for energy purposes. The RECUFOR-S is a new machine concept for gathering and processing these residues. It is designed for compatibility with the sliding boom delimiters which now dominate roadside operation. Through a multistage reduction process and a high-velocity discharge, it is able to densify the material sufficiently to permit economical long-distance transport.

Le transport des arbres entiers jusqu'en bordure d'une route pour l'ébranchage et l'écimage est une méthode qui se généralise de plus en plus au Canada. Un autre avantage important de cette méthode est que les branches et cimes sont ainsi rassemblées et qu'on peut donc envisager leur utilisation énergétique. Le RECUFOR-S est un nouveau type de machine, conçu pour recueillir et traiter ces résidus. La machine serait compatible avec les ébrancheurs à flèche coulissante qui prédominent actuellement dans les opérations en bordure de route. Grâce à un système déchiqueteur multi-étages et à une cadence rapide de décharge, elle est capable de compacter suffisamment les matériaux pour permettre leur transport économique à grande distance.

HAMILTON, D.D. 1982. The development of machinery for the recovery and preparation of biomass feedstocks for conversion systems at a central full-tree processing complex. Pages 155-156 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

The value of forest biomass as an energy source is increasing. Machinery and methods for collecting, treating and converting the material are needed in order to realize this value. One of the most promising concepts calls for the gathering and shipment of full trees to a central processing complex. Because of the scale of such an operation, all processes can be optimized for quality and economy and all hitherto waste material treated to maximize the energy recovery.

La valeur de la biomasse forestière comme source d'énergie s'accroît. Il est nécessaire de disposer de machines et de méthodes pour la récolte, le traitement et la transformation des matières premières pour tirer parti de cette ressource. L'une des approches les plus prometteuses fait appel à la récolte et au transport d'arbres entiers vers un complexe de traitement centralisé. Étant donné l'échelle d'une telle opération, tous les procédés peuvent être optimisés des points de vue de la qualité et de la rentabilité et tous les déchets produits traités de façon à maximiser la récupération d'énergie.

401. HAMILTON, D.D. 1984. Logging residue processor. Page 208 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

The successful testing of the prototype RECUFOR 'M' and the experience which has been gained with its novel gathering rotor has led to a search for other possible applications for this rotor. In early 1983, a decision was taken to explore the possibility of applying it to the recovery of residues left concentrated after sliding boom delimeter operations. A prototype logging residue processor will be fielded in 1984. It will employ the RECUFOR 'M' chassis for convenience, operate from roads and, employing an extra long boom, will feed residue to a combination RECUFOR rotor, hog and blower.

Le succès obtenu lors des essais du prototype RECUFOR 'M' et l'expérience acquise avec son nouveau rotor de cueillette nous a amenés à rechercher d'autres applications pour ce rotor. Au début de 1983, nous avons décidé d'étudier la possibilité d'utiliser le rotor pour récupérer les rémanents concentrés après ébranchage à la flèche coulissante. Un prototype sera testé sur le terrain en 1984. On utilisera, pour plus de facilité, un chassis RECUFOR 'M' qui, à partir des chemins et à l'aide d'une flèche extra-longue, alimentera en rémanents l'appareil RECUFOR comportant le rotor, une déchiqueteuse et une soufflerie.

402. HAMILTON, D.D.; ROUTHIER, J.-G. 1981. Centre de traitement d'arbres entiers résineux. Pages 321-325 in Compte rendu du troisième séminaire de R.&D. en bioénergie, Ottawa (Ontario), 24-25 mars 1981.

Les travaux conduits en 1979-1980 ont montré que l'exploitation et le transport d'arbres entiers peuvent s'effectuer efficacement sans modifications majeures aux équipements d'exploitation et de transport. Cette façon d'exploiter les forêts permet, pour le sapin et l'épinette, d'acheminer jusqu'à l'usine de 65 à 90 % des branches et des cimes. Le taux de récupération dépend de la saison et du mode d'exploitation employé. L'étude et la conception d'équipements pour récupérer les branches et les cimes à l'usine et les réduire à une forme facilitant leur usage pour la production d'énergie est la dernière partie du projet en cours. Les travaux sur cet aspect font l'objet de cette présentation.

The work carried out in 1979-80 showed the possibility of harvesting and transporting whole trees efficiently without any major changes to the felling and transport equipment. With this logging method, 65 to 90% of the limbs and crowns of fir and spruce can be transported to the mill. The utilization percent will depend on the season and the felling method used. The design of equipment for recovering the limbs and crowns at the mill and reducing them to a form suitable for power production constitutes the final portion of the current project. The work on this aspect forms the subject of this presentation.

403. HARDING, R. 1983. The design and development of a bundling attachment for the Mini Rotation Harvester MK-II. Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-201. 13 p. + app.

A bundling attachment consisting of a modified mechanical sealing tool utilizing a plastic strap was designed and incorporated on the Mini Rotation Harvester. Although the device was

Un organe de bottelage constitué d'une pièce mécanique modifiée de scellage fonctionnant au moyen d'une bande de plastique a été conçu et intégré à l'abatteuse-ironçonneuse *Mini Rotation Harvester*. Même s'il était suffisamment

developed to the point where it would perform reliably during bench tests, operation on the machine was not satisfactory. This was because of several design problems with the harvester which had not been previously evident. Some of these were a result of modifications carried out on the harvester to facilitate installation of the bundling attachment fabricated under this contract. The shop and field tests confirmed that the bundling attachment system would not function without a major redesign effort on the bunker transport system of the prototype Mini Rotation Harvester.

perfectionné pour fonctionner de façon fiable en banc d'essai, il n'a pas donné satisfaction sur l'engin forestier, en raison de plusieurs problèmes de conception de l'abatteuse qui, jusqu'alors, n'étaient pas évidents. Certains de ces problèmes provenaient des modifications apportées à l'engin pour faciliter l'installation de l'organe de bottelage fabriqué dans le cadre du contrat. Les essais en usine et sur le terrain ont confirmé que cette pièce ne fonctionnerait pas sans modification majeure du berceau de débardage du prototype de l'abatteuse.

404. HENRY, G.; HANSON, A.J.; FREEDMAN, B. 1982. The renewable energy potential of Nova Scotia's hardwoods. *Biomass* 2:139-151.

The hardwood resource of Nova Scotia currently has a surplus of low merchantable quality biomass of about 800 000 m³/year. This surplus could range from 130 000 to 1 770 000 m³/year once projected hardwood demands of the forest industries are accounted for, and if some assumptions used in annual allowable cut calculations are altered. Using this excess hardwood biomass for energy production would provide a market for this low-quality wood, provide economic incentives for better management of the hardwood forests and have various environmental, social and economic benefits throughout the province. Five wood energy processes were investigated, including: (i) residential heating; (ii) methanol production; (iii) wood fuel in the pulp and paper industry; (iv) wood-fired thermal electrical generation; and (v) electrical generation from wood-gas/diesel fuel engines. A proposed wood energy mix of residential heating, fuelwood in the pulp and paper industry and wood-based methanol production could use a total of 1 000 000 to 1 200 000 m³/year of hardwood by the year 1990. This could provide between 755 and 840 jobs and generate \$17.0 to 19.0 million throughout the regional economy of Nova Scotia.

Le surplus de biomasse de feuillus de faible qualité marchande dont est dotée la Nouvelle-Écosse et qui totalise 800 000 m³/an pourrait varier de 130 000 à 1 770 000 m³/an si l'on tient compte de la demande prévue de feuillus dans l'industrie forestière et si on modifie certaines hypothèses employées dans le calcul de la possibilité annuelle. La transformation de ce surplus en énergie constituerait un débouché pour ce bois de peu de qualité, elle encouragerait, sur le plan économique, l'aménagement amélioré des forêts de feuillus et elle se traduirait en divers avantages écologiques, sociaux et économiques dans toute la province. On a examiné cinq débouchés énergétiques pour ce bois : (i) le chauffage résidentiel; (ii) la production de méthanol; (iii) l'emploi comme combustible dans l'industrie des pâtes et papiers; (iv) la production d'électricité par voie thermique dans une centrale alimentée au bois; (v) la production d'électricité à l'aide de moteurs fonctionnant au gazole et au gaz de bois. D'ici l'année 1990, une combinaison proposée des trois premiers débouchés pourrait consommer de 1 000 000 à 1 200 000 m³ de feuillus par année. On créerait ainsi entre 755 et 840 emplois et on injecterait de 17,0 à 19,0 M\$ dans l'économie régionale de la Nouvelle-Écosse.

405. HOUDE, N. 1981. Bilan énergétique de la récupération des résidus d'abattage dans l'exploitation par arbres entiers en une ou deux fois. Pages 49-53 in Compte rendu du troisième séminaire de R.&D. en bioénergie, Ottawa (Ontario), 24-25 mars 1981.

Deux opérations d'exploitation par arbres entiers ont été effectuées dans des peuplements de conifères, de feuillus et mixtes, à trois niveaux de densité pour chaque type de peuplement, afin de déterminer le bilan énergétique des différentes solutions. Dans le premier cas, l'exploitation consistait à couper tous les arbres, puis à faire le tri et le traitement à la route. Dans le deuxième cas, on faisait d'abord l'abattage des espèces commerciales, puis ensuite la récolte du reste dans une deuxième opération. Dans les deux cas on a utilisé du matériel classique d'exploitation forestière.

Two full-tree logging operations were conducted in softwood, hardwood and mixedwood stands, with three density levels for each stand to determine the energy balance in each case. In the first case, all standing trees were extracted with processing and sorting at roadside. In the second case, commercial species were removed in a first pass and non-commercial species were recovered in a second pass. Conventional equipment currently used on logging operations was used in both cases.

406. HOUGH, STANSBURY AND ASSOCIATES LTD. 1979. Energy from forest biomass: Public awareness program. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-11. 89 p. + app.

A wide variety of media and methods are proposed for the buildup of the program over five years. They include: the mass media; a newsletter, acting as the main continuing source of information for ENFOR events; films and an energy primer available to educational institutions and others dealing fully with forest biomass energy issues; a travelling intercity exhibit; an energy trail at the visitor centre Petawawa Forest Experiment Station; and a number of additional interpretive exhibits with demonstration projects across the country.

A logo for ENFOR is proposed that will have application to all communication media. A sample newsletter, promotional letter and T.V. board are also included.

Une grande variété de moyens et de méthodes est proposée pour la mise sur pied du programme sur une période de cinq ans : les moyens de communication de masse; un bulletin, qui servirait de source principale et ininterrompue de renseignements sur les manifestations de l'ENFOR; des films et des guides de présentation sur les questions d'énergie, qui seraient distribués dans les établissements d'éducation et autres et qui traiteraient de façon exhaustive des enjeux énergétiques et de la biomasse forestière; une exposition qui se déplacerait d'une ville à l'autre; une piste d'excursion au centre d'accueil de l'Institut forestier national de Petawawa; et un certain nombre de pièces supplémentaires d'exposition didactique qui accompagneraient les projets de démonstration d'un bout à l'autre du pays.

On propose un logotype pour ENFOR, qui s'appliquera à tous les médias de communication. Un spécimen de circulaire, de lettres de promotion et de scénarios de messages télévisés sont également fournis.

407. I.D. SYSTEMS LTD. 1985. Biomass and energy potential of main tree species of Manitoba: Phase I. I.D. Systems Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-315. 71 p. + app.

This report is presented in two parts. The first part describes field sampling of 40 trees for biomass determination and calorific value tests. Ten species commercially harvested in Manitoba were considered. Four diameter classes for each species were sampled. Each of the trees was dissected to determine the mass of the eight individual components. Samples of each component were dried in forced-air convection ovens to determine the initial moisture content (dry mass basis). These samples were then crushed and submitted for calorific testing in an oxygen bomb calorimeter. These data are intended to be applied to Canadian Forestry Resource Data System (CFRDS) data in the near future to establish an inventory of energy potential.

The second part of this report addresses the current and potential use of biomass energy. Through a questionnaire survey of some of the primary and secondary wood-using industries in Manitoba, an extensive review of literature, and interviews with federal and provincial foresters, economists and planners, current and future use of forest biomass was examined. Current use was assessed from data on mill wastes, merchantable surplus and logging residues.

Le rapport comporte deux parties. Dans la première, on décrit l'échantillonnage de 40 arbres pour des essais de détermination de la biomasse et de la valeur calorifique. L'essai a porté sur 10 essences marchandes du Manitoba. Quatre classes de diamètre ont été échantillonnées dans chaque essence. Chaque arbre a été découpé en huit parties, afin d'en déterminer la masse. Des échantillons de chaque partie ont été séchés dans des étuves à convection forcée pour déterminer l'humidité initiale (par rapport à la masse sèche). Ces échantillons ont ensuite été broyés et soumis à une détermination calorimétrique dans une bombe à oxygène. Les données obtenues devraient être chargées, dans un proche avenir, dans le Système canadien de données sur les ressources forestières (SCDRF), afin d'établir un inventaire des potentiels énergétiques.

La deuxième partie du rapport concerne les emplois actuels et potentiels de l'énergie de la biomasse. Grâce à un sondage par questionnaire adressé à quelques-unes des industries manitobaines utilisatrices de bois dans les secteurs primaire et secondaire, à une vaste étude bibliographique et à des entrevues auprès d'ingénieurs forestiers, d'économistes et de planificateurs fédéraux et provinciaux, on a analysé les emplois actuels et éventuels de la biomasse forestière. Les emplois actuels ont été évalués à l'aide de données concernant les déchets de scieries, les surplus marchands et les résidus de la coupe.

408. I.D. SYSTEMS LTD. 1985. Biomass and energy potential of main tree species of Manitoba: Phase II. I.D. Systems Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-315. 13 p.

This report is intended to inventory energy reserves in forest biomass by management unit, forest section and for the province of Manitoba in general. Using the Canadian Forestry Resource Data System (CFRDS) as the biomass data base, the potentials for energy conversion in each of the area units mentioned above can also be evaluated by species, site quality (tree size), and specific components. Calorific values derived in

Le rapport vise à dresser l'inventaire des réserves énergétiques de la biomasse forestière par unité d'aménagement, par section forestière et pour l'ensemble du Manitoba. À l'aide du Système canadien de données sur les ressources forestières (SCDRF), base de données sur la biomasse, on peut évaluer le potentiel de transformation énergétique dans chacune des unités susmentionnées, selon l'essence, la qualité stationnelle (dimension des arbres) et les éléments spécifiques de ces derniers.

Phase I will be used in conjunction with the CFRDS data to yield values in terms of Megajoules.

The best areas to explore potential for biomass-energy conversion are those in which there is a nearby large community of potential consumers, good road and rail infrastructure, ready access to forest areas, and established regional logging and processing industry. On the basis of these criteria only five of the ten forest sections in Manitoba show much promise of utilizing biomass for energy conversion.

Les valeurs calorifiques obtenues à la première étape serviront, en même temps que les données du SCDRF, à déterminer les rendements en mégajoules.

Les meilleures régions pour examiner le potentiel de la conversion énergétique de la biomasse renferment un gros bassin rapproché de consommateurs éventuels, une bonne infrastructure routière et ferroviaire, un accès facile aux régions forestières ainsi qu'une industrie régionale bien établie de coupe et de transformation. Selon ces critères, l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques n'est très prometteuse que dans 5 sections forestières sur 10 seulement au Manitoba.

409. JONES, K.C. 1980. Energy requirements for reduction of forest biomass to fuel stocks. Pages 203-207 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

Fundamental principles of comminution, and reduction equipment which is presently available are being studied to develop or demonstrate equipment which is the least energy-demanding in reducing forest biomass to a useable fuel. The study will include a field trial/demonstration of equipment selected on the basis of its energy efficiency in a harvest of logging residues for energy.

Nous étudions les principes fondamentaux des installations de broyage et de conversion actuellement disponibles afin de mettre au point ou de faire la démonstration de nouvelles installations pour la conversion de la biomasse forestière en combustible au coût énergétique le plus bas possible. Les installations qui répondent le mieux à cette exigence seront soumises sur le terrain à des essais de conversion en combustible des déchets d'abattage.

410. JONES, K.C. 1981. A review of energy requirements to comminute harvesting residues. FERIC, Spec. Rep. SR-14 (ENFOR P-28). 38 p. + app.

This report compares, in graphical and tabular form, the energy required to comminute woody material into various nominal size particles. The energy requirements presented are independent of materials handling effects, having been drawn primarily from laboratory test results. They have been adjusted to a common electric motor basis assuming 85% and 30% conversion/transmission efficiencies for electric and internal combustion engines, respectively. They have been presented in terms of the oven-dry productivity of the mechanisms, as oven-dry tonnes/Megajoules (ODT/MJ).

Dans le rapport, on compare, graphiques et tableaux à l'appui, l'énergie nécessaire à la fragmentation du bois en diverses particules de taille nominale. Les chiffres présentés sont indépendants des effets de la manutention, puisqu'ils ont été principalement déterminés à partir d'essais en laboratoire. Ils ont été ramenés à un moteur électrique commun, selon un rapport conventionnel de la conversion à la transmission de 85 et de 30 % pour les moteurs électriques et les moteurs à combustion interne, respectivement. Ils sont exprimés en unités de productivité de chaque mécanisme en tonnes anhydres/mégajoule.

En général, pour réduire les dépenses d'énergie, les résidus de la coupe devraient être désintégré après

In general, the review shows that to reduce energy requirements, harvesting residues should be comminuted after drying below the Fiber Saturation Point, particularly when impact machines are considered. Impact machines such as slash cutters can be used to produce large-size particles, 15 cm nominal, for roughly the same energy requirements as chippers producing 2.5 cm particles. The involuted disc chipper and spiral head chipper are able to produce 7.5 cm particles for one-third of the energy requirement of pulp chippers. However, they are presently limited to processing material with a diameter of less than 15 cm. Roll crushing is a promising technique for preparing long, sliver-like particles from roundwood and slash.

Baling of residues has the greatest potential for reducing energy requirements. Calculations indicate that shearing and compacting residues into 1 m³ bales requires roughly one-quarter of the energy needed to chip it into 2.5 cm-long pulp chips.

411. JONES, K.C. 1981. Baling roll-split harvesting residues. FERIC, Spec. Rep. SR-15 (ENFOR P-28). 16 p.

Past experiments have identified the need for an infeed mechanism particularly suited to the requirements of harvesting residue balers. This report describes tests carried out on bale-rolled crushed slash and roundwood. Tests were intended to determine whether this process could be used to pre-process, dewater and infeed material to a baler. The energy requirements to roll crushed slash are presented, as are the solid volume factors and bulk densities achieved by baling crushed wood.

avoir été séchés sous le point de saturation des fibres, notamment lorsqu'on utilise des machines de fragmentation par impact. Ces machines, comme les débroussailleuses à fléaux, peuvent servir à produire de gros fragments, de 15 cm de taille nominale, en dépensant à peu près la même énergie que les déchiqueteuses donnant des copeaux de 2,5 cm. Les fragmenteurs à disques et les déchiqueteuses à tête en spirale peuvent produire des fragments de 7,5 cm en consommant le tiers de l'énergie des déchiqueteuses de copeaux de papeterie. Toutefois, on limite leur emploi à la transformation de matières dont le diamètre est inférieur à 15 cm. Les défibreuses à rouleaux sont prometteuses pour l'obtention d'éclats longs à partir de bois ronds et de rémanents.

La mise des résidus en ballots est la technique la plus prometteuse d'économies d'énergie. Les calculs montrent que le découpage et le compactage des résidus en ballots d'un mètre cube n'exigent que le quart de l'énergie nécessaire à leur transformation en copeaux de papeterie de 2,5 cm de longueur.

Les expériences menées jusqu'ici ont permis de cerner le besoin d'un mécanisme d'alimentation particulièrement adapté aux presses à résidus de la coupe forestière. Le rapport décrit les essais de pressage, en ballots, de bois ronds ou de rémanents écrasés au moyen de rouleaux. Les essais visaient à déterminer si l'opération pouvait servir au traitement préalable et à la déshydratation des résidus et à l'alimentation d'une presse à résidus. On présente des chiffres sur les besoins énergétiques du broyage des rémanents au moyen de rouleaux de même que les coefficients de conversion en volume plein ainsi que la densité apparente du bois écrasé et pressé en ballots.

412. JONES, K.C. 1981. Energy requirements and productivity of a portable knife hog. FERIC, Spec. Rep. SR-15 (ENFOR P-28). 13 p.

Productivities and energy efficiencies of traditional whole-tree chippers processing harvesting residues have, under most test

La productivité et l'efficacité énergétique des déchiqueteuses traditionnelles d'arbres entiers que l'on alimente en résidus de coupe ont été faibles

conditions, been poor. To compare these previous test results with a smaller, manually intensive operation, the productivity and energy consumption distribution of a portable knife hog were measured. It was fed manually from green and dry hardwood slash windrowed at roadside. The energy requirements and productivity of this operation are compared to more mechanized systems. They show the same poor results, for the same reasons — the inability of traditional linear infeed systems to maintain adequate load factors on the chipping elements.

dans la plupart des conditions expérimentales. Afin de comparer les résultats de ces essais antérieurs à ceux d'un dispositif plus petit, qui exige beaucoup d'interventions manuelles, on a mesuré la productivité d'un broyeur portable à tambour et la répartition de sa consommation d'énergie. Ce broyeur était alimenté à la main en résidus de feuillus secs et humides, déposés en andains sur le bord de la route. La consommation d'énergie et la productivité de l'opération sont comparées à celles de systèmes plus mécanisés. Les résultats sont semblablement décevants et pour la même raison, l'incapacité des systèmes traditionnels d'alimentation linéaire de maintenir un coefficient de charge suffisant pour les organes déchiqueteurs.

413. JONES, K.C. 1981. Energy requirements and productivity of the Fling Solid Waste Demolisher. FERIC, Spec. Rep. SR-15 (ENFOR P-28). 15 p.

To direct efforts in developing techniques to reduce the energy requirements of comminuting harvesting residues into fuel, the Fling Solid Waste Demolisher (SWD) was tested as it processed sort yard debris. The size distribution of its product, energy requirement distribution and productivity are discussed in detail. The results indicate the SWD's energy requirements are high in comparison to a chipper, and that it is relatively immune to damage by tramp steel and stones. Its productivity and energy efficiency are most seriously limited by the inability of linear infeed systems to maintain a load near its technical capacity.

Afin d'orienter les efforts dans la mise au point de techniques visant à économiser l'énergie durant la fragmentation des résidus de coupe de combustible, on a éprouvé un broyeur à marteaux (*Fling Solid Waste Demolisher*) durant le traitement des débris des cours de triage. La répartition granulométrique du produit, celle des besoins énergétiques et la productivité font l'objet d'une étude détaillée. Les résultats montrent que le broyeur consomme beaucoup plus d'énergie qu'une déchiqueteuse et qu'il est relativement protégé contre les dégâts dus aux corps étrangers (acier et pierres). Sa productivité et son efficacité énergétique sont plus gravement limitées par l'incapacité des systèmes d'alimentation linéaire de maintenir une charge qui approche la capacité technique du dispositif.

414. JONES, K.C. 1981. Energy requirements for preparing fuel stock from forest biomass. Pages 327-331 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

This paper describes the results of tests conducted to determine the energy requirements to process harvesting residues into fuel particles. The machines tested include a prototype hammermill (Fling Solid Waste Demolisher), drum chippers and a prototype roll crusher (TVA Fiberizer). The distribution of energy consumed during operation is described in detail, as is the size distribution of the fuel

Le document décrit les résultats d'essais effectués pour déterminer la quantité d'énergie nécessaire pour transformer les résidus de récolte forestière en particules de combustible. Les machines essayées étaient : un prototype de broyeur à marteaux (*Fling Solid Waste Demolisher*), des déchiqueteuses à tambour et un prototype de broyeuse à rouleaux (*TVA Fiberizer*). La répartition de l'énergie consommée pendant les opérations est décrite en détails, en fonction de la granulométrie des

particles produced. Emphasis is placed on the description of the roll crushing mechanism because of its unique nature and promising performance as an energy-efficient combined comminution and dewatering device.

particules produites. On a mis l'accent sur la description du broyage par rouleaux en raison de sa nouveauté et de ses résultats prometteurs en ce qui concerne son efficacité énergétique en tant que broyeur et essoreur.

415. JONES, K.C. 1981. Field tests to develop energy saving wood comminution techniques. FERIC, Spec. Rep. SR-15 (ENFOR P-28). 20 p. + app. (also contains 4 more reports by K.C. Jones).

This report condenses the results of four separate field and laboratory tests carried out:

(i) to measure the in-service productivity and energy consumption distribution of the Fling Solid Waste Demolisher (SWD) and a portable knife hog processing harvesting residues;

(ii) to determine the energy required to splinter and dewater roundwood by means of a roll crusher; and

(iii) to measure the solid volume factors achieved in baling harvesting residues previously processed by a roller crusher.

The complete report on each test is also prepared separately. Conclusions and recommendations are made on the most appropriate course to follow in developing energy-saving techniques of preparing fuel stocks from harvesting residues.

Le rapport condense les résultats de quatre essais effectués sur le terrain et en laboratoire afin :

(i) de mesurer la productivité et la répartition de la consommation d'énergie en service du broyeur à marteaux appelé *Fling Solid Waste Demolisher* et d'une déchiqueteuse portable à tambour, tous deux alimentés en résidus de coupe;

(ii) de déterminer l'énergie nécessaire pour réduire en éclats et pour déshydrater les bois ronds au moyen d'un défibreux à rouleaux;

(iii) de mesurer les coefficients de conversion en volume plein du pressage des résidus de la coupe traités dans un broyeur à rouleaux.

Le procès-verbal complet de chaque essai est également produit séparément. Des conclusions et des recommandations sont formulées sur la meilleure ligne de conduite à suivre dans la mise au point de techniques d'économie de l'énergie au cours de la transformation des résidus de coupe en combustible.

416. JONES, K.C. 1981. The energy requirements to roll split wood. FERIC, Spec. Rep. SR-15 (ENFOR P-28). 23 p.

The preparation of fuel stocks from harvesting residues has traditionally been accomplished by chippers or hammermills, both of which are susceptible to damage by tramp metal or stones. The roll splitting mechanism, described in this report, is one possible alternative to these machines, which may be more resistant to this type of damage.

La transformation des résidus de coupe en combustible a traditionnellement été effectuée dans des déchiqueteuses ou des broyeurs à marteaux, engins qui sont vulnérables aux corps étrangers métalliques ou pierreux. Une solution de rechange, plus résistante peut-être à ce type de dommages, réside dans un mécanisme de déchiquetage à rouleaux.

Au cours d'essais en laboratoire avec quatre essences ligneuses, on a voulu déterminer la

Laboratory tests were conducted on four tree species to determine the energy requirements of comminuting roundwood into a loose mat of slivers using a double roll crusher with axe-like splitting wedges welded to its surface. Water is squeezed from the wood as it is comminuted. The energy requirements of this dewatering function are compared to thermal drying energy requirements.

consommation d'énergie de la fragmentation des bois ronds en un enchevêtrement lâche d'éclats de bois au moyen d'un défibreux à deux rouleaux doté de coins fendeurs en forme de fer de hache soudés à leur surface. En même temps que le bois est fragmenté, l'eau en est exprimée. On compare la consommation d'énergie de cette déshydratation à celle du séchage thermique.

417. JONES, K.C. 1982. Development and testing of a roll splitter. Pages 177–182 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29–31 March 1982.

A trailer-mounted roll splitter (100 kW) has been built as a hydraulic test bench. The results of tests to determine optimum roll and tooth configurations to roll crush and dewater harvesting residues and roundwood are presented. The slivers produced by the machine are intended for use as direct fuel or as a feedstock to further processors such as woodhogs or compaction equipment. The process energy requirement is low, roughly equivalent to that of a chipper. The moisture is squeezed from the wood for 1/5 to 1/10 of the energy that would be required to evaporate it.

Un déchiqueteur à rouleaux (100 kW) monté sur remorque a été construit pour servir de banc d'essai hydraulique. Les résultats des essais exécutés en vue de définir la configuration optimale des rouleaux et des dents pour écraser et extraire l'eau des résidus de coupe et des billes sont présentés. Les éclats produits par la machine sont destinés à être utilisés directement comme combustible ou pour alimenter d'autres machines de conditionnement, par exemple des machines de production de poudre de bois ou des compacteurs. Les besoins énergétiques du procédé sont faibles et ils correspondent à peu près à ceux d'une déchiqueteuse classique. L'énergie nécessaire pour éliminer l'humidité du bois par compression varie entre 1/5 et 1/10 de celle qui serait nécessaire pour l'éliminer par évaporation.

418. JOZSA, L.A.; POWELL, J.M. 1987. Some climatic aspects of biomass productivity of white spruce stem wood. Can. J. For. Res. 17:1075–1079.

Biomass productivity was determined for white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) in the boreal forests of Alberta, the Northwest Territories and Manitoba. Comparisons were made between southern and northern locations, between eastern and western transect locations, and between older (200+ years) and younger (110 years) trees. At 13 sampling locations, X-ray densitometric tree ring data were obtained from the base of the stem, breast height and from five points equidistant along the stem. Markedly higher stem wood biomass productivity was found for the 110-year-old trees than

La productivité de la biomasse a été déterminée pour l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) dans les forêts boréales de l'Alberta, des Territoires du Nord-Ouest et du Manitoba. Des comparaisons ont été faites entre des sites septentrionaux et méridionaux, entre des virées localisées à l'ouest et à l'est et entre des arbres plutôt âgés (200 ans et plus) et plus jeunes (110 ans). À 13 sites d'échantillonnage, on a obtenu par rayons X des données sur la densité du bois des anneaux de croissance à la base de la tige, à hauteur de poitrine et à cinq endroits équidistants le long de la tige. On a trouvé que la productivité de la biomasse du bois de la tige était sensiblement plus élevée pour les arbres âgés de 110 ans que pour

for the 210-year-old trees in Alberta; average ring weights were 3.8 and 1.2 g for the first 100 years of growth in 1-cm-thick disks at breast height. These results suggest that climatic warming since the end of the Little Ice Age (ca. 1850) has resulted in higher biomass productivity in the Canadian boreal forest.

ceux de 210 ans en Alberta; les poids moyens des anneaux étaient de 3,8 et 1,2 g pour les 100 premières années de croissance pour des disques de 1 cm d'épaisseur à hauteur de poitrine. Ces résultats laissent supposer que l'échauffement climatique depuis la fin du petit âge glaciaire (ca. 1850) a résulté en une productivité supérieure de la biomasse dans la forêt boréale canadienne.

419. K.C. JONES AND ASSOCIATES LTD. 1982. Development and testing of a roll splitter. FERIC, ENFOR Rep. P-28. 18 p.

This report presents the results of a demonstration and field test of a prototype roll crusher intended to reduce forest harvesting residues to a mass of slivers suitable for compaction. The prototype was able to process roundwood up to 18 cm in diameter into large splinters 5 to 6 cm thick in a single pass. The product, however, was not considered flexible enough for compaction operations. The 10-cm-long axehead teeth on the surface of 20-cm-diameter rolls prevented the splinters from spreading sufficiently between the nip of the rolls to accomplish the degree of crushing required. The addition of a second pair of smooth crushing rolls following the first splitting rolls is recommended. This combination is expected to yield the desired product while minimizing the size and power requirements of the processor.

Le rapport présente les résultats de la démonstration et de l'essai, sur le terrain, d'un prototype de défibreux à rouleaux visant à réduire les résidus de la coupe forestière en une masse d'éclats de bois qui se prête au compactage. Le prototype a pu transformer des bois ronds pouvant atteindre 18 cm de diamètre en gros éclats de 5 à 6 cm d'épaisseur en une seule passe. Toutefois, le produit n'a pas été considéré comme suffisamment souple pour être utilisé pour le compactage. Les dents de 10 cm de longueur en forme de fer de hache qui arment la face des rouleaux de 20 cm de diamètre ont empêché les éclats de bois de se répartir suffisamment entre la ligne de contact des cylindres pour atteindre le degré de broyage nécessaire. On recommande d'ajouter une paire de rouleaux broyeurs lisses en aval de la paire de rouleaux fendeurs. Cette combinaison devrait donner le produit recherché tout en réduisant au minimum la taille et la consommation d'énergie du dispositif de fragmentation.

420. KIPPING AND ASSOCIATES LTD. 1985. Configuration of small scale biomass harvesting and transport systems. Environ. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-302. 63 p. + app.

A study was performed to configure whole-tree chip harvesting systems handling nominal 25, 50 and 100 green tonnes per day and to evaluate the economic feasibility of operating these systems as independent businesses on private woodlands in the Maritime provinces. Representative small cable skidders, mobile wood chippers, feller-bunchers, grapple skidders and semitrailer chip vans were evaluated for production capacity, utilization and unit

On a effectué une étude pour concevoir des dispositifs de récolte de copeaux d'arbres entiers qui seraient capables de traiter en théorie 25, 50 et 100 tonnes humides de copeaux par jour et afin d'évaluer la faisabilité économique du fonctionnement de ces dispositifs, comme entreprises indépendantes, dans les boisés privés des provinces Maritimes. On a évalué la capacité de production, l'utilisation et le coût unitaire d'exploitation de petits débardeurs à câble, de déchiqueteuses mobiles, d'abatteuses-groupeuses, de débardeurs à grappins et de semi-remorques à

cost of production when operating at the desired harvesting-system capacities. Optimum systems were designed for nominal production rates of 25, 50 and 100 tonnes/day using this equipment. A discounted cash flow analysis was performed in each case to assess economic viability.

At the current market price range for fuel chips (\$14-\$16 per green tonne), the results indicate clearly that none of the determined small scale systems are economically viable as independent businesses.

copeaux lorsqu'ils fonctionnaient à la capacité recherchée du système de récolte. Des systèmes optimaux ont été conçus pour produire théoriquement 25, 50 et 100 t/j à l'aide de ce matériel. Dans chaque cas, afin d'évaluer sa viabilité économique, on a fait une analyse de la valeur actualisée nette.

Au prix actuel du marché des copeaux destinés à la production d'énergie (14 à 16 \$/t humide), les résultats montrent clairement qu'aucun des systèmes étudiés à petite échelle n'est économiquement viable à titre d'entreprise indépendante.

- 421 KIPPING AND ASSOCIATES LTD. 1989. Case studies of operational experiences of biomass harvesting systems. Agric. Can., Can. For. Serv., Marit. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Final Rep. ENFOR P-339. 105 p. + app.

Documentation of the experience of existing biomass harvesting operations could potentially increase the rate of new biomass harvesting system startups. To attempt to meet this need, a survey of six existing Maritime wood chip harvesting operations was conducted. As a result, this report (1) documents operational, managerial and economical methods of biomass harvesting operations; (2) describes the conditions, regulations, markets and problems associated with biomass chipping operations in the Maritime provinces; (3) provides information on the operating scale and system configuration in use for successful operations; and (4) discusses the effect of current subsidy programs on chipping operation viability.

Grâce à la documentation sur les exploitations de récolte de la biomasse, on pourrait augmenter l'éclosion de nouveaux systèmes de récolte. On a donc effectué une enquête dans six entreprises de récolte des copeaux de bois des Maritimes. Le rapport : (1) recense les méthodes opérationnelles, administratives et économiques de récolte de la biomasse; (2) décrit les conditions, le régime réglementaire, les marchés et les problèmes associés à la réduction de la biomasse en copeaux dans les provinces Maritimes; (3) renseigne sur l'échelle des exploitations et la configuration des systèmes dans les opérations couronnées de réussite; (4) discute des effets des programmes actuels de subventions sur la viabilité des opérations de déchetage.

422. KIVISTE, J.A. 1986. Energy conversion through biomass utilization. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-343. 14 p.

This report summarizes the results of an energy conversion demonstration which took place at Silvilog 86 at the Petawawa National Forestry Institute. The demonstration was designed for the farmers in order to show them how to

Le rapport résume les résultats d'une démonstration de conversion énergétique qui a eu lieu à Silvilog 1986, à l'Institut forestier national de Petawawa, pour montrer aux agriculteurs comment bien aménager leurs boisés, comment tirer avantage des résidus ligneux et comment produire et

manage privately owned woodlots properly, how to benefit from wood residues, and how to produce and handle wood chips most efficiently. Two wood chip combustion systems which are suitable for farm houses and out-buildings were also described.

manutenionner les copeaux de bois de la façon la plus efficace. Deux systèmes de combustion des copeaux de bois qui conviennent aux maisons et aux dépendances de ferme ont également été décrits.

423. KRYLA, J.M. 1984. Determination of available heat of combustion data for Canadian woody species. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-256. 89 p.

A literature review was conducted to obtain reliable, experimentally determined calorific data for the various components of Canadian tree species. Information obtained for 48 tree species native to Canada is presented in tabular form. For indigenous species, the overall mean calorific value was found to be 21.18 MJ/kg for softwood materials (i.e. stem wood, stem bark, foliage, etc.), as compared to 19.35 MJ/kg for hardwoods. Variations between reported values for a component of a particular species was found to be generally less than 5% but, in some instances, exceeded 10%. Calorific data are also presented for hybrid poplar and for several foreign species commonly planted in Canada. It is recommended that experimental research be conducted to form a complete calorific value checklist which could be used to supplement Canadian biomass inventory data.

Une étude bibliographique a été effectuée afin d'obtenir des données expérimentales fiables sur les propriétés calorimétriques des diverses parties d'arbres d'essences canadiennes. Les résultats, obtenus sur 48 essences indigènes, sont présentés sous forme de tableaux. Chez les résineux, la valeur calorifique moyenne était de 21,18 MJ/kg de matières végétales (c'est-à-dire bois de tige, écorce de tige, feuillage, etc.) comparativement à 19,35 MJ/kg chez les feuillus. L'écart des valeurs signalées pour une partie donnée d'une essence particulière était généralement inférieur à 5 %, mais, il a parfois dépassé 10 %. Des données semblables sont également présentées sur le peuplier hybride et plusieurs essences exotiques communément plantées au Canada. Il est recommandé d'effectuer des recherches expérimentales pour monter une liste complète de vérifications des valeurs calorifiques qui pourrait servir à compléter les données canadiennes de l'inventaire de la biomasse.

424. KUUSELA, K. 1984. Timber utilization and the potential of forest energy in Finland with reference to the IEA member countries. Finnish For. Res. Inst., IEA/ENFOR Rep. 31 p.

This report, which was initiated by the International Energy Agency (IEA), outlines the utilization and potential of forest energy in Finland and other IEA countries. The possibility of estimating the forest energy resources of these countries on the basis of international forest resource and timber utilization statistics is also examined. The concepts of tree stock and increment characteristics vary greatly in different countries. A better conceptual

Ce rapport, lancé par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), esquisse l'utilisation et le potentiel énergétique de la forêt en Finlande et dans les autres pays de l'AIE. La possibilité d'estimer les ressources énergétiques forestières de ces pays par l'utilisation des statistiques internationales concernant la ressource forestière et l'utilisation du bois est également examinée. Mais les concepts portant sur les caractéristiques de densité et d'accroissement varient fortement entre les différents pays. Une meilleure cohérence

consistency would improve the estimates of forest energy potential and international comparison.

New methods are urgently needed for better estimating the biomass of the complete tree. As stem volume is the key characteristic in current forest inventories, functions giving other parts of the tree biomass on the basis of the stem volume should be worked out for different tree species and for different growing conditions.

conceptuelle améliorerait les estimations du potentiel énergétique forestier et permettrait une meilleure comparaison au niveau international.

Il est donc urgent d'établir de nouvelles méthodes afin d'améliorer l'estimation de la biomasse de l'arbre entier. Comme le volume de la tige est la caractéristique clé des inventaires forestiers, les fonctions donnant les autres parties de la biomasse de l'arbre basée sur le volume de la tige devront être établies selon les espèces et selon les conditions de croissance.

425. LUSSIER, L.-J.; MARANDA, J. 1982. Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-52. 55 p. + ann.

La disponibilité de biomasse forestière, au Québec, est estimée par zones d'aménagement et par régions administratives. Ce rapport examine l'utilisation actuelle (1981) de cette biomasse, ainsi que les quantités de biomasse excédentaire par source de biomasse et catégorie de produit.

L'utilisation de la biomasse excédentaire, au cours de la prochaine décennie, fait

l'objet de prévisions, et les conflits possibles entre les utilisations actuelles et futures de biomasse sont analysés.

Le volume total de biomasse aérienne disponible annuellement, dans les peuplements forestiers du Québec, se chiffre à 35 millions m³ et à 15 millions de tonnes métriques anhydres sous aménagement extensif. Les résidus de coupe représentent 10 % de cette quantité, les arbres entiers marchands 60 % et les tiges non-marchandes 30 %.

See 426 for English.

426. LUSSIER, L.-J.; MARANDA, J. 1983. Prospects for the use of forest biomass in Quebec. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-52E. 52 p. + app.

In Quebec, the availability of forest biomass is assessed by management zone and administrative region. This report examines current use (1981) of forest biomass, as well as quantities of surplus biomass, by biomass source and product category. The uses of surplus biomass over the next decade are forecast and possible

conflicts between current and future uses are analyzed. The total aboveground wood biomass available annually in Quebec's forests is 35 million m³, or 15 million oven-dry metric tonnes under extensive management. Logging residues represent 10% of this quantity, merchantable full trees 60% and unmerchantable trees 30%.

Voir 425 pour le français.

427. MICKO, M.M.; BAINS, B.S.; WANG, E.I.C. 1984. Wood densities of Prairie provinces and Northwest Territories: Data acquisition. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-255. 49 p.

Both oven-dried and basic wood densities are tabulated along with other relevant information of the samples. The data about tree species, location and plot number of all samples are entered into computer files. The statistical analysis is to be carried out later. A total of 2137 samples were processed for measurements. The summary of these data is given. Since the samples were collected by third parties, there are occasional information gaps, like marking errors. Every effort was made to interpret and compile the information about each sample. However some samples with unmatched information were dropped from the final statistical analysis.

Des tableaux de la densité du bois anhydre et de la densité de référence du bois sont présentés en même temps que d'autres renseignements utiles sur les échantillons. Les données qui se rapportent à l'essence, à l'emplacement ainsi qu'au numéro de la parcelle de tous les échantillons sont stockées dans des fichiers informatiques. L'analyse statistique suivra. En tout, 2137 échantillons ont été mesurés. Le résumé de ces données est fourni. Comme les échantillons ont été prélevés par des tiers, l'ensemble des données connaît quelques lacunes, comme des erreurs de marquage. Tout a été tenté pour interpréter et compiler les renseignements sur chaque échantillon. Toutefois, certains échantillons sur lesquels on possédait des renseignements sans correspondance ont été écartés de l'analyse statistique finale.

428. MICKO, M.M.; WANG, E.I.C. 1983. Literature review on the heat of combustion of Prairie tree species. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-255. 25 p.

The criterion of energy potential is heat of combustion or calorific value. Combustible material will oxidize rapidly under favorable conditions to generate energy in the form of heat. This report surveys literature values of heat of combustion for the major Prairie tree species.

Le critère du potentiel énergétique est la chaleur de combustion ou la valeur calorifique. Les combustibles qui s'oxydent rapidement dans des conditions favorables libèrent de l'énergie sous forme de chaleur. Le rapport divulgue les valeurs publiées de la chaleur de combustion pour les principales essences ligneuses des Prairies.

429. MICKO, M.M.; WANG, E.I.C.; BAINS, B.S. 1984. Wood densities of Prairie provinces and Northwest Territories: Statistical analyses. Agric. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-255. 90 p.

On the basis of the data determined in the laboratory, the following analyses were carried out: means and standard deviations of species densities, and regional breakdown; analysis of variance for species means of a few selected species which have sufficient numbers for analysis; correlation analyses of within-species densities vs. dbh or height; correlation analysis within species of dbh vs. height.

Selon les données obtenues au laboratoire, les analyses suivantes ont été effectuées : moyennes et écarts types de la densité des essences, avec ventilation régionale; analyse de la variance des moyennes de quelques essences choisies sur lesquelles on possède suffisamment de données pour l'analyse; analyses de corrélation de la densité intraspécifique en fonction du diamètre à hauteur de poitrine ou en fonction de la hauteur; analyses de la corrélation intraspécifique du diamètre à hauteur de poitrine en fonction de la hauteur.

430. NAGLE, G.S. 1980. Analysis of salvage yarding systems and costs in Pacific coast forests. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-214. 36 p.

The objective of this study was to review and analyze existing cost estimates for harvesting forest residuals to guide development of new equipment and systems. Major problem areas identified were piece size and accessibility. Thirteen separate studies were reviewed in detail, providing a range of yarding costs from \$5-70 per bone-dry tonne, depending on utilization standards and accessibility. On the basis of the analysis done for this report, about 2 million bone-dry tonnes per year are estimated to be available in British Columbia at a cost not exceeding \$30/tonne at roadside. This represents about 50% of available material. New technology will be required to harvest the remainder.

Le but de la présente étude était de revoir et d'analyser les évaluations disponibles des coûts de récupération des résidus forestiers pour aiguiller la mise au point de nouveaux équipements et systèmes. La dimension et l'accessibilité des rémanents ont été les principaux secteurs problèmes identifiés. Treize études indépendantes ont été passées en revue de façon détaillée, fournissant un éventail de coûts de débusquage allant de 5 \$ à 70 \$ par tonne anhydre, selon les normes d'utilisation et l'accessibilité. En se fondant sur l'analyse effectuée en vue de ce rapport, l'auteur estime qu'environ 2 millions de tonnes anhydres par an seraient disponibles en Colombie-Britannique à un coût n'excédant pas 30 \$ la tonne, pour les résidus rendus au bord de la route. Ceci représente environ 50% du matériel disponible. Il faudrait de nouvelles techniques pour récolter le reste.

431. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1980. Fuelwood consumption in Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-177. 43 p. + app.

Fuelwood consumption in Newfoundland was known to have declined considerably during the 1950s and 1960s as more people changed to cleaner and more efficient fuels for domestic heating and cooking purposes. This trend was reversed in the 1970s as costs of alternative fuels increased dramatically. While resource managers were aware of the trend towards increasing fuelwood consumption, there was no system in place to quantify, with any precision, the amount of wood being harvested. This study was undertaken to get a first estimate of fuelwood consumption for the island of Newfoundland for the period April 1, 1977 to March 31, 1978. It was found that the estimated number of households burning wood increased from about 22 000 before 1973 to approximately 32 000 in 1977-78. There was a further estimated increase to about 39 500 in 1978-79. In 1977-78, it was estimated that 461 571 stacked m³ of fuelwood were consumed on the Island. This was broken down into 318 916 m³ of softwood and 142 655 m³ of hardwood.

On sait que la consommation de bois de chauffage à Terre-Neuve a baissé considérablement dans les années cinquante et soixante, la raison de cette baisse étant que beaucoup de gens ont changé de combustible afin d'en avoir un plus efficace et plus propre pour le chauffage et la cuisine. Cette tendance a changé dans les années soixante-dix lorsque le prix des autres combustibles a augmenté de manière prodigieuse. Alors que les directeurs des ressources étaient conscients de cette tendance à revenir à la consommation du bois de chauffage, ils n'ont pas établi de système pour mesurer d'une manière précise la production de bois. Cette étude a été entreprise afin d'obtenir une estimation de la consommation totale de bois de chauffage pour l'île de Terre-Neuve pendant la période du 1^{er} avril 1977 au 31 mars 1978. On a trouvé que le nombre approximatif de maisons utilisant du bois de chauffage était passé d'environ 22 000 avant 1973 à environ 32 000 en 1977-1978. Ce nombre irait jusqu'à 39 500 en 1978-1979. On a estimé que 461 571 m³ de bois de chauffage ont été utilisés en 1977-1978, ceci étant partagé en 318 916 m³ de bois tendre et 142 655 m³ de bois dur. La consommation de bois de chauffage est responsable pour 1 à 77 % de la coupe annuelle autorisée dans

Fuelwood consumption accounted for anywhere from 1 to 77% of the calculated allowable annual cut for the various forest management units on the Island for 1977-78. Overall, fuelwood consumption estimated by the survey accounted for 8% of the estimated allowable annual cut. Use of wood as fuel is expected to continue increasing.

les diverses forêts de l'île de 1977 à 1978. D'une manière générale, la consommation du bois de chauffage évaluée par le sondage formait 8 % de la coupe annuelle autorisée. On pense que l'utilisation du bois comme combustible va continuer à augmenter.

432. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1984. Domestic fuelwood consumption in Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-263. 73 p. + app.

From a mail and telephone survey of 6700 households of the Island, it was determined that 46% used wood for heating their primary residence during 1983; 40% of these woodburners heated their homes entirely with wood. Mean annual consumption per woodburning household was 12.9 m³. From this sample it is estimated that 65 450 households burned 820 000 m³ of fuelwood during 1983. There were approximately twice as many wood-burning households and they consumed two and one-half times as much wood as in 1978. However, the demand for domestic fuelwood appears to be levelling off.

A separate survey of the Avalon Peninsula indicates that the AAC for this part of the Island is being exceeded, primarily as a result of fuelwood cutting. Generally, for the remainder of the Island, the forest resource seems capable of sustaining the demand for fuelwood.

Other information and statistics are given regarding sampling methods, types of wood burners, types and sources of fuel, methods of acquiring and transporting wood, prices paid, distances travelled, as well as a section on fuelwood retailers in the province. Samples of the questionnaires used in the survey are also included.

À partir d'une enquête téléphonique et postale auprès de 6700 ménages de l'île, on a déterminé que, en 1983, 46 % d'entre eux utilisaient le bois pour le chauffage de leur résidence principale; 40 % des appareils de chauffage au bois servaient au chauffage de toute la maison. La consommation annuelle moyenne de bois dans les ménages qui chauffaient au bois était de 12,9 m³. D'après l'échantillon analysé, on estime que 65 460 ménages ont brûlé 820 000 m³ de bois de chauffage en 1983. Comparativement à 1978, environ deux fois plus de ménages se chauffaient au bois et ils ont consommé 2,5 fois plus de bois qu'en 1978. Toutefois, la demande de bois de chauffage domestique semble plafonner.

Une enquête distincte, dans la péninsule d'Avalon, montre que la coupe annuelle autorisée de bois pour cette partie de l'île est dépassée, principalement à cause de la coupe du bois de chauffage. En général, dans le reste de l'île, la ressource forestière semble pouvoir répondre à la demande de bois de chauffage.

D'autres renseignements et statistiques sont fournis sur les méthodes d'échantillonnage, les types de brûleurs alimentés au bois, les types et les sources de combustibles, les méthodes de récolte et de transport du bois, les prix payés, les distances parcourues de même qu'un annuaire des vendeurs de bois de chauffage au détail de la province. Des spécimens des questionnaires utilisés dans l'enquête sont également inclus.

433. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1984. Domestic fuelwood consumption in Newfoundland. Pages 179-182 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

An estimate of present fuelwood consumption and future trends for the island of Newfoundland was obtained by mail-out questionnaires and telephone interviews. Stratified sampling, based on population distribution, was employed to select communities for study. The information obtained will be used to assess the impact of fuelwood consumption on the overall forest resource.

Des questionnaires postaux et des interviews téléphoniques ont permis d'estimer la consommation actuelle de bois de chauffage et ses tendances futures pour l'île de Terre-Neuve. On a utilisé un échantillonnage stratifié, basé sur la répartition de la population, pour choisir les collectivités à étudier. Les données obtenues serviront à évaluer l'impact de la consommation de bois de chauffage sur l'ensemble des ressources forestières.

434. NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1984. Review of commercial and industrial wood/peat energy in Atlantic Canada 1978/83 and beyond. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-294. 213 p.

This review provides an individual summary for each energy biomass application, except for domestic fuel, undertaken in the four Atlantic provinces. A total of 91 applications, including 52 completed, 23 incomplete, and 16 trials and demonstrations, are identified and described. An additional 14 studies and proposals for projects are also summarized. It is estimated that the current annual consumption of wood biomass for commercial and industrial fuel in the region is 2.3 million green tonnes, of which 80-90% is used by the pulp and paper industry. An additional 2.0 million tonnes is consumed for domestic heating. There appears to be sufficient wood biomass to meet the demands of existing and proposed applications, but problems with security of supply and stability of price for the smaller users is a constraint to development.

Substantial fuel peat reserves occur in Newfoundland, New Brunswick and Nova Scotia, but interest in using this resource as fuel in an industrial or commercial application is not widespread. There are two demonstration projects in Newfoundland and one proposed application in Nova Scotia.

Le survol est un résumé sur chaque application de la biomasse à des fins énergétiques, sauf le chauffage domestique, entrepris dans les quatre provinces de l'Atlantique. En tout, 91 applications, y compris 52 terminées, 23 à terminer et 16 essais et démonstrations, sont identifiés et décrits. Un résumé est également fait sur 14 études et propositions supplémentaires. On estime que les usines et les commerces de la région consomment actuellement 2,3 Mt humides de biomasse ligneuse à titre de combustible, dont 80 à 90 % sont utilisés dans l'industrie des pâtes et papiers. À cela il faut ajouter 2,0 Mt consommées pour le chauffage domestique. Il semble y avoir suffisamment de biomasse ligneuse pour répondre à la demande actuelle et projetée, mais l'incertitude des approvisionnements et l'instabilité des prix pour les petits usagers est un obstacle au développement.

Terre-Neuve, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse possèdent des réserves considérables de tourbe utilisable comme combustible, mais les industriels et les commerçants ont manifesté peu d'intérêt pour cette ressource. Deux projets de démonstration sont en cours à Terre-Neuve et une application est projetée en Nouvelle-Écosse.

Même si les autorités chargées de la protection de l'environnement sont conscientes des répercussions peut-être négatives de la récolte et de l'utilisation à grande échelle de la biomasse du bois et de la

Although environmental authorities are alert to the potential negative impacts that large-scale harvesting and burning of wood and peat biomass may have on the environment, there is a general lack of studies and monitoring relating to the environmental aspect.

A bibliography of 250 publications related to the use of wood and peat biomass as a fuel is included.

tourbe sur l'environnement, on manque généralement d'études et de contrôles sur cet aspect de la question.

Le survol se termine par une bibliographie de 250 titres sur l'emploi de la biomasse ligneuse et de celle de la tourbe comme combustibles.

435. NOVAK, W. 1986. Composition des résidus d'exploitation des arbres entiers et essais du prototype de la fragmenteuse-broyeuse de résidus (LRP). FERIC, Rapp. spec. RS-38. 24 p.

Les résultats des premiers essais permettaient de conclure que de nombreuses modifications étaient nécessaires pour amener le LRP à un niveau commercial de production. On apporta des modifications spécifiques à la machine, et on procéda à un second essai sur sa performance. On présente ici les résultats des essais du LRP modifié.

Ces derniers ont montré un potentiel de productivité de 26 tonnes humides par heure-machine productive (HMP), soit 4 tonnes de plus que le premier prototype.

Cependant la faible productivité de la chargeuse limitait le taux réel de fragmentation de la machine à 12 tonnes humides/HMP. Le manque d'expérience de l'opérateur, la lenteur des temps du cycle, et les petites charges du grappin étaient tous des éléments qui contribuaient à la faible productivité de la chargeuse. On pourrait atteindre un taux de chargement de 26 tonnes par HMP en augmentant à 500 kg la charge moyenne par grappin, actuellement mesurée à 243 kg. L'installation d'une goulotte d'alimentation qui faciliterait le positionnement et l'entrée des résidus dans le tambour de cisaillement augmenterait encore la productivité de la chargeuse d'environ quatre tonnes/HMP.

See 436 for English.

436. NOVAK, W. 1986. The composition of full-tree logging residues and testing of the prototype logging residue processor (LRP). FERIC, Spec. Rep. SR-38. 24 p.

Preliminary tests on the LRP indicated that a greater productivity level could be reached if some modifications were made to the prototype. Specific machine modifications were thus implemented and a second production trial carried out. This report describes the testing results of the modified LRP.

Test results demonstrated potential productivity of 26 green tonnes per productive machine hour (t/PMH), or

4 tonnes better than the first prototype. However, low loader productivity limit the machine's actual processing rate to 12 t/PMH. Operator inexperience, slow cycle times and small grapple loads all contributed to the loader's inferior productivity. A loading rate of 26 t/PMH could be realized by increasing the average load per grapple to 500 kg from the measured 243 kg. The installation of an infeed chute to facilitate the positioning and entry of residues into the shearing rotor would further enhance loader productivity by about 4 t/PMH.

Voir 435 pour le français.

- 437 OAKLEY, P.; MANNING, G.H. 1984. An analysis of two trials of a portable shear-type residue processing system. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-249. 39 p. + app.

Logging residues were inventoried and collected on sites representing the typical topographic and stand conditions of the West Coast and interior wet belt of British Columbia. A crawler-tractor with a brush blade and rubber-tired skidders aided by front-end loaders were used to pile residues on flat and moderately sloped sites after primary logging had been completed. A mobile highlead tower was used to yard residues on a steeply sloped site.

A mobile shear-type processor was designed and built to overcome some of the problems and limitations of using mobile chippers to process logging residue at field sites. The processor was used to shear residues into bolts of uniform length. Some of this material was transported to mills for reprocessing into hogged fuel and chips.

Productivity, cost and fuel consumption were determined for each phase of the operation at the various field sites. In addition, this information was interpolated to obtain productivity and cost estimates for operating the shear processor in a sortyard or millyard. The shear processor was also compared with mobile chippers operating at similar sites. The study includes material analysis, energy values, energy balance and cost-benefit analysis.

Results indicate that a shear-type processing system is a technically feasible alternative to mobile chippers. The system is economically feasible as a fuel processor at current oil prices if used in a sortyard located within medium distance (60 km) of a coastal conversion plant with an existing under-utilized hogging system.

On a inventorié et ramassé les déchets de coupe dans des endroits réunissant les conditions topographiques et stationnaires typiques de la zone humide de la côte et de l'intérieur de la Colombie-Britannique. Un tracteur sur chenilles, doté d'une lame frontale, et des débusqueuses à roues, assistées par des chargeuses forestières, ont servi à empiler les déchets sur un terrain plat ou en pente douce, après le façonnage. Le débusquage sur pente abrupte s'est fait par téléphérage relevé, à pylône mobile.

Une ébrancheuse-tronçonneuse mobile à cisaille a été conçue et construite pour surmonter certaines difficultés et limitations des déchiqueteuses mobiles utilisées sur place. Elle a servi à tronçonner les résidus en billots de longueur uniforme, dont une partie a été transportée dans des usines pour façonnage secondaire en copeaux et combustible de bois déchiqueté.

La productivité, les coûts et la consommation de carburant ont été déterminés à chaque étape des travaux, sur les divers chantiers. De plus, on a estimé par interpolation la productivité et les coûts de l'utilisation d'une ébrancheuse-tronçonneuse à cisaille dans une aire de triage ou la cour d'une scierie. On a aussi comparé cette ébrancheuse-tronçonneuse à des déchiqueteuses mobiles fonctionnant dans des chantiers semblables. L'étude comprend une analyse des engins, un état du rendement énergétique, un bilan de l'énergie et une analyse de rentabilité.

Les résultats montrent qu'il est techniquement faisable de remplacer la déchiqueteuse mobile par l'ébrancheuse-tronçonneuse à cisaille. Économiquement, compte tenu des prix actuels du pétrole, c'est une solution possible pour la production de combustible, si elle est utilisée sur une aire de triage située à distance moyenne (60 km) d'une usine côtière de transformation dont le système de déchiquetage du bois en combustible est sous-utilisé.

438. ONDRO, W.J. 1984. Harvesting aspen for energy may be economic. *in* Growth, Yield and ENFOR. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Forestry Report 29:8.

A study was carried out in 1981 in west-central Alberta that compared the productivity and costs of harvesting two aspen stands (a young and an old one) using two harvesting methods. The costs of harvesting, skidding and piling in the younger stands were \$28.60/t (ovendry) for the side cutter and \$39.30/t (ovendry) for the chain saw. In the older stands, the field operation resulted in reduction of harvesting costs to \$22.81/t (ovendry). In addition to being an economically viable alternative, utilization of aspen as a source of fuel to generate low-kilojoule gas may have other social and economic benefits.

En 1981, dans le centre-ouest de l'Alberta, on a comparé la productivité et les coûts de la récolte dans deux peupleraies (une jeune et une vieille) à l'aide de deux méthodes de récolte. Dans le jeune peuplement, les coûts de la récolte, du débardage et de la mise en tas à l'aide de la pince à tranchant latéral ont totalisé 28,60 \$/t (anhydre) et, à la tronçonneuse, 39,30 \$/t (anhydre). Dans le vieux peuplement, on a pu réduire les coûts de la récolte à 22,81 \$/t (anhydre). En sus d'être une solution de rechange économique, l'utilisation du peuplier comme source de combustible pour la production de gaz à faible pouvoir calorifique peut avoir d'autres avantages socio-économiques.

439. ONDRO, W.J.; BELLA, I.E. 1984. Integrated utilization makes aspen an economic resource. *in* Growth, Yield and ENFOR. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Forestry Report 29:5.

The analysis showed that from a unit wood volume, stud manufacturing utilizing purchased energy would be most economical. Although veneer manufacturing would bring 10-15% higher returns per unit volume of wood, the actual amount that can be utilized is at best only one-third of what can be used for studs. Waferboard products bring a 10-15% lower return than studs for the same volume of wood. Utilizing aboveground aspen tree biomass or only mill and logging residues for sale of energy is the least economically viable alternative. Product recovery and economic returns from spruce, pine and fir are around 30% higher than those from aspen.

An integrated complex utilizing aspen for veneer, stud, dimension lumber and waferboard combined with an on-site energy conversion plant would offer a good compromise, with somewhat lower economic returns than a single-product option, but with nearly complete aspen utilization ensured.

L'analyse montre que, à partir d'un volume unitaire de bois, il serait des plus économiques de fabriquer des montants de bois en utilisant de l'énergie achetée. Même si la fabrication de placages procure des profits supérieurs de 10 à 15 % par volume unitaire de bois, la quantité de bois que l'on peut effectivement utiliser est, au mieux, le tiers du volume que l'on peut transformer en montants de bois. Le même volume de panneaux de gros copeaux rapporte 10 à 15 % de moins que les montants de bois. Le parti le moins économique consiste à utiliser la biomasse aérienne du peuplier ou uniquement les résidus de la coupe et les résidus du sciage pour la vente de l'énergie. L'épinette, le pin et le sapin procurent environ 30 % de plus de produits et de profits que le peuplier.

Un bon compromis serait un complexe où l'on utilise le peuplier pour produire des placages, des montants, des débits à dimensions spécifiées ainsi que des panneaux de gros copeaux, qui serait doté en outre d'un atelier de conversion de l'énergie. Cependant, les profits seraient quelque peu inférieurs à ceux d'une usine d'un seul produit, mais on serait assuré d'utiliser presque complètement le peuplier.

440. ONDRO, W.J.; STEWART, H.M. 1983. Harvesting forest biomass with a Dika side cutter. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., For. Manag. Note 23. 2 p.

The costs of harvesting with skidding and piling in a young stand were \$28.60/t (ovendry) for the side cutter and \$39.30/t (ovendry) for the chain saw (a difference of 37%). This is a result of the high capital cost and the rental fees associated with the crawler-tractor and the side cutter.

Similar cost differences occurred in an old stand, where the cost of chain saw harvesting was 34% higher. The Dika side cutter proved to be suitable for harvesting forest biomass under winter conditions. To determine its full potential, summer field tests need to be conducted.

Dans un jeune peuplement, les coûts de la récolte ainsi que du débardage et de la mise en tas se sont élevés à 28,60 \$/t (anhydre) quand on a utilisé une pince à tranchant latéral et à 39,30 \$/t (anhydre) lorsque l'on a utilisé la tronçonneuse (écart de 37 %). Ces chiffres proviennent des immobilisations et des frais de location élevés qui découlent de l'emploi du tracteur à chenilles et de la pince à tranchant latéral.

Des écarts semblables ont été constatés dans un vieux peuplement, où les coûts de la récolte à la tronçonneuse étaient supérieurs de 34 %. La pince Dika s'est révélée convenir à la récolte de la biomasse forestière en hiver. Pour déterminer son plein potentiel, il faudra effectuer des essais sur place en été.

441. PETERS, D.C. 1982. An evaluation of the economics of harvesting fuelwood under four different stand conditions on Prince Edward Island. Pages 163-167 *in* Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

Selective harvesting was carried out in each of four stand types: immature (pole-size) tolerant hardwood, mature softwood/intolerant hardwood, mature softwood/tolerant hardwood and immature softwood, with modified small-scale equipment. The primary end product is fuelwood. Records of labour cost, volume extracted, equipment modification and maintenance cost and market value of extracted wood are documented for each stand type.

Une coupe sélective a été effectuée dans quatre types de peuplements forestiers : bois dur tolérant jeune (poteau); bois tendre adulte/bois dur intolérant; bois tendre adulte/bois dur tolérant; bois tendre jeune. Ces coupes ont été faites au moyen de petits équipements modifiés. Le produit final principal est le bois de chauffage. Pour chaque peuplement forestier, les coûts de main-d'oeuvre, les volumes extraits, les coûts de modification et d'entretien des équipements, ainsi que la valeur marchande du bois extrait sont établis.

442. POTTIE, M.A.; SINCLAIR, A.W.J. 1987. Design and testing of a prototype rock separator for sortyard debris. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-292 (FERIC, Spec. Rep. SR-41). 14 p. + app.

A prototype rock separator designed to separate rocks larger than 2.5 cm was built and tested at Nicholson Murdie Machines Limited. The prototype demonstrated that a rubber-belted conveyor can be used to separate rocks from woody material when operated with a side tilt, speed and slope greater than those normally used to

La compagnie Nicholson Murdie Machines Limited a construit un prototype de séparateur de roches de plus de 2,5 cm et elle en a fait l'essai. Le prototype a permis de montrer qu'un convoyeur à bande en caoutchouc peut servir à séparer les roches des morceaux de bois, pourvu que l'inclinaison latérale, la vitesse et la pente du convoyeur soient supérieures à celles des convoyeurs utilisés pour

transport wood waste. Rock separation rates greater than 90% with wood loss of 29% were achieved during the field tests. Average production rates of 8.8 tonnes per hour were achieved during prototype testing.

transporter les déchets de bois. Des taux de séparation des roches supérieurs à 90 % avec pertes de bois de 29 % et des débits moyens de 8,8 tonnes par heure ont été obtenus durant les essais sur place.

POWELL, J.(M).; JOZSA, L.(A). 1984. Determination of annual stem-wood biomass productivity. *in* Growth, Yield and ENFOR. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., Forestry Report 29:7.

A study is in progress to estimate annual forest biomass production in relation to climate. Stem sections were collected from white spruce trees from the southern limit of the boreal forest to the open subarctic forest. Seven cross-sectional disks were cut from each tree and thin radial cross-sections of each disk were prepared. Radiographs of each section were scanned over incremental distances of 0.1 mm on a computerized densitometer which converts light transmission of the wood-sample image into detailed ring width and ring density chronologies for earlywood and latewood components of annual rings. The volume and weight of the entire annual increments in a stand can be obtained by processing these data.

Un essai est en cours afin d'estimer la production annuelle de la biomasse forestière en fonction des facteurs climatiques. On a prélevé des tronçons de tiges d'épinettes blanches, de la limite méridionale de la forêt boréale jusque dans la forêt subarctique clairsemée. Dans chacun des billots on a découpé des disques et on a préparé de minces coupes radiales de chaque disque. Par pas de 0,1 mm, on a obtenu des radiographies de chaque coupe, que l'on a examinée par balayage au moyen d'un densitomètre informatisé qui convertit la transmission lumineuse de l'image de l'échantillon en une chronologie détaillée de la largeur et de la densité des parties des cernes annuels constituées du bois de printemps et du bois d'automne. Par le traitement de ces données, on peut connaître l'accroissement annuel en masse et en volume de tout un peuplement.

ROBINSON, G.; WETTON, C.E. 1986. The role of biomass in the B.C. pulp and paper industry energy strategy: 1974-1984. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-286. 15 p.

The British Columbia pulp and paper industry dramatically altered its energy consumption patterns over the period from 1974 to 1984. Sixteen mills, comprising 80% of the provincial pulp and paper capacity, participated in this study. Their responses suggest that an annual fossil fuel saving equivalent to about 3.5 million barrels of oil has been achieved since 1974. The savings were achieved by replacing energy-inefficient equipment, implementing process changes, and increasing hog fuel consumption. However, the responses also reveal a great variation among mills, as each implemented the mix of energy projects best suited to its

L'industrie des pâtes et papiers de la Colombie-Britannique a modifié de façon considérable sa consommation d'énergie au cours de la période de 1974 à 1984. Seize usines, représentant 80 % de la capacité de production de pâtes et papiers de la province, ont participé à l'étude. Les réponses qu'elles ont fournies indiquent une économie annuelle en combustibles fossiles équivalant à environ 3,5 milliards de barils de pétrole depuis 1974. Ces économies ont été obtenues par le remplacement du matériel à forte consommation d'énergie, des modifications de procédés et l'accroissement de l'utilisation de déchets de bois comme combustibles. Toutefois, les réponses révèlent également beaucoup de différences entre les usines en ce qui concerne la combinaison des

particular needs. There is continuing pressure at most mills to reduce fossil fuel consumption further. Increased hog fuel consumption has played and will continue to play an important role in the effort of the pulp and paper industry to reduce fuel consumption.

solutions adoptées par chacune pour répondre à ses besoins particuliers. La pression de réduire davantage la consommation de combustibles fossiles existe toujours dans la plupart des usines. L'accroissement de la consommation des déchets de bois comme combustibles a joué et continuera de jouer un rôle important dans l'effort de l'industrie des pâtes et papiers pour réduire sa consommation de combustibles fossiles.

445. ROUTHIER, J.-G. 1981. Implications de l'exploitation par arbres entiers pour la récupération de la biomasse. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp d'info. LAU-X-50. 112 p. + ann.

L'ébranchage et l'étêtage des arbres à l'usine plutôt que sur le parterre de coupe favorise l'utilisation des branches et des houppiers pour fins énergétiques. Les branches et les houppiers récupérés constituent une biomasse à l'état vert de 200 à 300 kg/m³ de bois marchand pour les essences résineuses de l'est du Canada. L'exploitation et le transport d'arbres entiers sont réalisables sans difficultés majeures sur les routes privées. Un concept d'usine pour l'ébranchage, l'étêtage, le tronçonnage et l'écorçage des arbres est présenté et évalué dans ce rapport.

L'élimination de l'ébranchage en forêt favorise la mécanisation des opérations

d'abattage et de débardage. Si la biomasse récupérée peut être vendue au prix de 35 \$ par tonne anhydre, soit beaucoup moins que son équivalent énergétique en pétrole (54 \$), le taux de rendement après impôt et aux prix réels (inflation nulle) sur les investissements additionnels requis en forêt et en usine pour la récupération de la biomasse atteint 27 %. La mise en copeaux de l'arbre entier en forêt et la purification de ces copeaux à l'usine est une technique en développement qui offre à l'industrie des pâtes et papiers un autre moyen de récupérer un maximum de biomasse. Les connaissances actuelles sur cette technique indiquent que son potentiel économique est comparable à celui du traitement d'arbres entiers en usine.

See 446 for English

446. ROUTHIER, J.-G. 1982. Implications of full-tree harvesting for biomass recovery. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-50E. 105 p. + app.

If trees are delimbed and topped at a plant site rather than at the cutting area, their limbs and tops can be used for energy production more readily. In the green state, recovered limbs and tops constitute a biomass of 200 to 300 kg/m³ of merchantable wood for softwood species in eastern Canada. Full trees can be harvested and transported on private roads without major difficulty. A plant concept for delimiting, topping, slashing and debarking trees is presented in this report.

The elimination of delimiting in the forest promotes mechanization of felling and skidding operations. If the additional biomass that is recovered can be sold at \$35 per oven-dry tonne -- a much lower price than the energy equivalent amount of oil (\$54) -- then the additional investments required in the forest and at the mill to recover the biomass yield an after-tax rate of return at real prices (no inflation) of 27%. Chipping full trees in the forest and purifying the chips at the mill is a process now being developed that offers the pulp and paper industry another means of recovering a maximum

amount of biomass. Current knowledge of this technique indicates that its economic

potential is comparable to that of processing full trees at a plant.

Voir 445 pour le français.

447. ROUTHIER, J.-G. 1983. Modèle de simulation pour la récolte de biomasse forestière. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Lau., Rapp. d'info. LAU-X-53. 87 p. + ann.

L'exploitation de la biomasse forestière, dans le cadre de la forêt privée, a généralement lieu dans de jeunes peuplements denses composés en majorité de tiges dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) varie de 2 à 10 ou 12 cm. Le peu d'expertise dans l'exploitation de ces peuplements a suscité la conception et la réalisation d'un modèle permettant de simuler l'exploitation de la biomasse sur ordinateur afin d'identifier et de hâter le développement de systèmes d'exploitation efficaces.

Ce rapport présente le modèle de simulation conçu à cette fin. Il décrit la façon d'utiliser le modèle, précise les données requises pour réaliser une simulation et explique les résultats obtenus. Tout au long du texte, on présente diverses situations où la simulation peut être utilisée pour prévoir ou améliorer la productivité et les coûts d'une exploitation. En dernier lieu, un exemple de la simulation d'une opération de mise en copeaux de la biomasse est présenté, accompagné d'une discussion des résultats obtenus.

See 448 for English.

448. ROUTHIER, J.-G. 1984. Forest biomass harvesting simulation model. Environ. Can., Can. For. Serv., Lau. For. Res. Cent., Info. Rep. LAU-X-53E. 83 p. + app.

Forest biomass harvesting, in the context of private forests, is usually carried out in dense, young stands with stems whose diameter at breast height varies from 2 to 10 or 12 cm. The lack of expertise available in the harvesting of those stands led to the design and the construction of a simulation model to identify and develop efficient forest biomass harvesting systems.

use of the model is clearly described, the required data to carry out a simulation are identified and the results obtained through simulation are explained. Different situations are presented where simulation may be used to forecast and improve harvesting productivity and costs. In the last part of the report, an example of a chip harvesting simulation for biomass is presented, along with a discussion of results.

This report presents the simulation model developed for this specific purpose. The

Voir 447 pour le français.

449. SICARD-LUSSIER, T. 1984. Récolte de la biomasse forestière - Étude terminologique/Harvesting of forest biomass for energy - Terminology study. FERIC, Rapp. spec. RS-25 (ENFOR P-280). 151 p.

Le projet a pris naissance à la suite de constatations relatives à la confusion inévitable qui résulte de la présence de

The need for this study arose out of the inevitable confusion which surrounds the terminology of equipment in a relatively new area of research and

plusieurs termes en concurrence pour désigner des notions ou engins identiques : noms d'inventeur, marques de commerce, abréviations ou nomenclature n'ayant aucune relation avec les fonctions de la machine; constatations relatives également à la nature éparses de l'information qui ne permet pas à l'utilisateur de faire le lien entre la technologie existante ou en voie de développement, et ses besoins spécifiques.

Le but principal de l'ouvrage vise à présenter un document terminologique portant sur la récolte et la fragmentation de la biomasse forestière, dans les deux langues officielles, le français et l'anglais. C'est à l'intérieur d'un schéma de classement que ces termes sont suggérés afin de faciliter la communication entre les organismes de recherches et de développement et aussi d'assurer le transfert de la technologie à l'utilisateur éventuel. L'étude va bien au-delà d'une simple nomenclature, car en plus d'un encadrement systématique à l'intérieur du schéma de classement nous retrouvons une définition, le contexte d'utilisation et une illustration des fonctions de base de certains engins représentatifs de leur catégorie.

450. SILVERSIDES, C.R.; MOODIE, R.L. 1985. Transport of full trees over public roads in eastern Canada - A state of the art report. FERIC, Spec. Rep. SR-35 (ENFOR P-312). 71 p.

Full trees provide a load which is extremely nonuniform in size, weight and configuration. For this reason they present uneven weight both longitudinally and laterally and their bushiness creates a low bulk density.

Full trees have been transported successfully and economically in Canada with off-road trucks on private roads where size and weight constraints do not apply. Full trees have been transported successfully for the past six years on

development. Frequently a machine is known under several names, or the same name is applied to different machines, or the name of the inventor, a trademark or an acronym (which has no relation to the actual functions of the machine or prototype) is employed. Lack of such information also prevents the user from making a connection between existing (or developing) technology and specific user needs.

From the outset, the main objective was to produce terminologies in French and English on the topic of forest biomass recovery and comminution. The names of the machines are suggested within a classification scheme to enable the research organizations, manufacturers and users to be more precise in their respective communication, in an attempt to speed up the transfer of technology to the potential user. The approach is more elaborate than simple nomenclature, since it includes within the classification scheme a definition, a context and an illustration of representative machines or prototypes for each category.

public roads in Germany. Trials in Finland, Norway and Denmark met with limited success and have been dropped. The transport of tree sections, where unlimbed trees are cut to a predetermined maximum length is under wide development in Sweden and Finland. Tree sections increase bulk density and permit better load distribution than do full trees. However, they require additional labour in the field. In the United States full trees are transported on private roads. Thinnings from forest plantations in the southern states have been successfully transported in specially designed trailers on public roads.

Voir 451 pour le français.

SILVERSIDES, C.R.; MOODIE, R.L. 1986. Transport d'arbres entiers sur les routes publiques dans l'est du Canada : Revue de la technologie de pointe. FERIC, Rapp. spec. RS-35 (ENFOR P-312). 62 p.

Les arbres entiers constituent une charge qui se caractérise par son manque d'uniformité dans les dimensions, dans le poids et dans la forme. Leur poids se distribue donc de façon très inégale à la fois longitudinalement et latéralement, et ils ont, à cause des branches, une faible densité en vrac.

Le transport d'arbres entiers s'est fait avec succès et de façon économique au Canada avec des camions hors-route circulant sur des chemins privés, là où ne s'applique aucune restriction de dimensions ni de poids. Ils ont été transportés avec succès sur les routes publiques d'Allemagne au cours des six dernières années. Des essais

en Finlande, en Norvège et au Danemark n'ont eu qu'un succès mitigé et ont été abandonnés. Le transport de sections d'arbres, c'est-à-dire d'arbres non ébranchés, coupés selon une longueur maximale prédéterminée, connaît d'importants développements en Suède et en Finlande. Les sections d'arbres ont une plus grande densité en vrac et permettent une meilleure distribution de la charge que ne le font les arbres entiers. Ils demandent toutefois plus de travail en forêt. Aux États-Unis, les arbres entiers sont transportés sur les routes privées. Les produits d'éclaircie provenant de plantations forestières dans le sud des États-Unis ont été transportés avec succès sur les routes publiques, dans des remorques spécialement conçues à cet effet.

See 450 for English.

SINCLAIR, A.W.J. 1982. A trial of a separator and shear system for processing sortyard debris for hogged fuel and pulp chips. Pages 185-188 *in* Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

A field test and demonstration was conducted on a prototype system that separated and sheared sortyard debris into a product acceptable as feedstock for pulp chips and hogged fuel. The product was easier to transport, handle and further process than raw sortyard debris. The separated and sheared product was processed into hogged fuel and pulp chips. Compared with standard debris disposal costs, the system has potential savings of \$27.16 per unit of debris aside from the value of any chips produced.

Un essai et une démonstration sur le terrain ont été faits d'un prototype permettant de trier et de couper des rebuts de cours de triage pour en faire un produit dont on peut tirer des éclats pour la pâte à papier et de la poudre de bois combustible. Le produit est plus facile à transporter, à manutentionner et à traiter que les rebuts bruts des cours de triage. Le produit trié et coupé a été réduit en combustible et en éclats pour pâte à papier. Quand on le compare au coût habituel d'élimination des rebuts, le système permet une économie de 27,16 \$ par unité de rebuts, sans tenir compte de la valeur des éclats produits.

453. SINCLAIR, A.W.J. 1984. Processing biomass in a central location with the separator-shear system. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-255 (FERIC, Spec. Rep. SR-23). 28 p. + app.

A separator-shear system for upgrading sortyard debris to useable biomass for energy was tested at the British Columbia Forest Products' Shoal Island sortyard. The

Des essais d'un dispositif séparateur-cisaille pour la valorisation des débris de triage en biomasse utilisable pour la production d'énergie ont été effectués à l'emplacement de triage de British

system proved reliable and efficient and is capable of processing as much as 211 tonnes per shift on an operational basis. Processing costs were \$5.40 per tonne. A payback period of 2.5 years was estimated. Operational testing on logging residues indicated a much lower productivity (54.7 tonnes per shift) and correspondingly higher costs.

Columbia Forest Products à l'île Shoal. En conditions opérationnelles, le dispositif s'est révélé à la fois fiable et efficace, produisant 211 tonnes par quart de travail. Les coûts de traitements se sont élevés à 5,40 \$ la tonne. Le délai de récupération a été estimé à 2,5 ans. Un essai opérationnel avec des résidus d'exploitation forestière a indiqué une productivité beaucoup plus faible (54,7 tonnes par quart de travail) et des coûts proportionnellement plus élevés.

454. SINCLAIR, A.W.J. 1984. Recovery and transport of forest biomass in mountainous terrain. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-254 (FERIC, Spec. Rep. SR-22). 19 p. + app.

Field tests were conducted to document the costs and productivities of conventional and integrated systems for recovering and transporting roadside biomass in mountainous terrain. The recovered biomass was scaled to determine the quality and quantity of material removed. The conventional system costs \$15.51/m³ and at present is uneconomic if biomass is to be used as a source of hog fuel. The integrated systems performed better and recovered biomass at costs ranging from \$9.19 to \$9.62/m³. The container system has the most promise and, with design and size changes to the system, has the potential of achieving recovery costs of \$5.00/m³. Further development and test work is recommended for the container system.

Grâce à des essais sur place, on a déterminé les coûts et le rendement des dispositifs traditionnels et nouveaux de récupération et de transport de la biomasse laissée sur le bord de la route en terrain montagneux. On a déterminé la qualité et le volume de la matière récupérée après cubage. Le dispositif traditionnel revient actuellement à 15,51 \$/m³ et n'est pas rentable si la biomasse doit servir de combustible sous forme de déchets de bois. Les dispositifs nouveaux ont un meilleur rendement et les coûts atteignent entre 9,19 et 9,62 \$/m³. Le plus prometteur est le dispositif à conteneur qui, moyennant des modifications de conception et de dimensions, pourrait revenir à 5,00 \$/m³ récupéré. Il est recommandé de le perfectionner et de l'expérimenter davantage.

455. SINCLAIR, A.W.J. 1985. Development and testing of a container system for the recovery of roadside biomass in mountainous terrain. Environ. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-274 (FERIC, Spec. Rep. SR-27). 17 p. + app.

Field tests were conducted to determine the cost and productivity of a preproduction prototype model of a container system used to recover roadside biomass in mountainous terrain. The system recovered 82 m³ of biomass per eight-hour shift. Load size averaged 20.5 m³ with a cycle time of 1.99 hours. From the tests, it is conservatively estimated that the recovery cost will be \$8.32/m³. With a production model of the container system fully

On a effectué des essais sur le terrain afin de déterminer le coût et la productivité d'un prototype d'un système à conteneur pour la récupération de la biomasse le long des routes en terrain montagneux. Le système a permis de récupérer 82 m³ par quart de huit heures. La charge moyenne était de 20,5 m³ et la durée totale du cycle de 1,99 heure. À partir des tests, on peut établir, selon une estimation prudente, le coût de récupération à 8,32 \$/m³. Avec un modèle de série de système à conteneur entièrement intégré au processus d'exploitation, il

integrated into the logging process it may be possible to achieve costs of \$4.55/m³. The cost of the conventional system (logging truck and choker skidder) used to recover roadside biomass is \$15.51/m³.

serait possible d'abaisser le coût à 4,55 \$/m³. Le coût du système traditionnel (camion et débardeur à câble) utilisé pour la récupération de la biomasse le long des routes est de 15,51 \$/m³.

456. SINCLAIR, A.W.J.; BERLYN, R.; MANNING, G.(H). 1985. Salvaging sound wood chips from decadent cedar-hemlock logging residue. Agric. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Res. Cent., Info. Rep. BC-X-263 (FERIC, Spec. Rep. SR-21). 22 p.

Sheared, decadent hemlock and cedar logging residues from a test of the Nicholson Residue Shear were chipped and upgraded (bark, rot and fines removed) to determine their suitability for pulping. In one test, bolts were chipped with bark on, and the resulting material upgraded through the Paprifer process. In a second test, bolts were debarked in a drum debarker, then chipped. In both cases, rot remained at unacceptably high levels. Drum debarking reduced bark to acceptable levels; however, the Paprifer process did not remove sufficient bark, possibly because of dry, refractory bark. Further work is required on methods to remove rot from sheared, decadent material.

Les résidus d'abattage de pruches et de thuyas déperissants obtenus lors d'un essai de la cisaille à résidus Nicholson ont été déchiquetés et améliorés (enlèvement de l'écorce, de la pourriture et des fines) en vue de déterminer s'ils pouvaient être utilisés pour la fabrication de pâte. Dans un essai, les billes non écorcées ont été fragmentées, et le matériel obtenu a été amélioré par le procédé Paprifer. Dans une deuxième expérience, des billes ont été écorcées à l'aide d'une écorceuse à tambour, puis fragmentées. Dans les deux cas, la pourriture qui restait était trop élevée. L'écorçage au tambour a réduit l'écorce à un degré acceptable, mais le procédé Paprifer n'enlevait pas suffisamment d'écorce, peut-être parce que celle-ci était séchée. D'autres travaux sont nécessaires sur les méthodes d'élimination de la pourriture sur le matériel déperissant cisailé.

457. SINCLAIR, A.W.J.; POTTIE, M.A. 1988. Design and testing of a rock separator for sortyard debris. Pages 185-189 in C. Granger, ed. Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

A precommercial prototype of a rock separator for sortyard debris was designed, built and field tested. Rock separation efficiencies of up to 90 percent were achieved at a processing rate of 8.8 tonnes per hour. Changes in belt speed and tilt angle were found to be more effective than changes in slope angle to increase the rock separation rate.

On a conçu, construit et mis à l'essai sur place un prototype précommercial d'un séparateur de pierres pour le débris de cour de triage. Des rendements de séparation de 90 % ont été atteints pour une vitesse de traitement de 8,8 tonnes par heure. Le fait de changer la vitesse de la courroie et l'angle d'inclinaison permet d'augmenter le taux de séparation des pierres de façon plus efficace que des changements de l'angle de la pente.

458. SINCLAIR, A.W.J.; WELLBURN, G.V. 1984. Processing of biomass with a separator-shear system in a central location. Pages 230-232 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

The portable shear developed under previous ENFOR contracts was automated and then modified to process logyard

Les cisailles portatives mises au point dans le cadre des contrats d'ENFOR ont été automatisées, puis modifiées pour le traitement des débris de coupe

and the subsequent determinations of nutrient removals from biomass measurements, and nutrient concentrations.

270. FREEDMAN, B.; MORASH, R.; HANSON, A.J. 1981. Biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of a red spruce-balsam fir stand in central Nova Scotia. *Can. J. For. Res.* 11:249-257.

Data are presented of biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of 0.5 ha blocks of an all-aged *Picea rubens* - *Abies balsamea* stand in central Nova Scotia. The biomass yield from the conventional clearcut plot was 105 200 kg dry weight/ha, and the removals of N, P, K, Ca and Mg were 98.2, 16.3, 91.7, 180.9 and 17.0 kg/ha, respectively. Biomass removals from the whole-tree clearcut plot were 152 500 kg dry weight/ha, and the removals of N, P, K, Ca and Mg were 239.1, 35.2, 132.6, 336.5 and 36.9 kg/ha, respectively. These removals of N, P, K, Ca and Mg from the whole-tree harvested plot, expressed as percentages of the quantities of these nutrients in the 'total' pool within the exploitable soil horizons, were 5.0, 2.8, 1.0, 5.9 and 2.1%, respectively. However, when these removals were expressed relative to the quantities in the 'available' soil pools, they were much larger, i.e. 500, 34, 184, 306 and 95% for N, P, K, Ca and Mg, respectively.

Cette étude présente les résultats obtenus pour la biomasse et les éléments nutritifs lors d'une coupe à blanc de parcelles de 0,5 ha selon la méthode conventionnelle et la méthode de l'arbre entier dans un peuplement d'âge mixte *Picea rubens* - *Abies balsamea* de la partie centrale de la Nouvelle-Écosse. La production de biomasse selon la méthode conventionnelle de coupe à blanc était de 105 200 kg anhydres/ha et les résultats de N, P, K, Ca et Mg étaient 98,2, 16,3, 91,7, 180,9 et 17,0 kg/ha respectivement. Selon la méthode de l'arbre entier, la biomasse était de 152 000 kg anhydres/ha alors que pour N, P, K, Ca et Mg les valeurs étaient 239,1, 35,2, 132,6, 336,5 et 36,9 respectivement. Les valeurs de N, P, K, Ca et Mg dans une parcelle exploitée selon la méthode de l'arbre entier et exprimées en fonction de ces mêmes éléments dans l'ensemble des horizons de sol exploitable étaient 5,0, 2,8, 1,0, 5,9 et 2,1 % respectivement. Toutefois, lorsque ces éléments sont exprimés en fonction de la disponibilité du sol, nous obtenons 500, 34, 184, 306 et 95 % pour N, P, K, Ca et Mg respectivement.

271. FREEDMAN, B.; MORASH, R.; PRAGER, U.; DUINKER, P.(N).; HANSON, A.J. 1984. Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia. Pages 107-110 in S. Hasnain, ed., *Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar*, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Reported in this presentation are the results of a four-year study that was carried out to evaluate some of the probable ecological impacts of biomass harvest from hardwood and softwood stands, or different developmental stages, and growing on various site classes in central Nova Scotia. The work was carried out in 16 different stands. The method involved the estimation of biomass and nutrient quantities in the aboveground components of trees (foliage,

Dans cette présentation, on donne les résultats d'une étude de quatre ans sur certains effets écologiques que produirait probablement l'enlèvement de la biomasse dans des peuplements de feuillus et de résineux de divers stades de maturation et de divers types de terrains se trouvant dans le centre de la Nouvelle-Écosse. Les travaux ont porté sur 16 peuplements. Il s'agissait d'estimer la biomasse et la quantité d'éléments nutritifs présents dans les composantes aériennes des arbres (feuillage, bois de fût, écorce et branches vivantes ou mortes) et dans

between specific gravity and associated tree variables such as age, height, diameter and volume were examined. Because of variations in the wood density at relative heights within a species, weighted wood density was determined for the entire tree stem, and prediction equations were derived for its estimation from the wood density at breast height. The variability of wood density increased significantly for the older stem sections near the base but was insignificant for the more recent height growth toward the tip.

varie à différentes hauteurs au sein d'une même espèce, on a calculé une valeur pondérée pour la tige entière et formulé des équations permettant de l'estimer à partir de la masse volumique à hauteur de poitrine. La variabilité est nettement plus grande pour les parties plus âgées de la tige près de la base, mais elle est négligeable pour l'accroissement plus récent en hauteur près du sommet.

461. SINGH, T. 1986. Wood density variation of six major tree species of the Northwest Territories. *Can. J. For. Res.* 16:127-129.

Wood density measurements on green and oven-dry volume bases were made and their variations were statistically analyzed for six major tree species of the Northwest Territories. These values, based on samples from 336 trees, showed the species had highly significant ($P < 0.01$) differences in wood densities when compared at each of the 10 sampled relative height positions along the tree stem. For tree bole locations near the bottom, there were highly significant ($P < 0.01$) differences among various diameter size classes, but these differences decreased in significance toward the top. A predictor model was derived for estimating volume-weighted average basic wood density of a tree from its basic wood density at breast height. The lowest wood density in the majority of the species was in a band of varying length including or approaching the midpoint of the tree bole. Such information on density gradients is useful in allocating parts of a tree for optimum use.

On a mesuré la densité d'éprouvettes de bois vert et anhydre des six principales essences des Territoires du Nord-Ouest et soumis ses variations à l'analyse statistique. Les valeurs tirées de 336 arbres ont montré des différences très significatives ($P < 0,01$) suivant les 10 positions échantillonnées selon la hauteur le long de la tige. Près de la base du fût, les différences étaient très significatives ($P < 0,01$) parmi les diverses classes de diamètre, mais ces différences se sont atténuées vers la cime. On a construit un modèle pour prédire la moyenne pondérée de la densité basale apparente d'un arbre à partir de sa densité basale à hauteur de poitrine. Chez la majorité des essences, la densité minimale était observée dans une bande de longueur variable englobant ou approchant le centre du fût. Grâce à ces renseignements sur les gradients de densité, on peut utiliser au mieux les différentes parties d'un arbre.

462. SINGH, T. 1987. Heat of combustion and energy potential of tree species in western Canada. *National Woodlands* 10(4):8-9.

Heat of combustion values were determined for the main tree species of Alberta, Saskatchewan and Manitoba. An electrically monitored bomb calorimeter was used to determine heat of combustion values. Statistical analyses included

On a déterminé la chaleur de combustion des principales essences ligneuses de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. À cette fin, on a utilisé une bombe calorimétrique à surveillance électrique. Des analyses statistiques ont été effectuées sur la détermination des écarts chez les

determination of variations present in tree species and in tree parts such as stump, stem, branches, foliage and bark. The study showed that the range of heat of combustion (mean values) for the major tree species in the Prairie provinces was from 19.122 to 21.099 MJ/kg for softwoods and 18.396 to 20.091 MJ/kg for hardwoods. The mean values for heat of combustion for the oven-dry softwoods and hardwoods were 20.178 and 19.146 MJ/kg, respectively.

essences ainsi que dans les parties des arbres telles que la souche, la tige, les branches, le feuillage et l'écorce. L'étude a montré que l'intervalle des chaleurs de combustion (moyennes) des principales essences des Prairies allaient de 19,122 à 21,099 MJ/kg, chez les résineux, et de 18,396 à 20,091, chez les feuillus. La moyenne de la chaleur de combustion chez les résineux et les feuillus anhydres était de 20,178 et de 19,146 MJ/kg, respectivement.

SINGH, T. 1987. Wood density variations in thirteen Canadian tree species. *Wood Fibre Sci.* 19(4):362-369.

Wood density variations were determined for four softwoods and nine hardwoods of western Canada. Multiple-range tests indicated significant ($P < 0.05$) differences for the majority of the multiple comparisons made among species. The mean wood densities varied slightly to significantly from the density means of adjoining regions and were highest for black spruce (18.2%). Correlations were also obtained between wood density and other variables.

Les écarts de la densité du bois ont été déterminés chez quatre résineux et neuf feuillus de l'Ouest canadien. Selon les essais de comparaisons multiples, les écarts sont significatifs ($P < 0,05$) pour la majorité des comparaisons multiples effectuées parmi les essences. La densité moyenne du bois variait légèrement, à considérablement, de la moyenne des densités des régions contiguës, et l'écart était maximal chez l'épinette noire (18,2 %). Des corrélations ont également été obtenues entre la densité du bois et d'autres variables.

SINGH, T.; KOSTECKY, M.M. 1986. Calorific value variations in components of 10 Canadian tree species. *Can. J. For. Res.* 16:1378-1381.

Calorific values of six softwoods and four hardwoods were determined for components such as stump, main stem, treetop, branches, foliage and bark. Tree components among groups (hardwoods and softwoods) and within species differed highly significantly ($P < 0.01$) in calorific values. The calorific means ranged from 19.122 to 21.099 MJ/kg for softwoods and 18.396 to 20.091 MJ/kg for hardwoods.

Les pouvoirs calorifiques de six résineux et de quatre feuillus ont été déterminés pour diverses composantes de l'arbre comme la souche, la tige principale, le sommet de la tige, les branches, le feuillage et l'écorce. Les pouvoirs calorifiques moyens au sein des principaux groupes d'espèces (feuillus et résineux) différaient de façon hautement significative ($P < 0,01$). Ils variaient de 19,122 à 21,099 MJ/kg pour les résineux et de 18,396 à 20,091 MJ/kg pour les feuillus.

SINGH, T.; KOSTECKY, M.M. 1988. Energy potential from Manitoba forest biomass. Pages 101-105 in C. Granger, ed. *Proc. Sixth Canadian Bioenergy R&D Seminar*, Richmond, B.C., 16-18 February 1987.

Heat of combustion data for components of ten major Manitoba tree species were determined through a program of field

Des données sur la chaleur de combustion des composantes de dix essences majeures d'arbres du Manitoba ont été obtenues dans le cadre d'un

sampling and laboratory analysis. The calorific data accumulated from this phase of the study were applied to the most recent version of the Canadian Forestry Resource Data System (CFRDS) forest biomass inventory for Manitoba, to determine the potential energy from the resource, and to locate the best areas to exploit.

programme d'échantillonnage sur place et d'analyse en laboratoire. Les données calorifiques ainsi recueillies ont été appliquées à la plus récente version de l'inventaire de la biomasse forestière pour le Manitoba, grâce au Système canadien de données sur les ressources forestières, afin de déterminer les possibilités énergétiques de cette ressource et d'identifier les meilleures régions exploitables.

466. SINGH, T.; MICKO, M.M. 1984. Energy potential of aspen and other hardwoods in the Prairie provinces of Canada. Pages 215-218 *in* F. Curtis, ed. Proc. ENERGEX 84, Energy Developments: New Forms, Renewables, Conservation. Regina, Saskatchewan, 14-19 May 1984.

Aspen is one of the fastest-growing and most widely distributed hardwoods in Canada. Of the total productive forest area occupied by aspen/poplar in the country, 18% occurs in the Prairie provinces. Because of limited use for other purposes, aspen/poplar and birch tree biomass has a high potential as an alternative energy source. Their gross energy potential as forest biomass on an oven-dry basis is estimated as 10 EJ; on a 30-year rotation this amounts to 340 PJ of gross energy per year for the three Prairie provinces. The potential will be greater if the available biomass from this renewable resource can be converted into methanol. The gross estimates would need to be reduced for biomass utilization under field moisture conditions.

Le peuplier est l'un des feuillus canadiens qui croît le plus vite et qui est le plus largement distribué au pays. Dix-huit pour cent de toute la superficie de forêts productives occupée par les différents types de peupliers au pays est située dans les provinces de la Prairie. À cause de l'emploi limité des peupliers et des bouleaux, la biomasse de ces essences offre de grandes possibilités comme source nouvelle d'énergie. Le potentiel énergétique brut de la biomasse forestière de ces essences, ramené au bois anhydre, est estimé à 10 EJ; si l'on considère une révolution de 30 ans, cela équivaut à 340 PJ d'énergie brute par année pour les trois provinces des Prairies. Le potentiel sera important si la biomasse disponible de cette ressource renouvelable peut être transformée en méthanol. Les estimations brutes devraient être ramenées à la baisse dans le cas de l'utilisation de la biomasse dans les conditions d'humidité qui règnent sur le terrain.

467. SUTHERLAND, B.J. 1984. The 'Crabe Combined' - Development of a brushwood harvester. Pages 93-97 *in* D. Robertson and J. White, eds. Proc. People and Productivity: Keys to a Successful Harvesting Operation, For. Prod. Res. Soc. and Can. Pulp and Paper Assoc., Thunder Bay, Ontario, 17-18 September 1984.

The Canadian government is currently involved in a program to evaluate brush harvesting as a viable means of providing supplementary forest biomass for conversion to energy by using a test vehicle for the harvesting process. Several brush harvester design concepts have been evaluated over the past 4 years. The Pallari Brush Harvester (a second prototype), developed in Finland, has been selected as

Le gouvernement canadien participe actuellement à un programme d'évaluation de la récolte des broussailles, comme apport viable de biomasse forestière supplémentaire à la conversion en énergie, grâce à l'emploi d'un véhicule expérimental de récolte. Plusieurs variantes d'engins de récolte des broussailles ont été évaluées au cours des quatre dernières années. Le débroussaillieur Pallari (un deuxième prototype), mis au point en Finlande, a été choisi comme le plus prometteur pour le

having the greatest potential for the introduction of smallwood harvesting in eastern Canada.

Through formal agreement with the Finnish designer, K. Pallari, a Canadian-designed brush harvester chipper-conveyor system, based on the Pallari cutting principle, has been fabricated and mounted onto a North American carrier. Field testing of the prototype has been conducted in representative brushwood conditions on the Edwardsburgh Land Assembly near Brockville, Ontario and in selected stands in the Thunder Bay district. Details of the equipment design and preliminary results of field tests are presented.

démarrage de la récolte des petits bois dans l'est du Canada.

Après entente officielle avec le concepteur finlandais, K. Pallari, on a fabriqué et monté sur un porteur nord-américain un système de débroussaillage conçu au Canada, qui permet de réduire la biomasse en copeaux et de la transporter, toujours selon les principes de coupe de Pallari. Le prototype a été éprouvé sur le terrain, dans le regroupement parcellaire d'Edwardsburgh près de Brockville, en Ontario, ainsi que dans des peuplements choisis du district de Thunder Bay, dans des fourrés typiques. Des détails sont fournis sur la conception des engins et les résultats préliminaires des essais sur le terrain.

468. SUTHERLAND, B.J. 1985. Brush harvester development and field test. Winter Meeting of the Am. Soc. Agric. Eng., 17-20 December 1985. Paper No: 85-1628.

A Canadian-built prototype brush harvester for standing woody biomass was developed and field tested in Ontario. Based on a rotary shear cutting principle, in combination with a drum chipper conveyor system, the prototype has demonstrated the ability to harvest and chip standing woody material while functioning as a continuously progressing swath harvester.

Un prototype de débroussailleur construit au Canada pour la coupe de la biomasse ligneuse sur pied a été mis au point et éprouvé sur le terrain en Ontario. Reposant sur le principe de la coupe par cisailles rotatives auxquelles est combiné un système de transport à déchiqueteuse à tambour, le prototype a démontré sa capacité de récolter et de réduire en copeaux du matériel ligneux sur pied tout en fonctionnant comme une abatteuse à avance continue.

469. SUTHERLAND, B.J. 1985. Energy from forest biomass. Agric. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., Forestry Newsletter, Spring Issue: 1-3.

The forest resource offers a tremendous potential supply of renewable fuel and organic chemicals as well as an important opportunity for rational development of the Canadian forest industry.

La forêt offre une réserve potentielle considérable de combustible renouvelable et de matières chimiques organiques ainsi qu'une importante occasion de mettre rationnellement en valeur l'industrie forestière canadienne.

Energy from the Forests or ENFOR is a program supporting the research, development, and demonstrations of new methods and technology aimed at substituting forest biomass for non-renewable fuels. ENFOR comprises two sub-programs: (1) Biomass Production, dealing with forest-oriented matters such as growth, inventory, harvesting, transport and

Le programme ENFOR (énergie de la forêt) appuie la recherche et le développement et la démonstration de nouvelles méthodes et techniques visant à remplacer les combustibles non renouvelables par la biomasse forestière. Il se subdivise en deux sous-programmes : (1) production de la biomasse, qui porte sur les questions orientées vers la forêt telles que l'accroissement, l'inventaire, la récolte, le transport et les répercussions sur

environmental impact, that relate to forest biomass supply; and (2) Biomass Conversions, dealing with the transformation of the delivered raw material into energy in its various forms, as well as prepared fuels and energy-intensive chemicals.

Efforts at the Great Lakes Forest Research Centre have concentrated primarily on the biomass harvesting objective of the Production sub-program. A total of \$2.3 million has been used for the development of equipment to harvest, process and deliver forest biomass for conversion to energy for fuels.

l'environnement, qui intéressent les réserves de la biomasse forestière; (2) transformation de la biomasse, qui concerne la transformation de la matière première livrée en diverses formes d'énergie de même qu'en combustibles finis et en produits chimiques énergétiques.

Au Centre de recherche forestière des Grands Lacs, les efforts ont surtout été axés sur le volet récolte de la biomasse du sous-programme production de la biomasse. En tout, 2,3 M\$ ont été consacrés à la mise au point d'engins de récolte, de transformation et de production de la biomasse forestière destinée à la conversion en combustible.

470. T.M. THOMSON AND ASSOCIATES LTD. 1984. Residential fuelwood supply and demand in greater Victoria and Vancouver. T.M. Thomson and Associates Ltd., Unpubl. Contractor's Rep. ENFOR P-252. 78 p. + app.

The study consists of three phases: a demand study, a supply survey and a fuelwood inventory within the Fraser Valley and Greater Victoria. The three phases provide estimates of the consumption of fuelwood for home heating.

The demand study, undertaken through consumer telephone surveys, estimated annual fuelwood consumption for Victoria as 261 261 m³ and for Vancouver as 770 073 m³, for a total of 1 031 384 m³. Household consumption per season of those who burn wood averages 5.16 m³ in Victoria and 4.17 m³ in Vancouver.

The supply survey, consisting of a survey of Land Management Agencies and commercial fuelwood suppliers, estimated consumption for Victoria as 19 500 m³ and for Vancouver as 25 000 m³, for a total 44 500 m³. The variation from the demand survey is due to land base differences and poor reporting.

The fuelwood inventory focused on a definition of acceptable fuelwood, standards and methods of measurement of fuelwood and utilization of potential

L'étude comprend trois étapes : une étude de la demande, une étude de l'offre et un inventaire du bois de chauffage dans la vallée du Fraser et dans l'agglomération de Victoria. Les trois étapes ont abouti à une estimation de la consommation résidentielle de bois de chauffage.

L'étude de la demande, entreprise au moyen d'une enquête téléphonique auprès des consommateurs, a permis d'estimer la consommation annuelle de bois de chauffage à 261 261 m³ à Victoria et à 770 073 m³ à Vancouver, soit 1 031 384 m³ en tout. La consommation saisonnière moyenne des ménages qui utilisent ce bois est en moyenne de 5,16 à Victoria et de 4,17 m³ à Vancouver.

Une enquête sur l'offre, faite auprès des organismes chargés de l'aménagement du territoire et des fournisseurs de bois de chauffage arrive à une consommation estimative de 19 500 et de 25 000 m³ pour Victoria et Vancouver, respectivement, soit un total de 44 500 m³. L'écart entre l'offre et la demande est dû au fait que les enquêtes ne portent pas tout à fait sur le même territoire et, également, à des failles dans la communication des données.

L'inventaire du bois de chauffage s'articulait autour d'une définition de bois de chauffage acceptable, de normes et de méthodes de mesure de ce

fuelwood sources. Information gathered in the field, coupled with data on areas supplied by Land Management Agencies, results in an estimated household consumption of 5000 m³ in Victoria and 75 000 m³ in Vancouver, for a total of 80 000 m³. The utilization of available fuelwood volume within the fuelwood zone ranged from 45% in logging residue to 95% in hardwood stands.

combustible et de l'utilisation des sources potentielles de ce dernier. Les renseignements recueillis sur le terrain, ajoutés aux renseignements provenant des régions desservies par les organismes d'aménagement du territoire, permettent d'estimer la consommation ménagère à 5 000 et à 75 000 m³ à Victoria et à Vancouver, respectivement, soit 80 000 m³ en tout. Le taux d'utilisation du bois de chauffage disponible dans la zone de production variait de 45 %, pour ce qui concerne les résidus de la coupe, à 95 % dans les peuplements de feuillus.

THE COBAN INSTITUTE. 1981. Cost of harvesting aspen stands for energy production. Environ. Can., Can. For. Serv., Nor. For. Res. Cent., ENFOR Rep. P-163. 26 p.

The purpose of this report was to determine production and cost data which would assist resource managers to make rational decisions concerning the utilization of aspen for energy production. Two aspen sites were selected on the Rocky Mountain House Grazing Reserve situated 80 km west of the town of Rimbey, Alberta. Site #1 contained 3.8 ha of 37-year-old aspen; site #2 contained 4.9 ha of 58-year-old aspen. The aspen was logged and chipped by the full-tree harvesting system. Felling was carried out by chain saw and Dika Side Cutter. A Nicholson 22 Complete Tree Utilizer (C.T.U.) was used to chip the aspen.

Cette étude avait comme objectif d'établir les données sur la production et le coût de l'utilisation de peupliers pour la production d'énergie, afin d'aider ceux qui s'occupent de la planification de ressources forestières. On a étudié deux peuplements, de 37 ans et de 58 ans, situés dans la Rocky Mountain House Grazing Reserve à 80 km à l'ouest de la ville de Rimbey (Alberta). Le premier peuplement mesurait 3,8 ha, et le deuxième, 4,9 ha. On a procédé à l'abattage manuel et mécanisé des arbres entiers au moyen d'une scie à chaîne et de l'abatteuse Dika Side Cutter. La mise en copeaux a été effectuée par une machine Nicholson 22 Complete Tree Utilizer (C.T.U.).

The data indicated that it is unlikely that wood gas derived from full-tree aspen chips will prove economically competitive with natural gas until 1983.

Les données indiquent qu'il est peu probable que le gaz d'arbre soit aussi économique que le gaz naturel jusqu'en 1983.

UNLIGIL, H.H. 1982. Fuel value of stored forest/mill residues. Pages 199-204 in Proc. Fourth Bioenergy R&D Seminar, Winnipeg, Manitoba, 29-31 March 1982.

This is a literature review on the changes which may occur in bulk-piled forest and mill residues during storage affecting their value as fuel. Increase in moisture content, mainly due to precipitation, may reach major proportions in some geographic regions. Loss of wood substance may be as high as 3 to 4% per month depending on factors such as wood species, size and type

Il s'agit d'une analyse de la documentation traitant des changements qui peuvent se produire dans les résidus forestiers et les déchets industriels de bois empilés et qui ont un effet sur leur valeur calorifique. L'augmentation de la teneur en eau, surtout due aux précipitations, peut être très forte dans certaines régions. La perte de tissu ligneux peut atteindre 3 à 4 % par mois, selon l'espèce, la

of particles, durations, season and geographic location of storage.

taille et le type des particules, la durée, la saison et la région où les résidus sont stockés.

van NOSTRAND, R.S.; CASE, A.B. 1984. Harvesting forest biomass as an alternative fuel. Pages 175-178 in S. Hasnain, ed. Proc. Fifth Canadian Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-28 March 1984.

Various harvesting, chipping, and transporting equipment and systems were tested to determine the economical and technical feasibility of recovering and utilizing hardwoods and logging residues as fuel for steam production at the Bowater Newfoundland Limited newsprint mill in Corner Brook. Harvesting of hardwood stands, and hardwood and large pieces of logging residues from cutovers was economical. The system to salvage tops, branches and whole hardwoods in an integrated pulpwood-fuelwood operations was not cost-effective.

On a testé diverses machines et divers systèmes pour récolter, déchiqueter et transporter des feuillus et des résidus de coupe afin de déterminer s'il est faisable, au point de vue économique et technique, de récolter et d'utiliser cette biomasse comme combustible pour produire de la vapeur à l'usine Newsprint de la Bowater Newfoundland Limited, à Corner Brook. La coupe de feuillus sur pied et la récolte des arbres et des résidus de grande taille dans les coupes à blanc se sont révélées économiques. Le système réalisé pour récupérer la cime, les branches des feuillus ou les arbres entiers en intégrant bois de pulpe et bois combustible n'était pas rentable.

WELLWOOD, R.W. 1979. Complete tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part II: Recovery of biomass (Revision and update of J.L. Keays, 1971). Environ. Can., Can. For. Serv. HQ, ENFOR Rep. P-15. 250 p.

A review of literature examining total biomass available and that of individual tree components was carried out. Studies to determine additional supplies available from unconventional sources in Scandinavian countries are highlighted along with more general studies in North America. Systems for harvesting non-conventional biomass, debarking, comminution, separation, transportation and storage are reviewed. Some environmental and economic considerations are summarized.

On a fait une étude bibliographique portant sur la biomasse totale disponible et sur la biomasse de chaque partie des arbres. On met en relief les recherches de sources supplémentaires et originales dans les pays scandinaves de même que les études plus générales effectuées en Amérique du Nord. On passe en revue les systèmes de récolte de la biomasse non traditionnelle, d'écorçage, de fragmentation, de séparation, de transport et de stockage. Certaines considérations écologiques et économiques sont résumées.

WELLWOOD, R.W. 1980. Complete-tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part III: Utilization of biomass (Revision and update of J.L. Keays, 1971). Environ. Can., Can. For. Serv. HQ, ENFOR Rep. P-15. 170 p.

This is a literature review encompassing the biomass characteristics of tree components including wood/bark relationships, density, moisture content, fibre morphology, chemical composition and abnormal wood components. The

On a fait une étude bibliographique portant sur les caractéristiques de la biomasse des différentes parties des arbres, y compris les rapports entre le bois et l'écorce, la densité, la teneur en humidité, la morphologie des fibres, la composition chimique et les constituants anormaux du bois. On s'attache

applicability of component chips for pulp and paper, fiberboards, particle boards, chemical feed stock and energy is also reviewed. An analysis of economic influencing biomass use is presented.

également à l'application des copeaux de différentes parties des arbres à la fabrication de la pâte et du papier, de panneaux de fibre, de panneaux de particules, de matières premières chimiques et d'énergie. On présente une analyse des facteurs économiques qui conditionnent l'emploi de la biomasse.

WELLWOOD, R.W. 1980. Complete-tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978). Pages 41-44 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario 26-27 March 1980.

Best opportunities for the economic recovery of complete trees result from integration of industrial products with bioenergy use. Biomass mensuration techniques for the static and dynamic (productivity potential) condition are being refined. Improved recovery of the marginal wood resource is being emphasized, particularly in northern Europe; and its processing prior to or after delivery at mill site, in North America and Europe. Certain problems of complete-tree utilization in conventional products remain to be solved.

L'intégration de l'utilisation de la bioénergie à la production industrielle est la meilleure façon d'assurer la rentabilité de l'exploitation par arbres entiers. Les techniques de mesure de la biomasse en conditions statiques et dynamiques (évaluation de la productivité) sont de plus en plus raffinées. On met l'accent, surtout dans le nord de l'Europe, sur une meilleure récupération des ressources accessoires et on s'intéresse, en Amérique du Nord et en Europe, à la transformation de ces ressources avant ou après leur transport à l'usine. Dans la fabrication de produits courants, l'utilisation d'arbres entiers pose encore certains problèmes.

WIKSTEN, N.A.; PRINS, P.G. 1980. Cost estimates of forest biomass delivered at the energy conversion plant. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Natl. For. Inst., ENFOR Rep. P-19. 56 p. + app.

Production (ODt/h) expected at the retrieval and harvest of forest biomass by means of various systems of conventional logging equipment has been analyzed for eight areas in the Boreal Forest Region (Black Sturgeon Crown Management Area in northwestern Ontario) and for two low-grade hardwood stands in the Great Lakes - St. Lawrence Forest Region (Cornwall District, Ontario). The application of current hourly cost of operation (1978) to the production data has given the costs of delivering forest biomass to the energy conversion plant for a limited number of systems representing various situations with respect to weight of logging residues (ODt/h), average size of pieces, weight of standing trees left and previous logging methods.

Dans huit régions de la forêt boréale (zone d'aménagement de la Couronne de Black Sturgeon, dans le nord-ouest de l'Ontario) et dans deux peuplements de feuillus de mauvaise qualité de la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent (district de Cornwall, en Ontario), on a analysé la production (tonnes anhydres/h) prévue pour la récupération et la récolte de la biomasse forestière à l'aide de divers systèmes dans lesquels on utilise des engins traditionnels d'exploitation forestière. L'application du coût horaire actuel d'exploitation (1978) aux données de production montrent le coût de livraison, à l'usine de conversion énergétique, de la biomasse forestière obtenue au moyen d'un certain nombre de systèmes représentant diverses situations touchant la masse des résidus de la coupe (tonnes anhydres par heure), la dimension moyenne des parties ou des éléments de la biomasse, le poids des arbres laissés debout et les méthodes antérieures de coupe.

WILTON, W.(C). 1980. Operational trial of whole-tree chipping for hog fuel. Pages 107-109 in Proc. Second Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 26-27 March 1980.

The project is a continuation of a whole-tree chipping experiment initiated in 1978 to test the feasibility of using wood chips for steam generation. Wood chips were produced by a Morbark Chipharvester and utilized at the mill steam plant. Burning tests were conducted to determine BTU values. The study has two salient features: First, to develop, test and evaluate harvesting systems for different types of forest stands; second, to assess impacts of whole-tree harvesting on forest sites.

Notre projet fait suite à l'expérience de déchiquetage des arbres entiers entreprise en 1978 afin d'évaluer l'utilisation de copeaux de bois pour la production de vapeur. Les copeaux ont été obtenus à l'aide d'un appareil Morbark Chipharvester et ils ont été utilisés dans les installations de production de vapeur de l'usine. Des tests de combustion ont été effectués afin de déterminer la capacité calorifique en BTU. Nous poursuivons deux objectifs distincts : mettre au point, éprouver et évaluer divers systèmes de récolte dans des peuplements différents; et évaluer les incidences de l'exploitation par arbres entiers sur le milieu forestier.

WILTON, W.C. 1981. Integrated logging for production of pulpwood and hog fuel. Pages 187-189 in Proc. Third Bioenergy R&D Seminar, Ottawa, Ontario, 24-25 March 1981.

This project is intended to provide information to the pulp and paper industry on the possibilities of utilizing the hardwood component of mixed stands as hog fuel for energy. An integrated pulpwood-fuelwood full-tree harvesting operation was conducted at different stand types, with various combinations of harvesting equipment and woodsoring techniques. Biomass not suitable for pulpwood was converted to fuel for energy production at the mill. Impacts of whole-tree harvesting on forest sites were studied.

Ce projet vise à fournir à l'industrie des pâtes et papiers des données sur les possibilités d'utilisation des feuillus de peuplements mélangés comme combustible pour la production d'énergie. Une exploitation par arbres entiers intégrée (bois à pâte et bois de chauffage) fut implantée dans des peuplements de divers types; divers matériels de coupe et techniques de tri furent utilisés. La biomasse non transformable en pâte fut utilisée pour la production d'énergie à l'usine. L'impact de l'exploitation par arbres entiers sur les peuplements fut étudié.

WILTON, W.C.; DUFFETT, W.P. 1980. Whole-tree chipping for hogged fuel in Newfoundland. Environ. Can., Can. For. Serv., Nfld. For. Res. Cent., Info. Rep. N-X-186. 46 p. + app.

A three-month whole-tree chipping trial to determine the feasibility of using hogged fuel for steam generation at the Price (Nfld.) Pulp and Paper Ltd. mill was conducted in 1979. Two white birch stands and a burned black spruce-balsam fir stand were harvested. Trees were felled manually, hauled whole-tree to a central landing by means of wheeled skidders,

Un essai de mise en copeaux d'arbres entiers a été effectué en 1979, pendant trois mois, afin de déterminer la faisabilité de l'utilisation de résidus ligneux pour la production de vapeur à la papeterie Price Pulp and Paper Ltd. à Terre-Neuve. On a procédé à la récolte dans deux peuplements de bouleaux à papier et un peuplement d'épinettes noires et de sapins baumiers qui avait brûlé. La coupe a été faite manuellement, les tiges ont ensuite

chipped and transported to the mill yard. The chips were burned in a boiler furnace designed for bark and/or bunker-C oil.

Wood from the two birch stands was harvested and burned at savings of 32% and 15% compared to the cost of burning the equivalent amount of oil. The greater saving was achieved from the older of the two stands, where larger trees meant more efficient logging and chipping. In the burned softwood stand, a loss of 30% for wood costs compared to oil is attributed to excessive road-building costs, short period of operation, and small diameter trees, which resulted in inefficient logging and chipping.

The effects of whole-tree removal on the extent of ground disturbances and on regeneration, are similar to that for a normal pulpwood logging operation. On the hardwood sites, birch stump suckers will be a problem if a species change is planned for the future crop.

été débardées jusqu'à une jetée centrale avec des débusqueurs à roues, réduites en copeaux et enfin transportées à l'usine. Les copeaux ont été brûlés dans une fournaise à bouilloire conçue pour fonctionner avec de l'écorce et/ou du bunker C.

La récolte et le brûlage du bois provenant des deux peuplements de bouleaux a permis des économies de 32 % et 15 % comparativement au coût occasionné par l'utilisation d'une quantité équivalente de pétrole. La plus forte épargne a été réalisée à partir du peuplement le plus âgé, là où la plus grande dimension des arbres a permis une meilleure efficacité des opérations de récolte et de déchiquetage. En ce qui concerne le peuplement résineux après feu, une perte de 30 % sur les coûts du bois comparés à ceux du pétrole est attribuable à des dépenses excessives de construction de routes, une courte période d'opération et le faible diamètre des tiges qui se sont traduits par une récolte et un déchiquetage inefficaces.

Les effets de la récolte d'arbres entiers sur la perturbation du sol et la régénération sont semblables à ceux d'une opération conventionnelle de récolte de bois à pâte. Sur les stations feuillues, cependant, les rejets de souche du bouleau pourront occasionner des problèmes si on espère un changement d'espèce pour la prochaine récolte.

Chapter II

Indexes

1. Index of authors	243
2. Index of titles	249
3. Index by province, territory and region	265
4. Index of tree species . . .	266
5. Index of added keywords . . .	276
6. Productivity (P) project index	282
7. Index of projects by year	286

Chapitre II

Index

1. Index des auteurs .	243
2. Index des titres .	249
3. Index par province, par territoire et par région	265
4. Index des espèces d'arbres	271
5. Index des mots-clés ajoutés	279
6. Index des projets sur la productivité (P)	282
7. Index des projets par année .	286

Chapter II

Index

100	1. The first part of the book
101	2. The second part of the book
102	3. The third part of the book
103	4. The fourth part of the book
104	5. The fifth part of the book
105	6. The sixth part of the book
106	7. The seventh part of the book
107	8. The eighth part of the book
108	9. The ninth part of the book
109	10. The tenth part of the book

Chapter III

Index

110	1. The first part of the book
111	2. The second part of the book
112	3. The third part of the book
113	4. The fourth part of the book
114	5. The fifth part of the book
115	6. The sixth part of the book
116	7. The seventh part of the book
117	8. The eighth part of the book
118	9. The ninth part of the book
119	10. The tenth part of the book

1. Index of authors/Index des auteurs

- ALDRED, A.H.: 2, 3, 4
- ALEMDAG, I.S.: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 374, 375
- APPLEBY, P.W.: 21, 22
- APPS, M.J.: 98, 100, 222, 228, 229, 230, 277, 278, 295, 296, 297, 301, 302, 306, 307, 312, 330
- ASH, M.J.: 376, 377
- B.C. MINISTRY OF FORESTS: 378
- BABYN, M.: 36
- BAINS, B.S.: 427, 429
- BANDUCCI, S.R.: 82
- BARCLAY, H.: 63
- BEAUDOIN, M.F.: 200
- BÉLANGER, G.: 24, 25, 26
- BÉLANGER, J.: 23, 24, 25, 26, 27
- BELLA, I.E.: 28, 439
- BELLEFLEUR, P.: 195
- BERLYN, R.: 456
- BERNIER, B.: 231
- BERRY, G.J.: 232, 233
- BICKERSTAFF, A.: 29, 30
- BIGLEY, R.E.: 99
- BINKLEY, D.: 290, 291, 293
- BIRD, G.A.: 234, 235, 236
- BLAKENEY, K.J.: 31, 352, 353, 379, 380
- BLOUIN, J.-L.: 237, 238
- BOLES, B.: 381
- BONNOR, G.M.: 18, 32, 33, 34, 35, 36, 38
- BOUFFORD, D.: 174
- BOWATER NEWFOUNDLAND LTD.: 382
- BOYLE, C.D.: 175, 176, 177, 181
- BRAMHALL, P.A.: 133, 134, 287, 288
- BROWN, H.L.: 181
- BUNCE, H.W.F.: 37, 38
- BURGESS, D.M.: 39, 40, 41, 239, 279, 280, 281, 341, 351
- BURNS, G.R.: 350
- CAMERON, D.A.: 383, 384
- CAMPBELL, D.: 156
- CARLETON, T.J.: 240
- CARLISLE, A.: 255, 256, 257, 258, 259
- CASE, A.B.: 368, 369, 473
- CERVELLI, R.L.: 181
- CHAN, Y.-H.: 137, 307, 331, 332
- CHARLES G. TURNER AND ASSOCIATES LTD.: 354
- CHATARPAUL, L.: 39, 40, 41, 99, 100, 191, 234, 235, 236, 241, 256, 257, 258, 259, 280, 281, 282, 283, 284, 290, 291, 303, 322, 326, 327

CHISHOLM, B.S.: 385, 386
CHOW, W.: 101, 119, 120
COMEAU, P.G.: 42, 98, 99, 100, 292, 295
COMMANDEUR, P.R.: 242, 342
COULOMBE, R.: 243, 244, 245, 246
CROWELL, M.: 272
CUNNINGHAM, R.A.: 43
D. FLETCHER AND ASSOCIATES LTD.: 355
D.A. WESTWORTH AND ASSOCIATES LTD.:
247, 248
DAFFERN, J.G.: 44
DANCIK, B.P.: 45
DAVIES, L.: 391
DAWE, E.R.: 46, 47, 48
DAY, D.: 47, 48
DAY, J.K.: 49
DE CATANZARO, J.: 290, 291, 293
DE FRANCESCHI, J.P.: 28
DEMAERSCHALK, J.P.: 158
DENDRON RESOURCE SURVEYS LTD.: 50, 51,
52, 53, 54, 55, 56
DOWSLEY, B.J.: 178, 179
Du SAULT, A.: 387, 388, 389
DUBUC, R.: 73
DUFFETT, W.P.: 480
DUINKER, P.N.: 63, 64, 65, 66, 266, 267, 271
DUMONT, J.-M.: 24, 25, 26, 27
DuPONT CANADA INC.: 249
DYER, A.: 180
ERICSSON, T.: 250
EVERT, F.: 29, 30, 57, 58, 59, 60
FELLER, M.C.: 190, 191, 192, 251, 294, 304, 305
FORESTAL INTERNATIONAL LTD.: 390
FORTIN, J.A.: 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258,
259, 260, 261, 262, 263, 264, 275, 276, 326, 327
FOWLER, D.: 61
FREEDMAN, B.: 62, 63, 64, 65, 66, 265, 266, 267,
268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 336, 404
FRENCH, C.: 320
FRISQUE, G.: 67, 68, 132
FUREY, W.: 214, 215
GEMMELL, D.: 391
GODBOUT, C.: 260, 275, 276
GODFREY, G.A.: 69
GONZALEZ, J.S.: 392, 393, 394, 395
GRABOWSKI, T.I.: 70, 71
GREER, A.: 356
GREWAL, H.S.: 72, 277, 278
GUIMIER, D.Y.: 396, 397, 398
GUIMOND, A.: 73
HAMILTON, D.D.: 399, 400, 401, 402
HANSON, A.J.: 267, 269, 270, 271, 274, 404
HARDING, R.: 403
HEIDT, J.D.: 45, 70, 71, 74

HELLENBRAND, K.E.: 181

HENDRICKSON, O.Q.: 39, 75, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285

HENRY, G.: 404

HIGGINBOTHAN, K.O.: 45, 74

HOPWOOD, W.A.: 76, 77

HORTON, B.J.: 182, 183

HORTON, K.W.: 19, 78, 79, 80, 81, 82

HOUDE, N.: 405

HOUGH, STANSBURY AND ASSOCIATES LTD.: 406

HOWE, J.L.: 83

HUBBES, M.: 126, 328

HUTCHINSON, P.J.: 340

HYD-MECH ENGINEERING LTD.: 184

I.D. SYSTEMS LTD.: 407, 408

IEA CONSULTING GROUP: 357

INTERGROUP CONSULTING ECONOMISTS LTD.: 84

JEGLUM, J.K.: 233, 286

JOHN STONE AND ASSOCIATES LTD.: 85

JOHNSON, S.G.: 133, 134, 287, 288

JONES, K.C.: 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417

JONES, P.H.: 86

JOZSA, L.A.: 133, 134, 287, 288, 418, 443

K.C. JONES AND ASSOCIATES LTD.: 419

KABZEMS, A.: 211, 212

KABZEMS, R.D.: 138, 139, 211, 212, 332, 333, 334

KAYLL, A.J.: 87

KER, M.F.: 88, 89, 90, 91

KHALIL, M.A.K.: 216

KIMMINS, J.P.: 42, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 222, 229, 251, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 332

KIPPING AND ASSOCIATES LTD.: 358, 420, 421

KIPPING, J.: 359, 367

KIRBY, C.L.: 101

KIVISTE, J.A.: 422

KNOBLOCH, P.C.: 376, 377

KOSTECKY, M.M.: 464, 465

KRYLA, J.M.: 423

KURZ, W.A.: 98, 99, 100, 229, 292, 295, 302, 306, 307, 312

KUUSELA, K.: 424

LABRECQUE, M.: 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200

LALONDE, M.: 260, 261, 325, 326, 327, 345, 346, 347, 348

LAVALÉE, R.: 262, 263

LAVERDIÈRE, M.: 27, 102

LAVIGNE, M.B.: 103, 104

LAVOIE, G.: 201, 202

LE GROUPE DRYADE: 308, 309, 310

LEBLANC, J.D.: 143

LEE, C.Y.: 105
LEGGAT, M.A.: 174
LEMAY, A.B.: 245, 246
LEVSON, V.M.: 138, 139
LICHT, L.E.: 340
LUCAS, J.: 203, 204, 205
LUSSIER, L.J.: 425, 426
MacDUFF, W.D.: 205
MacISAAC, D.A.: 230, 277, 278, 311, 312
MacQUARRIE, G.D.: 106
MAHENDRAPPA, M.K.: 107, 313, 314, 316
MAJAESS, F.G.: 108, 109
MALIONDO, S.M.: 107, 314, 315, 316
MANNING, G.H.: 110, 111, 114, 115, 158, 362, 437, 456
MARANDA, J.: 425, 426
MASSIE, M.R.C.: 110, 111, 112, 113, 114, 362
McCABE, P.L.: 206
McCAUGHEY, J.H.: 207, 317, 318, 319, 320
McDANIELS, T.L.: 115, 321, 356, 360, 361
McDONALD, A.G.: 116
McKENNEY, D.J.: 322
McNAMEE, P.J.: 339
MEADES, W.J.: 208, 213, 323
METHVEN, I.R.: 40, 41, 117
MICKO, M.M.: 427, 428, 429, 466
MOODIE, R.L.: 450, 451
MOORE, J.P.: 323
MOORE, W.C.: 118, 119, 120
MORASH, R.: 63, 64, 65, 66, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 274
MORGAN, K.: 272
MORRISON, I.K.: 324
MOSS, A.: 49
MURLEY, S.R.: 369
NAGLE, G.S.: 362, 430
NAWITKA RENEWABLE RESOURCE CONSULTANTS LTD.: 121
NESME, X.: 347
NIELSEN, U.: 3, 122
NORMAND, P.: 260, 325, 326, 327
NORTHLAND ASSOCIATES LTD.: 56, 123, 124, 125, 344, 363, 431, 432, 433, 434
NOVAK, W.: 435, 436
OAKLEY, P.: 362, 437
OGAR, G.E.: 126, 209, 328
OGDEN, J.G.: 274
ONDRO, W.J.: 364, 438, 439, 440
ORAN, R.: 297
OUELLET, D.: 127, 128, 129, 130, 131, 132
PARKER, M.L.: 133, 134, 287, 288
PAUL H. JONES AND ASSOCIATES LTD.: 135
PERINET, P.: 261, 264, 348
PETERS, D.C.: 365, 441
PETERS, N.: 376, 377

PETERSON, E.B.: 136, 137, 138, 139, 210, 211, 212, 329, 330, 331, 332, 333, 334

PETERSON, N.M.: 137, 211, 212, 332, 333, 334

PICHE, Y.: 262, 263

PIKE, D.B.: 213, 335

POLAND, J.S.: 44, 83, 140

POLLOCK, W.S.: 141, 142, 143

POLSON, J.: 144

POND, B.A.: 319

POPOVICH, S.: 195, 196, 197, 198, 199, 200

POTTIE, M.A.: 442, 457

POWELL, J.M.: 418, 443

PRAGER, U.: 63, 65, 66, 267, 271, 273, 274, 336

PRICE, N.: 296, 297

PRINS, P.G.: 477

RACHAR, D.B.: 236, 285

REID, COLLINS: 145

RICHARDSON, J.: 214, 215, 216, 217

RICHER, C.: 200

RIDEOUT, P.D.: 337

ROBERTSON, A.: 218, 219, 220, 221, 224, 320

ROBERTSON, W.J.: 177

ROBINSON, G.: 362, 366, 444

ROBINSON, J.B.: 282, 283, 284, 285

ROUTHIER, J.-G.: 402, 445, 446, 447, 448

RUDD, J.: 111

SACHS, D.: 222, 338

SALONIUS, P.O.: 177

SAYN-WITTGENSTEIN, L.: 3, 4

SCHUERHOLZ, G.: 339

SCOULLAR, K.A.: 98, 99, 100, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 229, 251, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305

SICARD-LUSSIER, T.: 449

SILVERSIDES, C.R.: 450, 451

SILVIBA: 145

SIMMS, D.A.: 340

SIMON, J.P.: 195

SIMON, M.: 341

SINCLAIR, A.W.J.: 442, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459

SINGH, T.: 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466

SMITH, J.H.G.: 157, 167

SMITH, R.B.: 342

SOLLINS, P.: 193

STANDISH, J.T.: 158, 164, 342

STEWART, H.M.: 440

STIELL, W.M.: 20

STRONG, W.E.: 223, 224

SUTHERLAND, B.J.: 467, 468, 469

SUTTON, K.: 47, 48

SWAN, D.: 272

T.M. THOMSON AND ASSOCIATES LTD.: 159, 160, 470

TAESCO CONSULTANTS LTD.: 343

TALISMAN LAND RESOURCE
CONSULTANTS: 161, 162

THE COBAN INSTITUTE: 471

THE ENVIRONMENTAL APPLICATIONS
GROUP LTD.: 344

THOMAS, J.B.: 163

TITUS, S.J.: 45, 70, 71, 74

TREMBLAY, F.M.: 345, 346, 347, 348

TSZE, K.M.: 191, 192, 294

TUNNER, A.: 164

UNLIGIL, H.H.: 472

URBANOWSKY, J.: 367

VALLÉE, G.: 201, 202

van LOON, G.W.: 44, 83, 140

van NOSTRAND, R.S.: 104, 165, 225, 368, 369,
473

van RAALTE, G.D.: 107, 172, 314, 316, 386

VRIESACKER, J.R.: 322

WALLACE, W.L.: 29, 30

WALMSLEY, M.E.: 242

WANG, E.I.C.: 427, 428, 429

WARD, M.: 391

WELLBURN, G.V.: 458, 459

WELLWOOD, R.W.: 166, 474, 475, 476

WEST, A.: 226

WESTBY, R.: 122

WESTWORTH, D.A.: 349, 350

WETTON, C.E.: 444

WHITING, J.: 144

WICKWARE, G.M.: 324

WIKSTEN, N.A.: 477

WILLIAMS, D.H.: 157, 167

WILTON, W.C.: 227, 370, 478, 479, 480

WINKLER, J.: 216, 217

WOODLAND RESOURCE SERVICES LTD.: 168,
169, 170, 371, 372

YOUNG, G.B.: 171, 172

ZSUFFA, L.: 173, 174, 341, 351

ZUNDEL, P.: 373

2. Index of titles/Index des titres

- 1984 field testing of the experimental prototype of the dual roll splitter: 387
- A comparison of biomass and nutrients removed in whole tree harvesting and conventional (stem only) harvesting: 39
- A comparison of measurements of the standing crops of biomass and nutrients in a conifer stand in Nova Scotia: 65
- A current view of FORCYTE and its use in CFS: 228
- A guide to the algorithms of FORCYTE-11: 337
- A mapping and analysis of resources system application: 120
- A mapping and resources analysis system (MARS) at the Northern Forest Research Centre: 101
- A national system of equations for estimating overdry mass of trembling aspen *Populus tremuloides* Michx.: 57
- A nominal dataset for the FORCYTE-11 modelling framework for aspen ecosystems in Alberta, Canada: 331
- A pilot study on the feasibility of establishing willow energy plantations in Newfoundland: 180
- A preliminary determination of Saskatchewan non-core area wood supply: 144
- A preliminary evaluation of FORCYTE-11 using western Newfoundland balsam fir stands: 213
- A proposal to develop a comprehensive forest biomass growth model: 157
- A review of energy requirements to comminute harvesting residues: 410
- A review of existing data sources for calibration of the FORCYTE-10 growth simulation model to balsam fir in western Newfoundland: 125
- A review of insects affecting production of willows: 226
- A study of the impact on wildlife of short-rotation management of Boreal aspen stands: 247
- A survey of ENFOR biomass estimation projects: 159
- A trial of a separator and shear system for processing sortyard debris for hogged fuel and pulp chips: 452
- Aboveground dry matter of jackpine, black spruce, white spruce and balsam fir trees at two localities in Ontario: 9
- Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa: 7
- Access data for 1984 national biomass inventory: 160
- Ambient bulk deposition, throughfall and stemflow in a variety of forest stands in Nova Scotia: 273
- Amélioration de la rapidité de la croissance et de la qualité des plants d'essences feuillues par l'utilisation du tunnel de culture: 198
- An analysis of two trials of a portable shear-type residue processing system: 437
- An evaluation framework for forestry R&D: An application to the ENFOR program: 361
- An evaluation of the economics of harvesting fuelwood under four different stand conditions on Prince Edward Island: 441

An improved stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada: 70

An improved stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada: 71

An interactive computer simulation model with which to examine the long-term consequences of intensive forest management and biomass harvesting on site nutrient capital and biomass productivity: Report on FORCYTE-7: 298

An introduction to European willows: 219

Analysis of salvage yarding systems and costs in Pacific coast forests: 430

Analysis of source code and date structure of FORCYTE-11.30 and evaluation of alternative data file formats: 311

Applicability of FORCYTE-11 to concerns identified by Boreal mixedwood managers in 1988: 329

Are renewable energy resources renewable The need for FORCYTE: 92

Area of forest cover on the non-inventoried areas of the Prairie provinces: 168

Aspen and white birch - A major available biomass source in Ontario: 79

Assessment of forest biomass using a radar altimeter: 122

Availability and cost of forest biomass in Canada: 84

Avalon biomass inventory pilot trial: 124

Average stemwood density of Canadian tree species derived from biomass studies: 394

Baling roll-split harvesting residues: 41

Bilan énergétique de la récupération des résidus d'abattage dans l'exploitation par arbres entiers en une ou deux fois: 405

Biogeochemistry of temperate forest ecosystems: Literature on inventories and dynamics of biomass and nutrients: 290

Biological and nutritional implications of harvesting biomass: A central Ontario perspective: 241

Biomass accumulation and nutrient uptake of some hybrid poplar clones: 126

Biomass accumulation rates of five young, naturally regenerated Maritime cover types: 87

Biomass and energy potential of main tree species of Manitoba: Phase I: 407

Biomass and energy potential of main tree species of Manitoba: Phase II: 408

Biomass and nutrient content of aspen ecosystems in Alberta, Canada: 137

Biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of a red spruce-balsam fir stand in central Nova Scotia: 270

Biomass and nutrients in Great Lakes - St. Lawrence forest species: Implications for whole-tree and conventional harvest: 280

Biomass and nutrients in Nova Scotian forests, and implications of intensive harvesting for future site productivity: 64

Biomass and nutrients in regenerating woody vegetation following whole-tree and conventional harvest in a northern mixed forest: 75

Biomass equations for black spruce in Quebec: 127

Biomass equations for seven major Maritimes tree species: 90

Biomass equations for six commercial tree species in Quebec: 131

Biomass equations for six major tree species of the Northwest Territories: 149

Biomass equations for six tree species in central Newfoundland: 104

- Biomass equations for ten major tree species of the Prairie provinces: 146
- Biomass equations, data acquisition phase, Northwest Territories 1981: 143
- Biomass harvesting and chipping in a tolerant hardwood stand in central New Brunswick: 386
- Biomass harvesting and chipping of a selected area of mixedwood/tolerant hardwood forest in central New Brunswick: 385
- Biomass inventory for Nova Scotia, Volume 3: The PSP biomass project report: 108
- Biomass inventory for Nova Scotia, Volume 4: The MSS biomass project report: 109
- Biomass inventory of federal forest lands at Petawawa: A case study: 18
- Biomass inventory of tolerant hardwoods in Algoma, Ontario: 163
- Biomass of the merchantable and unmerchantable portions of the stem: 10
- Biomass potential of aspen and white birch in Ontario: 80
- Biomass prediction equations for twelve commercial species in Quebec: 128
- Biomass production from the harvesting of a tolerant hardwood stand in Algoma, Ontario: 383
- Biomass productivity in two-year-old aspen cutovers near Calling Lake and Slave Lake, Alberta: 72
- Biomass productivity of young aspen stands in western Canada: 28
- Biomass weight tables for the Prairie region: 150
- Biomass yield tables for aspen in Ontario: 81
- Biomasse des parties marchandes et non marchandes de la tige: 12
- Boreal mixedwood challenges: Do ecosystem models like FORCYTE-11 have a role?: 210
- Boreal mixedwood forest management challenges: 211
- Boreal mixedwood forest management challenges: A synopsis of opinions from 1988 interviews: 212
- Brush harvester development and field test: 468
- Calibration of FORCYTE-11 growth simulation model for aspen ecosystems in Alberta, Canada: 332
- Calibration of the FORCYTE growth model in western Newfoundland: 323
- Calorific value variations in components of 10 Canadian tree species: 464
- Canada's forest biomass: 36
- Case studies of operational experiences of biomass harvesting systems: 421
- Case studies of operational experiences of biomass harvesting systems: 367
- Centres de traitement d'arbres entiers résineux: 402
- Characteristics of logging residues in the Vancouver Forest Region, 1981: 110
- Community organization: Methods of study and prediction of the productivity and yield of forest ecosystems: 95
- Comparison of methods for applying mycorrhizal fungal inoculum to containerized seedlings in Maritime forest nurseries: 181
- Comparison of two correction methods for the bias due to logarithmic transformation in the estimation of biomass: 105
- Complete tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part I: Biomass of forest tree components (Revision and update of J.L. Keays, 1971): 166
- Complete tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part II: Recovery of biomass (Revision and update of J.L. Keays, 1971): 474

- Complete tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978), Part III: Utilization of biomass (Revision and update of J.L. Keays, 1971): 475
- Complete-tree utilization: An analysis of the literature (1970-1978): 476
- Composition des résidus d'exploitation des arbres entiers et essais du prototype de la fragmenteuse-broyeuse de résidus (LRP): 435
- Computer mapping for biomass inventories: 119
- Computer modelling of intensive biomass management impacts: 192
- Computerized mapping of national forestry inventory: 43
- Configuration of small biomass harvesting and transport systems: 359
- Configuration of small-scale biomass harvesting and transport systems: 420
- Conservative soil management for intensively managed conifer plantations: 324
- Construction of an energy balance measurement system: 318
- Conversion of tree volume to biomass in the Prairie provinces: 151
- Coordination of biomass estimation for Canada: 76
- Cost analysis of producing hog fuel using two systems: Crabe Combine Brush Harvester and Logging Residue Processor: 358
- Cost estimates of forest biomass delivered at the energy conversion plant: 477
- Cost of harvesting aspen stands for energy production: 471
- Critique of the FORCYTE-11 calibration project in Newfoundland: 335
- Current biomass status of red alder in Coastal British Columbia: 113
- Denitrification in some northern Ontario forest soils: 322
- Design and testing of a prototype rock separator for sortyard debris: 442
- Design and testing of a rock separator for sortyard debris: 457
- Design of an experimental prototype of the RECUFOR-S: 399
- Détermination de la biomasse de l'épinette noire au Québec: 132
- Determination of annual stem-wood biomass productivity: 443
- Determination of available heat of combustion data for Canadian woody species: 423
- Determination of biomass and nutrient content in trees, ground vegetation and soil of aspen stands in Alberta: A description of objectives and progress to date: 49
- Development and testing of a container system for the recovery of roadside biomass in mountainous terrain: 455
- Development and testing of a field treatment system for logging residues: 31
- Development and testing of a field treatment system for logging residues to facilitate transportation and subsequent conversion to energy: 379
- Development and testing of a roll splitter: 417
- Development and testing of a roll splitter: 419
- Development of a method for predicting logging residues: 141
- Development of a method to predict logging residues: 142
- Development of a stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada: 45
- Development of a stand growth model for trembling aspen in the Prairie provinces of Canada: 74

- Development of an integrated operation for aspen wood products and energy from aspen biomass: 371
- Development of an integrated operation for aspen wood products and energy from aspen biomass: 372
- Development of biomass equations for British Columbia tree species: 158
- Development of biomass prediction equations for Yukon tree species: 112
- Development of ectomycorrhizal inoculum for Maritime silviculture: 175
- Development of high yielding willows for energy production by hybridization: 351
- Développement et mise à l'essai des prototypes du RECUFOR et du LRP en vue de la récupération de la biomasse forestière: 389
- Digest of publications and reports of the ENFOR Production Program: 52
- Distribution of biomass and nutrients in some New Brunswick forest stands: Possible implications of whole-tree harvesting: 316
- Do ecosystem models such as FORCYTE-11 have a role in boreal mixedwood management?: 330
- Document stratégique sur la nature et le niveau des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu forestier: 237
- Domestic fuelwood consumption in Newfoundland: 432
- Domestic fuelwood consumption in Newfoundland: 433
- Domestic woodfuel consumption in Newfoundland: 381
- Douglas-fir: A selected bibliography and compilation of literature data for use in conjunction with the ecosystem management model FORCYTE-11: 297
- Economic evaluation of ENFOR research and development: Phase III - Economic analysis of mechanization program: 356
- Economic evaluation of wood chip production alternatives for P.E.I.: 357
- Economic feasibility of utilizing logging slash and fire-killed timber for energy: Manitoba and Saskatchewan: 353
- Effect of forest harvest on decomposition and colonization of maple leaf litter by soil microarthropods: 235
- Effect of whole-tree and conventional forest harvest on soil microarthropods: 234
- Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia: 267
- Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia: 269
- Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of forest stands in Nova Scotia: 271
- Effects of harvesting biomass for energy on the nutrient status and long-term productivity of selected forest sites in Nova Scotia: 274
- Effects of spacing and NK fertilizers on dry matter accumulation and nutrient contents of two-year-old *Populus x euramericana* cv. I-45/51 and cv. *robusta* DN17: 209
- Effects of two harvesting methods on biological and chemical properties of forest soil: 285
- Effects of two methods of timber harvesting on microbial processes in forest soil: 282
- Energy analysis of energy from the forest options: 377
- Energy analysis of energy from the forest options: 376

- Energy balance measurement system for agroforestry application in Newfoundland: 207
- Energy balance measurement system for climatic studies of hybrid willow energy plantations in Newfoundland: 317
- Energy balance studies of an experimental *Salix* plantation and forest cutover in Newfoundland: 320
- Energy conversion through biomass utilization: 422
- Energy forest R&D in Newfoundland: 1981-88: 221
- Energy forests: 223
- Energy forests: 225
- Energy from forest biomass: 469
- Energy from forest biomass in Vancouver Island: 86
- Energy from forest biomass on Vancouver Island: 135
- Energy from forest biomass/L'énergie de la biomasse forestière: 85
- Energy from forest biomass: Public awareness program: 406
- Energy from Newfoundland's forest biomass: A research and development program: 165
- Energy potential from Manitoba forest biomass: 465
- Energy potential of aspen and other hardwoods in the Prairie provinces of Canada: 466
- Energy potential of coniferous tree species in the Prairie provinces of Canada: 152
- Energy requirements and productivity of a portable knife hog: 412
- Energy requirements and productivity of the Fling Solid Waste Demolisher: 413
- Energy requirements for preparing fuel stock from forest biomass: 414
- Energy requirements for reduction of forest biomass to fuel stocks: 409
- Équations de biomasse d'arbres entiers et de la tige marchande pour les feuillus de l'Ontario: 16
- Équations de biomasse pour l'épinette noire au Québec: 129
- Équations de masse et facteurs de la qualité marchande de résineux de l'Ontario: 13
- Équations de masse pour la portion épigée de six essences de feuillus dans des peuplements naturels de la forêt expérimentale de Petawawa: 8
- Équations de prédiction de la biomasse de douze essences commerciales du Québec: 130
- Equations for estimating above-ground nutrient content of six eastern Canadian hardwoods: 40
- Équations pour estimer la teneur en substances nutritives de la portion épigée de six espèces feuillues de l'est du Canada: 41
- Estimating downed-dead roundwood fuel volumes in central Alberta: 155
- Estimating oven-dry mass of trembling aspen and white birch using measurements from aerial photography: 17
- Estimation of forest biomass using pulsed laser technology: 55
- Estimation of the effect of intensive logging on ungulates (cervids) in the White River drainage: 339
- Estimation of the effect of special biomass removal situations on forest wildlife (cervids) in B.C.: 343
- Estimation of the quantity of biomass following logging in B.C. forest to specified recovery criteria: 162
- Estimation of the quantity of biomass following logging in B.C. forests to specified recovery criteria: 161
- Estimation of the supply of forest biomass for energy conversion in British Columbia: 115

- European congress on energy economics and management in industry: 352
- Évaluation de la biomasse forestière sur le territoire non inventorié de la province de Québec: 73
- Évaluation de systèmes de compactage de la biomasse forestière: 398
- Évaluation des impacts potentiels de la récolte de la biomasse forestière: 308
- Évaluation des interactions possibles entre la production de biomasse forestière et la faune canadienne: 244
- Évaluation des interactions possibles entre la production de biomasse forestière et la faune canadienne: 245
- Evaluation of forest biomass compaction systems: 396
- Evaluation of forest biomass compaction systems: Milestone I report: 397
- Evaluation of Frankia strains isolated from provenances of two *Alnus* species: 325
- Evaluation of potential impacts of forest biomass harvesting: 309
- Evaluation of potential interactions between forest biomass production and Canadian wildlife: 246
- Evaluation of potential interactions between forest biomass production and Canadian wildlife (rare, endangered, threatened and game species): 243
- Evaluation of the benchmark version of FORCYTE-11: 338
- Exploitation à grande échelle de la biomasse forestière: 102
- Exploitation des arbres entiers - rapport des éléments nutritifs: étude bibliographique/Whole-tree harvest-nutrient relationship: A bibliography: 291
- Feasibility of using ectomycorrhizal fungi to alleviate drought-related problems of containerized black spruce: 176
- Feasibility study for the calibration, testing and evaluation of the FORCYTE-11 growth simulation model: 69
- Feasibility study on the conversion of an oil/gas heating plant at CFB Borden to a biomass fuel plant: 354
- Field assessment of Crabe Combine Brush Harvester trials: 384
- Field tests to develop energy-saving wood comminution techniques: 415
- FORCYTE - A computer simulation approach to evaluating the effect of whole-tree harvesting on nutrient budgets and future forest productivity: 190
- FORCYTE - An unconventional computer simulation model with which to predict the long term consequences of forest management for ecosystem productivity, resource economics and the energy efficiency of management: 289
- FORCYTE in forestry: The need for a systems approach in forestry education, yield prediction and management: 186
- FORCYTE-10: 305
- FORCYTE-10: A user's manual: 299
- FORCYTE-10: Calibration data and simulation of potential long-term effects of intensive forest management on site productivity, economic performance and energy benefit/cost ratio: 251
- FORCYTE-11 user's manual for the benchmark version: 301
- FORCYTE-11: A flexible modelling framework with which to analyse the long-term consequences for yield, economic returns and energy efficiency of alternative forest and agro-forest crop production strategies: 188

- FORCYTE-11: A flexible, user controlled microcomputer simulation model with which to examine biomass yields of alternative forestry or agroforestry management systems: 295
- FORCYTE-11: An example of the hybrid simulation approach to predicting the consequences for production, yield, economics, soil fertility, nutrient and organic matter reserves, and energy efficiency of alternative crop production systems: 100
- FORCYTE: A computer simulation approach to evaluating some long term effects of whole-tree harvesting on the nutrient budget in northwest forests: 304
- FORCYTE: A computer simulation approach to evaluating the effect of whole-tree harvesting on the nutrient budget in northwest forests: 187
- Forest biomass and nutrient inventories in New Brunswick: 107
- Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia: 63
- Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 3: Ambient bulk deposition, throughfall and stemflow in a variety of forest stands: 336
- Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 4: Biomass and nutrients in ground vegetation, forest floor, soils and litterfall in a variety of forest stands: 268
- Forest biomass and nutrient studies in central Nova Scotia, Part 5: Summary report - Effects of potential nutrient removals with intensively harvested biomass on continued site productivity: 266
- Forest biomass energy in British Columbia: Opportunities, impacts and constraints: 321
- Forest biomass energy in British Columbia: Opportunities, impacts and constraints: 360
- Forest biomass energy use in Newfoundland: 363
- Forest biomass for energy inventory: 116
- Forest biomass growth models: 167
- Forest biomass harvesting simulation model: 448
- Forest biomass inventory: 34
- Forest biomass inventory of Canada: 77
- Forest utilization for energy and the role of nitrogen fixation: A literature review: 262
- Forested land area statistics update in the Prairie provinces: 170
- FORTTRAN subroutines for biomass computation: 156
- Fuel value of stored forest/mill residues: 472
- Fuelwood consumption in Newfoundland: 431
- Further development of logging residue processing systems: 390
- Further development of logging residue processing systems: 380
- Future shock in forest yield forecasting: The need for a new approach: 93
- Generalizing biomass equations for the Boreal Forest Region of West-central Canada: 153
- Grades and morphological characteristics for hardwood planting stock in Quebec: 196
- Growth of forests in Canada - Part 2: A quantitative description of the land base and the mean annual increment: 29
- Guidelines for forest biomass inventory:
- Harvesting aspen for energy may be economic: 438
- Harvesting forest biomass as an alternative fuel: 382
- Harvesting forest biomass as an alternative fuel: 473
- Harvesting forest biomass as an alternative fuel: 369
- Harvesting forest biomass with a Dika side cutter: 440

- Harvesting of forest biomass for energy - Terminology study/Récolte de la biomasse forestière - Étude terminologique: 449
- Heat of combustion and energy potential of tree species in western Canada: 462
- Hog fuel availability in the north coastal and interior regions of British Columbia: 1986: 22
- Hog fuel availability in the south coastal region of British Columbia: 1985: 21
- Hog fuel yield factors for British Columbia: 114
- How climate affects tree growth in the Boreal forest: 288
- Identification of logging waste in the Vancouver forest Region: 121
- Impact of climatic variation on biomass accumulation in the Boreal forest zone: Selected references: 334
- Impact of climatic variation on biomass accumulation in the Boreal forest zone: Selected references: 333
- Impact of climatic variation on Boreal forest biomass through use of tree-ring analysis: 133
- Impact of heavy oil and natural gas prices on the value of biomass delivered to British Columbia pulp mills: 366
- Impact of short rotations and whole-tree harvest on forest nutrient budgets: 185
- Impact on wildlife of short-rotation management of aspen stands: 248
- Impact on wildlife of short-rotation management of Boreal aspen stands: 349
- Impact on wildlife of short-rotation management of Boreal aspen stands: 350
- Impact potentials of forest biomass production on reptile and amphibian populations of southern Ontario and Quebec: 340
- Impacts of forest harvesting on physical properties of soils with reference to increased biomass recovery: A review: 342
- Implications de l'exploitation par arbres entiers pour la récupération de la biomasse: 445
- Implications of full-tree harvesting for biomass recovery: 446
- Improving aspen biomass yield through silvicultural manipulation of clones: 182
- Increased skeletonization of leaf litter under snow following timber harvest: 236
- Influence of light conditions on the predetermination of foliar characteristics in *Betula alleghaniensis* Britton: 195
- Inoculation of alder with an in vitro cultivated and efficient nitrogen fixing microorganism at the industrial scale: 261
- Integrated logging for production of pulpwood and hog fuel: 370
- Integrated logging for production of pulpwood and hog fuel: 479
- Integrated utilization makes aspen an economic resource: 439
- Intensive culture of plantations to maximize biomass production: 203
- Intensive culture of plantations to maximize biomass production (Phase III): 204
- Intensive culture of plantations to maximize biomass production: Phase I and II: 205
- Intensive forest harvest: A review of nutrient budget considerations: 265
- Intensive short-rotation culture of hybrid poplar for energy on Prince Edward Island: 206
- Inventaire de la biomasse forestière du Canada: 32

- Inventaire de la biomasse forestière résiduelle après coupe: 27
- Inventaire de la biomasse forestière résiduelle après coupe dans l'ouest canadien: 24
- Inventaire des espèces et cultivars potentiellement valables pour la production de biomasse ligneuse: 202
- Inventory of forest biomass in Canada: 33
- Inventory of forest biomass in Canada: 35
- Inventory of forest biomass left after logging: 25
- Inventory of forest biomass left after logging in western Canada: 26
- Inventory of logging residue in western white spruce and lodgepole pine stands: 23
- Inventory of species and cultivars potentially valuable for forest biomass production: 201
- Isolement, caractérisation et évaluation des souches *Frankia*: 327
- La croissance des forêts au Canada - Partie II Description quantitative du territoire et de l'accroissement annuel moyen: 30
- La méthode par transects et l'estimation des résidus d'exploitation : Comparaison d'échantillonnages photogrammétriques et au sol: 50
- La microbiologie des sols forestiers - Revue bibliographique: 284
- Le rôle de la fixation d'azote en foresterie intensive au Canada. Partie I : Principes, pratique et potentiel: 259
- Le rôle de la fixation d'azote en foresterie intensive au Canada. Partie II : Recherche effectuée à l'Université Laval (Québec), sur les arbres et arbrisseaux actinorhizes fixateurs d'azote: 257
- Lignes directrices pour l'inventaire de la biomasse forestière: 2
- Literature review on the heat of combustion of Prairie tree species: 428
- Logging residue inventory by low-altitude aerial photography: 3
- Logging residue processor: 401
- Logging residue survey and the line transect method: A comparison of field and photo methods: 51
- Long-term impacts of forest management on soil fertility and forest productivity: A systems analysis approach using FORCYTE: 303
- Lysimeter study on the use of biological sludge as a fertilizer: 249
- Maintaining fertility through nitrogen fixing and mycorrhizal symbioses: 260
- Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships: 5
- Manuel de collecte et de traitement des données pour l'établissement des relations de la biomasse forestière: 6
- Mass equations and merchantability factors for Ontario softwoods: 14
- Methods of estimating forest biomass from stand volumes: A case study with Ontario jack pine: 11
- Metric single-tree weight tables for the Yukon Territory: 111
- Modèle de simulation pour la récolte de biomasse forestière: 447
- Modelling the sustainability of forest production and yield for a changing and uncertain future: 97
- Modelling long-term forest productivity: 193
- Modelling the interactions between moisture and nutrients in the control of forest growth: 292
- Monitoring des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu: 238

- Monitoring des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur le milieu: 310
- Morphological features of synthesized ectomycorrhizae of *Alnus crispa* and *A. rugosa*: 275
- Native poplars and white birch as an unexploited biomass source for Ontario: 82
- Nitrogen-fixing plants in a cut-over lodgepole pine stand of southern British Columbia: 279
- Non-destructive sampling of non-inventoried areas and non-sampled covertypes in the Prairie provinces and Northwest Territories: 169
- Nouvelle approche pour la production de plants d'essences feuillues destinés au reboisement: 194
- Nutrient cycling and biomass distribution in 1K plantations of hybrid poplar: 44
- Nutrient cycling and biomass distribution in 35K energy plantations of hybrid poplar: 83
- Nutrient cycling following whole-tree and conventional harvest in northern mixed forest: 281
- Nutrient cycling in *Populus*: A literature review with implications in intensively managed plantations: 231
- Nutrient cycling in willow: 250
- Nutrient relationships in poplar plantations: 140
- Nutrient uptake and biomass accumulation in an intensively cultured *Populus robusta* (DN 17) 1. Nitrogen and phosphorus evaluation: 328
- Operational trial of whole-tree chipping for hog fuel: 478
- Organic matter and macronutrient accumulation in an age sequence of Douglas-fir stands on good and poor sites on Vancouver Island, B.C.: Calibration data for FORCYTE-10: 294
- Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière au Québec: 425
- Planting machine for mini-rotation poplar: Design criteria: 184
- Possible effects of intensive harvesting on continuous productivity of forestland: 315
- Post-clearcutting secondary succession in a hardwood forest in central Nova Scotia: 272
- Potential acidification of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) sites due to intensive harvesting: 313
- Potential acidification of sites due to intensive harvesting in New Brunswick: 314
- Potential impacts of intensive forest biomass production (plantations) on reptile and amphibian populations of southern Ontario and Quebec: 344
- Potentiel de croissance d'espèces ligneuses destinées à la culture intensive par courtes rotations: 200
- Predicting logging residues in British Columbia: 164
- Predicting the biomass, economic and energy yields from intensively managed forest and agro-forestry crop production systems: 96
- Predicting the consequences of intensive forest harvesting on long-term productivity: The need for a hybrid model such as FORCYTE-11: 94
- Predicting the yield and economic returns of forest management in a changing and uncertain future: The hybrid simulation approach: 98
- Prediction error in tree biomass regression functions for western Canada: 154
- PROBE user's manual: draft version 2.00-C: 306
- PROBE: A program to facilitate user-friendly gaming with FORCYTE: 307
- Procedures for estimating Newfoundland's biomass reserves: 56
- Procedures for producing forest biomass statistics in Newfoundland forest inventory program: 4

- Processing biomass in a central location with the separator-shear system: 453
- Processing of biomass with a separator-shear system in a central location: 458
- Procom-2 mapping technique for monitoring forest depletion: 118
- Production of regional biomass yield tables for Canada: A feasibility study: 38
- Productions sous tunnel ou au champ: influence sur la survie de plants de chênes après plantation: 199
- Prospects for the use of forest biomass in Quebec: 426
- R&D needs in forest biomass inventory methodology: 54
- Récolte de la biomasse forestière - Étude terminologique/Harvesting of forest biomass for energy - Terminology study: 449
- Recovery and transport of forest biomass in mountainous terrain: 454
- Recovery and transport of roadside biomass in mountainous terrain: 459
- Red alder: A selected bibliography and compilation of literature data for use in conjunction with the ecosystem management model FORCYTE-11: 296
- Reforestation after harvesting white birch stands for biomass in Newfoundland: 215
- Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland: 214
- Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland: 216
- Reforestation of areas harvested for biomass in Newfoundland: 217
- Requirements for in vitro propagation of seven nitrogen-fixing *Alnus* species: 345
- Residential fuelwood supply and demand in greater Victoria and Vancouver: 470
- Residual wood for energy and manufacture: New opportunities in Saskatchewan and Manitoba: 145
- Review of commercial and industrial wood/peat energy in Atlantic Canada 1978/83 and beyond: 434
- Review of the ENFOR Production Program: 53
- Root symbiosis and biomass production in mini-rotation: 252
- Salix for biomass fuel and energy conservation: 227
- Salix for biomass and energy conservation in Newfoundland: 218
- Salvaging sound wood chips from decadent cedar-hemlock logging residue: 456
- Selection and micropropagation of nodulating and non-nodulating clones of *Alnus crispa* (Ait.) Pursh: 347
- Silvicultural treatments to maximize biomass production in aspen stands: 183
- Simulation of potential long-term effects of intensive forest management using FORCYTE-10: 191
- Simulation of the yield, the sustainability of yield, the economics and the energy efficiency of biomass production in forestry and agroforestry using the flexible, ecosystem management modelling framework FORCYTE-11: 189
- Single-tree equations for estimating biomass of trembling aspen, largetooth aspen and white birch in Ontario: 19
- Site-specific estimation of inventory: 172
- Softwood biomass data collection in Ontario - 1978: 78
- Some climatic aspects of biomass productivity of white spruce stem wood: 418

- Spacing and age effects on biomass production in red pine plantations: 20
- Standing crops of biomass and nutrients in a variety of forest stands in central Nova Scotia: 66
- Study of photosynthetically active radiation and leaf development in a *Salix* energy plantation: 178
- Study of the correlation of diurnal growth patterns to climatic variables in a *Salix* energy plantation: 179
- Surface-water quality of drained and undrained black spruce peatlands: 232
- Survey and synthesis of information relating to the use of biological nitrogen fixation in forest management: 263
- Synthesized ectomycorrhizae of aspen: Fungal genus level of structural characterization: 276
- Système national d'équations pour évaluer la masse anhydre du peuplier faux-tremble *Populus tremuloides* Michx.: 58
- Systèmes d'équations pour calculer la masse anhydre de 18 essences canadiennes: 60
- Systems of equations for estimating oven-dry mass of 18 Canadian tree species: 59
- Tabular summary of data from the literature on the biogeochemistry of temperate forest ecosystems: 293
- The 'Crabe Combined' - Development of a brushwood harvester: 467
- The calibration of the FORCYTE simulation model to black spruce in central Canada: 240
- The competitive position of fuelwood from proposed energy plantations in Newfoundland: 355
- The composition of full-tree logging residues and testing of the prototype logging residue processor (LRP): 436
- The design and development of a bundling attachment for the Mini Rotation Harvester MK-II: 403
- The development and trial of two prototype machines (RECUFOR and LRP) for forest biomass recovery: 388
- The development of machinery for the recovery and preparation of biomass feedstocks for conversion systems at a central full-tree processing complex: 400
- The economics of harvesting fuelwood under four different stand conditions on Prince Edward Island: 365
- The economics of integrated full-tree harvesting and central processing in jack pine: 373
- The economics of residual fuel and fiber production on the B.C. coast: 362
- The effect of climatic variation on tree rings of spruce from the western Canadian Boreal forest: 134
- The energy requirements to roll split wood: 416
- The feasibility of a home heating fuelwood industry on southern Vancouver Island: 391
- The FORCYTE experience: A decade of model development: 302
- The harvesting and processing of residual biomass in hemlock-cedar stands in the British Columbia interior wet belt: 378
- The impact of biomass harvesting on soil disturbance and surface soil erosion: 242
- The integration of forest site classification and FORCYTE-10 calibration for balsam fir in western Newfoundland: 208
- The isolation, characterization, and evaluation of *Frankia* strains: 326
- The microbiology of forest soils: A literature review: 283

- The production of regional biomass yield tables - A feasibility study: 37
- The relationship between net primary production and foliage nitrogen content, and its application in the modelling of forest ecosystems: A study of lodgepole pine (*Pinus contorta*): 42
- The relationship between the aboveground dry weight and diameter for a wide size range of erect land plants: 62
- The renewable energy potential of Nova Scotia's hardwoods: 404
- The role and use of models in decision support: 230
- The role of biomass in the B.C. pulp and paper industry energy strategy: 1974-1984: 444
- The role of chemical fertilizers in intensive forestry: 239
- The role of modelling in tree nutrition research and site nutrient management: 300
- The role of nitrogen fixation in intensive forestry in Canada. Part I: Principles, practice and potential: 258
- The role of nitrogen fixation in intensive forestry in Canada. Part II: Research carried out at Laval University, Quebec, on nitrogen-fixing actinorhizal trees and shrubs: 256
- The selection, falling, measurement, weighing and subsampling of the main commercial species within the Prairies and NWT: Phase II (Phase I, 1979): 171
- The use of root symbioses in intensive forestry: 255
- The Wally Creek area forest drainage project in Ontario's clay belt: Progress report: 286
- Timber utilization and the potential of forest energy in Finland with reference to the IEA member countries: 424
- Tissue culture of *Alnus* spp. with regard to symbioses: 348
- Tissue culture of nitrogen-fixing *Alnus* and *Betula*: 346
- Total-tree and merchantable stem biomass equations for Ontario hardwoods: 15
- Transport d'arbres entiers sur les routes publiques dans l'est du Canada : Revue de la technologie de point: 451
- Transport of full trees over public roads in eastern Canada - A state of the art report: 450
- Tree biomass equations for seven species in southwestern New Brunswick: 88
- Tree biomass equations for ten major species in Cumberland County, Nova Scotia: 89
- Tree biomass equations for the Maritimes: 91
- Tree biomass equations for young plantation-grown red pine (*Pinus resinosa*) in the Maritime lowlands ecoregion: 117
- Tree mass equations for common species of Newfoundland: 103
- Tree weight equations - Date acquisition phase, western Newfoundland, 1980: 47
- Tree weight equations - Data collection phase, eastern Newfoundland, 1981: 48
- Tree weight tables data acquisition phase - central Newfoundland 1979: 123
- Tree weight tables for Newfoundland: 46
- Trial conversion of conventional inventory data to biomass data in New Brunswick: 61
- Trial conversion of conventional inventory data to biomass data in Nova Scotia: 106
- Update of Canadian activities in poplar biomass production and utilization: 174
- Update of Canadian activities in poplar biomass production and utilization: 173

- Updated PROBE utilities for evaluation of forest management using FORCYTE-11: 312
- Upper limits of standing crop density and growth rates for woody species in the Prairie provinces: 138
- Upper limits of standing crop density for wood species in the Prairie provinces: 139
- Use of mycelial slurries of mycorrhizal fungi as inoculum for commercial tree seedling nurseries: 177
- Use of polyethylene-covered greenhouses to improve the growth of *Quercus rubra* seedlings for reforestation: 197
- User-friendly applications of the FORCYTE ecosystem model on a microcomputer: 229
- User's manual for reversing temperature difference measurement system: Data analysis software for the DIGITAL Rainbow-100 microcomputer: 319
- Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production: 253
- Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production: 254
- Uses of nitrogen fixation and other root symbioses for biomass production: 264
- Using a traditional growth and yield model (STEMS) to drive a management simulator (FORCYTE-11): 278
- Using FORCYTE-11 to examine the potential effects of intensive management and increased utilization on the long-term productivity of Douglas-fir forests: 222
- Using the STEMS and FORCYTE-11 computer models for mixedwood forest management: 277
- Utilization and market potential of poplar in Alberta: 364
- Utilizing forest biomass for industrial heat energy in Newfoundland, Canada: 368
- Variation de la masse volumique du bois de 28 essences forestières poussant en Ontario: 375
- Variation in N, P, and K status and N efficiency in some North American willows: 341
- Variation in the oven-dry wood density of ten Prairie tree species: 460
- Volume and biomass yields of young aspen in the Prairie provinces: 136
- Volume de résidus ligneux pour la production d'énergie à Parent: Résumé: 67
- Volume of wood residues for energy production at Parent: Summary: 68
- Water table profiles of drained forested and clearcut peatlands in northern Ontario, Canada: 233
- Weight tables for important tree species in the Northwest Territories: 148
- Weight tables for important tree species in the Prairie provinces: 147
- Whole-tree chipping for hogged fuel in Newfoundland: 480
- Whole-tree harvest-nutrient relationships: A bibliography/Exploitation des arbres entiers-rapport des éléments nutritifs : étude bibliographique: 291
- Willow clonal trials in the Gander area: May-September 1983: 224
- Willow plantations in agroforestry: 220
- Wood densities of Prairie provinces and NWT: Data acquisition: 427
- Wood densities of Prairie provinces and NWT: Statistical analyses: 429
- Wood density of Canadian tree species: 395
- Wood density of tree species in British Columbia: 392
- Wood density of tree species in British Columbia: 393

Wood density variation of 28 tree species from Ontario: 374

Wood density variation of six major tree species of the Northwest Territories: 461

Wood density variations in thirteen Canadian tree species: 463

Wood production of spruce in Manitoba as a function of climate: 287

Yield prediction models: The need for a hybrid ecosystem-level approach incorporated canopy function and architecture: 99

3. Index by province, territory and region/ Index par province, par territoire et par région

Alberta: 23, 24, 26, 28, 45, 49, 70, 72, 74, 101, 118, 119, 120, 136, 138, 139, 141, 142, 146, 147, 150, 152, 153, 154, 155, 168, 169, 170, 210, 212, 278, 288, 329, 331, 332, 364, 371, 372, 418, 427, 428, 429, 439, 440, 460, 462, 463, 466, 471

British Columbia/Colombie-Britannique: 21, 22, 31, 42, 69, 86, 110, 114, 115, 121, 135, 158, 161, 162, 187, 190, 210, 212, 242, 251, 279, 296, 297, 304, 321, 329, 338, 339, 343, 360, 362, 366, 376, 378, 379, 390, 391, 392, 393, 430, 437, 442, 452, 453, 454, 455, 456, 458, 459

Manitoba: 45, 70, 71, 74, 101, 119, 120, 138, 139, 145, 146, 147, 150, 151, 153, 154, 168, 169, 171, 210, 212, 288, 329, 353, 407, 408, 418, 427, 429, 460, 462, 463, 464, 465, 466

New Brunswick/Nouveau-Brunswick: 25, 27, 61, 87, 88, 90, 91, 107, 117, 175, 181, 313, 314, 315, 335, 337, 367, 385, 386, 420, 421

Newfoundland/Terre-Neuve: 4, 46, 47, 48, 56, 103, 104, 124, 125, 165, 178, 179, 180, 207, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 223, 224, 225, 226, 227, 317, 318, 323, 355, 363, 368, 369, 370, 381, 431, 432, 433, 434, 473, 478, 479

Northwest Territories/Territoires du Nord-Ouest: 101, 119, 120, 143, 148, 149, 169, 288, 418, 427, 429, 461

Nova Scotia/Nouvelle-Écosse: 62, 63, 64, 65, 66, 87, 89, 91, 106, 108, 109, 117, 172, 175, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 315, 336, 337, 367, 404, 420, 434

Ontario: 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 39, 40, 41, 44, 55, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 102, 116, 122, 140, 163, 182, 183, 184, 203, 204, 209, 232, 233, 234, 235, 236, 240, 249, 280, 281, 282, 285, 286, 322, 328, 340, 341, 344, 351, 354, 373, 375, 383, 384, 403, 405, 422, 450, 467, 468, 469, 477

Prince Edward Island/Île-du-Prince-Édouard: 87, 90, 91, 117, 175, 181, 206, 357, 365, 367, 420, 421, 434, 441

Québec: 3, 25, 27, 50, 51, 67, 68, 102, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 238, 253, 254, 256, 257, 261, 264, 310, 326, 327, 340, 344, 388, 389, 402, 426, 435, 436, 445, 446, 450, 451

Saskatchewan: 28, 45, 70, 71, 74, 101, 119, 136, 138, 139, 144, 145, 146, 147, 151, 152, 153, 154, 168, 169, 171, 212, 288, 329, 353, 427, 428, 429, 462, 463, 466

Yukon: 111, 112

Boreal Forest Region/Région de la forêt boréale: 133, 134, 144, 153, 211, 247, 248, 288, 330, 333, 334, 349, 353, 443

Canada: 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 43, 52, 54, 57, 58, 59, 76, 77, 84, 85, 159, 160, 173, 243, 245, 246, 293, 356, 361, 394, 423, 449

Non-specific location/Endroits non spécifiques: 1, 2, 5, 6, 53, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 105, 157, 166, 167, 176, 177, 185, 186, 189, 191, 192, 193, 228, 229, 230, 237, 239, 244, 258, 259, 260, 262, 265, 275, 276, 283, 284, 289, 290, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 305, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 345, 346, 347, 348, 352, 358, 359, 387, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 409, 414, 417, 419, 447, 448, 457, 474, 475, 476

Others/Autres: 201, 202, 219, 222, 250, 255, 296, 410, 411, 412, 413, 415, 416, 424

4. Index of tree species

Alder, mountain

Alnus tenuifolia Nutt.: 139

Alder, red

Alnus rubra Bong. (*Alnus oregona* Nutt.): 31, 113, 158, 204, 251, 296, 391, 392, 393, 427, 429, 463

Alder, speckled

Alnus rugosa (Du Roi) Spreng. (*Alnus incana* [L.] Moench): 87, 139, 252, 254, 256, 257, 275, 325, 326, 327, 384, 431

Ash

Fraxinus L.: 61, 106, 255, 429

Ash, American mountain

Sorbus americana Marsh.: 431

Ash, black

Fraxinus nigra Marsh.: 15, 16, 131, 163, 169, 374, 375

Ash, green

Fraxinus pennsylvanica Marsh. var. *subintegerrima* (Vahl) Fern.: 169, 203, 204, 205, 427, 463

Ash, red

Fraxinus pennsylvanica Marsh.: 374, 375

Ash, showy mountain

Sorbus decora (Sarg.) Schneid.: 169, 431

Ash, white

Fraxinus americana L.: 15, 16, 62, 88, 131, 252, 374, 375

Aspen

Populus L.: 44, 61, 83, 107, 126, 140, 145, 174, 184, 206, 209, 231, 249, 253, 255, 344, 353, 354, 386, 438, 439, 466

Aspen, largetooth

Populus grandidentata Michx.: 10, 12, 15, 16, 18, 19, 62, 63, 64, 66, 75, 80, 182, 266, 267, 268, 273, 274, 281, 336, 374, 375

Aspen, trembling

Populus tremuloides Michx.: 7, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 28, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 70, 71, 72, 74, 75, 79, 80, 81, 82, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 111, 112, 120, 123, 128, 130, 136, 137, 139, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 158, 161, 163, 169, 171, 172, 173, 182, 183, 214, 216, 234, 235, 236, 241, 247, 248, 252, 254, 256, 257, 260, 264, 266, 267, 268, 273, 274, 276, 278, 280, 281, 282, 314, 316, 332, 336, 343, 349, 350, 364, 371, 372, 373, 374, 375, 384, 392, 393, 403, 407, 408, 416, 427, 428, 429, 431, 440, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 471, 477

Basswood

Tilia americana L.: 15, 16, 55, 169, 374, 375

Beech

Fagus grandifolia Ehrh.: 15, 16, 55, 59, 60, 61, 62, 88, 106, 131, 267, 274, 365, 374, 375, 386

Birch

Betula L.: 107, 145, 255, 343, 346, 353, 384, 466

Birch, grey

Betula populifolia Marsh.: 61, 89, 106, 172, 477

Birch, miscellaneous

169

Birch, western white

Betula papyrifera Marsh. var. *commutata* (Reg.) Fern.: 144, 392

Birch, white

Betula papyrifera Marsh.: 7, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 50, 51, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 79, 82, 87, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 120, 123, 124, 128, 130, 146, 147, 151, 153, 154, 158, 161, 163, 169, 171, 172, 214, 215, 216, 217, 238, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 314, 316, 336, 365, 368, 369, 370, 373, 374, 375, 382, 386, 393, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 441, 460, 462, 463, 464, 465, 473, 477, 478, 479, 480

Birch, yellow

Betula alleghaniensis Britton (*Betula lutea* Michx. f.): 15, 16, 47, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 87, 88, 103, 106, 116, 124, 128, 130, 163, 195, 196, 266, 268, 273, 336, 365, 374, 375, 383, 386, 431, 441

Butternut

Juglans cinerea L.: 196

Cedar (Arbor-vitae)

Thuja L.: 354

Cedar, eastern red

Juniperus virginiana L.: 13, 14, 374, 375

Cedar, eastern white

Thuja occidentalis L.: 13, 14, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 88, 131, 163, 169, 374, 375, 383, 407, 408, 427, 429, 462, 464, 465, 477

Cedar, western red

Thuja plicata Donn: 31, 100, 114, 121, 158, 161, 162, 251, 343, 378, 391, 392, 393, 437, 456

Cherry

Prunus L.: 194, 255, 384, 429

Cherry, black

Prunus serotina Ehrh.: 15, 16, 374, 375

Cherry, choke

Prunus virginiana L.: 163, 427, 429, 431

Cherry, pin

Prunus pennsylvanica L. f.: 62, 431

Cottonwood, black

Populus trichocarpa Torr. and Gray: 158, 161, 343, 364, 393, 427

Cypress, yellow

Chamaecyparis nootkatensis (D. Don) Spach: 110, 121, 158, 392

Douglas-fir

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco: 31, 69, 110, 114, 121, 158, 169, 187, 190, 222, 251, 294, 297, 304, 338, 391, 392, 393, 437

Douglas-fir blue /or interior

Pseudotsuga menziesii var. *glauca* (Beissn.) Franco: 161

Elm

Ulmus, L.: 61

Elm, white

Ulmus americana L.: 15, 16, 169, 374, 375, 383, 427, 429, 463

Fir

Abies Mill.: 145, 255, 343, 353, 402

Fir, alpine

Abies lasiocarpa (Hook.) Nutt.: 59, 60, 146, 147, 151, 152, 158, 161, 162, 169, 171, 392, 393, 428, 460

Fir, amabilis

Abies amabilis (Dougl.) Forbes: 31, 158, 392

Fir, balsam

Abies balsamea (L.) Mill.: 9, 10, 12, 13, 14, 39, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 87, 89, 90, 91, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 114, 120, 121, 123, 124, 125, 128, 130, 146, 147, 151, 152, 153, 154, 155, 163, 169, 171, 172, 208, 213, 238, 256, 257, 266, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 280, 310, 314, 316, 323, 335, 336, 365, 368, 369, 370, 373, 374, 375, 382, 383, 391, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 441, 445, 446, 460, 462, 464, 465, 473, 477, 480

Fir, grand

Abies grandis (Dougl.) Lindl.: 158, 161, 392, 393

Hackberry

Celtis occidentalis L.: 169

- Hemlock
Tsuga (Endl.) Carr.: 88, 343, 378, 437
- Hemlock, eastern
Tsuga canadensis (L.) Carr.: 13, 14, 59, 60, 61, 106, 131, 163, 374, 375, 383, 416
- Hemlock, mountain
Tsuga mertensiana (Bong.) Carr.: 158
- Hemlock, western
Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg.: 31, 110, 114, 121, 158, 161, 162, 251, 391, 392, 393, 456
- Hickory
Carya Nutt.: 15, 16, 374, 375
- Ironwood (Hop-Hornbeam) *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch: 7, 8, 15, 16, 40, 41, 61, 163, 169, 383
- Larch
Larix Mill.: 114, 144, 204, 255, 343
- Larch, miscellaneous: 203, 205
- Larch, western
Larix occidentalis Nutt.: 158, 161, 392, 393
- Maple
Acer L.: 107, 255, 260, 316
- Maple, bigleaf
Acer macrophyllum Pursh: 392
- Maple, Manitoba
Acer negundo L.: 169, 407, 408, 427, 429, 462, 463, 464, 465
- Maple, mountain
Acer spicatum Lam.: 163, 383, 431
- Maple, red
Acer rubrum L.: 7, 8, 15, 16, 18, 39, 40, 41, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 87, 89, 90, 91, 106, 128, 130, 131, 163, 172, 234, 235, 236, 241, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 282, 336, 365, 374, 375, 383, 386, 387, 416, 431, 441, 477
- Maple, silver
Acer saccharinum L.: 15, 16, 354, 374, 375, 477
- Maple, striped
Acer pennsylvanicum L.: 62, 163, 383, 386
- Maple, sugar
Acer saccharum Marsh.: 7, 8, 15, 16, 40, 41, 55, 59, 60, 61, 63, 64, 66, 87, 88, 102, 106, 116, 128, 130, 163, 194, 266, 267, 268, 273, 274, 336, 354, 365, 374, 375, 383, 386, 441
- Oak
Quercus L.: 106
- Oak, bur
Quercus macrocarpa Michx.: 169, 194, 196, 198, 199, 427, 429, 463
- Oak, red
Quercus rubra L.: 7, 8, 10, 12, 15, 16, 18, 40, 41, 64, 163, 194, 196, 197, 198, 199, 266, 268, 273, 374, 375, 383, 416
- Oak, white
Quercus alba L.: 15, 16, 374, 375
- Pine
Pinus L.: 141, 142, 145, 255, 353
- Pine, eastern white
Pinus strobus L.: 13, 14, 18, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 64, 75, 88, 106, 128, 130, 163, 169, 234, 235, 236, 241, 266, 268, 273, 280, 281, 282, 354, 374, 375, 431, 477
- Pine, jack
Pinus banksiana Lamb.: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50, 51, 59, 60, 61, 67, 68, 89, 90, 91, 102, 106, 107, 120, 128, 130, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 169, 171, 172, 253, 254, 256, 257, 310, 314, 316, 324, 354, 373, 374, 375, 384, 388, 389, 407, 408, 427, 428, 429, 435, 436, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477
- Pine, lodgepole
Pinus contorta Dougl. var. *latifolia* Engelm.: 23, 24, 26, 42, 59, 60, 110, 111, 112, 114, 120, 121, 146, 147, 151, 152, 158, 161, 162, 169, 171, 279, 343, 392, 393, 428, 460
- Pine, miscellaneous: 387

- Pine, ponderosa
Pinus ponderosa Laws.: 158, 161, 392, 393
- Pine, red
Pinus resinosa Ait.: 10, 12, 13, 14, 18, 20, 39, 55, 59, 60, 61, 75, 89, 106, 117, 128, 130, 169, 172, 234, 235, 236, 241, 280, 281, 282, 354, 374, 375, 386
- Pine, Scots
Pinus sylvestris L.: 169, 354
- Pine, shore
Pinus contorta Dougl. var. *contorta*: 158, 392
- Pine, western white
Pinus monticola Dougl.: 158, 161, 343, 392, 393
- Pine, white bark
Pinus albicaulis Engelm.: 343
- Plum, wild
Prunus americana Marsh.: 169
- Poplar
Populus L.
see Aspen
- Poplar, balsam
Populus balsamifera L.: 15, 16, 59, 60, 120, 139, 143, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 169, 171, 183, 254, 256, 257, 343, 364, 374, 375, 392, 407, 408, 427, 428, 429, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 471
- Poplar, miscellaneous: 328
- Saskatoon-berry
Amelanchier alnifolia (Nutt.) 427, 429
- Spruce
Picea A. Dietr.: 50, 51, 114, 141, 142, 145, 343, 353, 402
- Spruce, black
Picea mariana (Mill.) B.S.P.: 9, 10, 12, 13, 14, 46, 47, 48, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 89, 90, 91, 102, 103, 104, 106, 107, 111, 112, 120, 123, 124, 127, 129, 132, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 158, 169, 171, 172, 176, 181, 214, 216, 232, 233, 238, 240, 266, 267, 268, 273, 274, 286, 287, 288, 313, 314, 316, 322, 336, 365, 370, 373, 374, 375, 382, 388, 389, 392, 393, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 435, 436, 445, 446, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477, 480
- Spruce, engelmann
Picea engelmannii Parry: 158, 161, 392, 393
- Spruce, red
Picea rubens Sarg.: 61, 62, 63, 64, 65, 66, 90, 91, 106, 128, 130, 172, 266, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 336
- Spruce, sitka
Picea sitchensis (Bong.) Carr.: 110, 121, 158, 392, 393
- Spruce, white
Picea glauca (Moench) Voss: 9, 10, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 26, 39, 46, 47, 48, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 87, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 107, 111, 112, 120, 123, 124, 128, 130, 133, 134, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 158, 161, 162, 163, 169, 171, 172, 216, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 287, 288, 316, 336, 365, 368, 369, 374, 375, 392, 393, 407, 408, 418, 427, 428, 429, 431, 441, 443, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477
- Tamarack or eastern larch
Larix laricina (Du Roi) K. Koch: 13, 14, 46, 47, 48, 56, 59, 60, 61, 64, 89, 103, 104, 106, 107, 120, 123, 124, 128, 130, 143, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 155, 169, 171, 172, 203, 204, 205, 216, 266, 268, 273, 316, 336, 374, 375, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477
- Tulip-tree
Liriodendron tulipifera L.: 387
- Willow
Salix L.: 139, 169, 178, 179, 180, 200, 218, 219, 220, 223, 224, 225, 226, 227, 250, 253, 254, 255, 317, 320, 341, 344, 351, 355, 384, 427, 429, 463, 471
- Other hardwood species: 221, 253, 254, 255, 256, 257, 261, 264, 275, 325, 326, 327, 345, 346, 347, 348

Hardwoods (in general): 25, 27, 135, 210, 212, 277,
285, 330, 404, 420, 421, 425, 426

Softwoods (in general): 25, 27, 210, 212, 277, 330,
394, 420, 421, 425, 426

Non-specific species: 1, 2, 3, 5, 6, 21, 22, 29, 30,
32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 52, 53, 54, 76, 77,
84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 105, 108, 109, 118, 119, 150, 156, 157, 159,
160, 165, 166, 167, 168, 170, 177, 185, 186, 188,
189, 191, 192, 193, 201, 202, 207, 228, 229, 230,
237, 239, 242, 243, 245, 246, 258, 259, 262, 263,
265, 283, 284, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 298,
299, 300, 301, 302, 303, 305, 306, 307, 308, 309,
311, 312, 315, 318, 319, 321, 331, 333, 334, 337,
339, 342, 352, 356, 359, 360, 361, 362, 363, 367,
377, 379, 381, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 406,
409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 417, 419, 422,
423, 424, 432, 434, 442, 444, 447, 448, 449, 450,
451, 453, 454, 455, 457, 458, 459, 467, 468, 469,
472, 474, 475, 476

Not known: 4, 73, 78, 115, 122, 138, 164, 175, 211,
244, 271, 272, 329, 340, 357, 358, 366, 376, 380,
385, 390, 401, 405, 430, 433, 452, 470

4. Index des espèces d'arbres

- Amélanchier alnifolié
Amelanchier alnifolia (Nutt.) 427, 429
- Aulne à feuilles minces
Alnus tenuifolia (Nutt.) 139
- Aulne rouge
Alnus rubra Bong. (*Alnus oregona* Nutt.) : 31, 113, 158, 204, 251, 296, 391, 392, 393, 427, 429, 463
- Aulne rugueux
Alnus rugosa (Du Roi) Spreng. (*Alnus incana* [L.] Moench) : 87, 139, 252, 254, 256, 257, 275, 325, 326, 327, 384, 431
- Bouleau
Betula L. 107, 145, 255, 343, 346, 353, 384, 466
- Bouleau à papier
Betula papyrifera Marsh. : 7, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 50, 51, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 79, 82, 87, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 120, 123, 124, 128, 130, 146, 147, 151, 153, 154, 158, 161, 163, 169, 171, 172, 214, 215, 216, 217, 238, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 314, 316, 336, 365, 368, 369, 370, 373, 374, 375, 382, 386, 393, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 441, 460, 462, 463, 464, 465, 473, 477, 478, 479, 480
- Bouleau (divers) 169
- Bouleau gris
Betula populifolia Marsh. 61, 89, 106, 172, 477
- Bouleau jaune
Betula alleghaniensis Britton (*Betula lutea* Michx. f.) : 15, 16, 47, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 87, 88, 103, 106, 116, 124, 128, 130, 163, 195, 196, 266, 268, 273, 336, 365, 374, 375, 383, 386, 431, 441
- Bouleau occidental
Betula papyrifera Marsh. var. *commutata* (Reg.) Fern. : 144, 392
- Caryer
Carya Nutt. : 15, 16, 374, 375
- Cerisier
Prunus L. 194, 255, 384, 429
- Cerisier de Pennsylvanie
Prunus pennsylvanica L.f. : 62, 431
- Cerisier de Virginie
Prunus virginiana L. 163, 427, 429, 431
- Cerisier tardif
Prunus serotina Ehrh. : 15, 16, 374, 375
- Chêne
Quercus L. 106
- Chêne à gros fruits
Quercus macrocarpa Michx. 169, 194, 196, 198, 199, 427, 429, 463
- Chêne blanc
Quercus alba L. 15, 16, 374, 375
- Chêne rouge
Quercus rubra L. : 7, 8, 10, 12, 15, 16, 18, 40, 41, 64, 163, 194, 196, 197, 198, 199, 266, 268, 273, 374, 375, 383, 416
- Cyprès jaune
Chamaecyparis nootkatensis (D. Don) Spach : 110, 121, 158, 392
- Douglas bleu
Pseudotsuga menziesii var. *glauca* (Beissn.) Franco : 161
- Douglas taxifolié
Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco : 31, 69, 110, 114, 121, 158, 169, 187, 190, 222, 251, 294, 297, 304, 338, 391, 392, 393, 437

Épinette

Picea A. Dietr. : 50, 51, 114, 141, 142, 145, 343, 353, 402

Épinette blanche

Picea glauca (Moench) Voss : 9, 10, 12, 13, 14, 18, 23, 24, 26, 39, 46, 47, 48, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 87, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 107, 111, 112, 120, 123, 124, 128, 130, 133, 134, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 158, 161, 162, 163, 169, 171, 172, 216, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 287, 288, 316, 336, 365, 368, 369, 374, 375, 392, 393, 407, 408, 418, 427, 428, 429, 431, 441, 443, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477

Épinette d'Engelmann

Picea engelmannii Parry : 158, 161, 392, 393

Épinette de Sitka

Picea sitchensis (Bong.) Carr. : 110, 121, 158, 392, 393

Épinette noire

Picea mariana (Mill.) B.S.P. : 9, 10, 12, 13, 14, 46, 47, 48, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 89, 90, 91, 102, 103, 104, 106, 107, 111, 112, 120, 123, 124, 127, 129, 132, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 158, 169, 171, 172, 176, 181, 214, 216, 232, 233, 238, 240, 266, 267, 268, 273, 274, 286, 287, 288, 313, 314, 316, 322, 336, 365, 370, 373, 374, 375, 382, 388, 389, 392, 393, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 435, 436, 445, 446, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477, 480

Épinette rouge

Picea rubens Sarg. : 61, 62, 63, 64, 65, 66, 90, 91, 106, 128, 130, 172, 266, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 336

Érable

Acer L. : 107, 255, 260, 316

Érable à épis

Acer spicatum Lam. : 163, 383, 431

Érable argenté

Acer saccharinum L. : 15, 16, 354, 374, 375, 477

Érable à sucre

Acer saccharum Marsh. : 7, 8, 15, 16, 40, 41, 55, 59, 60, 61, 63, 64, 66, 87, 88, 102, 106, 116, 128, 130, 163, 194, 266, 267, 268, 273, 274, 336, 354, 365, 374, 375, 383, 386, 441

Érable de Pennsylvanie

Acer pennsylvanicum L. : 62, 163, 383, 386

Érable grandifolié

Acer macrophyllum Pursh : 392

Érable négondo

Acer negundo L. : 169, 407, 408, 427, 429, 462, 463, 464, 465

Érable rouge

Acer rubrum L. : 7, 8, 15, 16, 18, 39, 40, 41, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 87, 89, 90, 91, 106, 128, 130, 131, 163, 172, 234, 235, 236, 241, 266, 267, 268, 273, 274, 280, 282, 336, 365, 374, 375, 383, 386, 387, 416, 431, 441, 477

Frêne

Fraxinus L. : 61, 106, 255, 429

Frêne blanc

Fraxinus americana L. : 15, 16, 62, 88, 131, 252, 374, 375

Frêne noir

Fraxinus nigra Marsh. : 15, 16, 131, 163, 169, 374, 375

Frêne rouge

Fraxinus pennsylvanica Marsh. : 374, 375

Frêne vert

Fraxinus pennsylvanica Marsh. var. *subintegerrima* (Vahl) Fern. : 169, 203, 204, 205, 427, 463

Genévrier rouge

Juniperus virginiana L. : 13, 14, 374, 375

Hêtre à grandes feuilles

Fagus grandifolia Ehrh. : 15, 16, 55, 59, 60, 61, 62, 88, 106, 131, 267, 274, 365, 374, 375, 386

- Mélèze
Larix Mill. 114, 144, 204, 255, 343
- Mélèze (divers) : 203, 205
- Mélèze laricin
Larix laricina (Du Roi) K. Koch : 13, 14, 46, 47, 48, 56, 59, 60, 61, 64, 89, 103, 104, 106, 107, 120, 123, 124, 128, 130, 143, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 155, 169, 171, 172, 203, 204, 205, 216, 266, 268, 273, 316, 336, 374, 375, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477
- Mélèze occidental
Larix occidentalis Nutt 158, 161, 392, 393
- Micocoulier occidental
Celtic occidentalis L. : 169
- Noyer cendré
Juglans cinerea L. 196
- Orme
Ulmus, L. 61
- Orme d'Amérique
Ulmus americana L. 15, 16, 169, 374, 375, 383, 427, 429, 463
- Ostryer de Virginie
Ostrya virginiana (Mill.) K. Koch : 7, 8, 15, 16, 40, 41, 61, 163, 169, 383
- Peuplier
Populus L. : 44, 61, 83, 107, 126, 140, 145, 174, 184, 206, 209, 231, 249, 253, 255, 344, 353, 354, 386, 438, 439, 466
- Peuplier à grandes dents
Populus grandidentata Michx. : 10, 12, 15, 16, 18, 19, 62, 63, 64, 66, 75, 80, 182, 266, 267, 268, 273, 274, 281, 336, 374, 375
- Peuplier baumier
Populus balsamifera L. : 15, 16, 59, 60, 120, 139, 143, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 169, 171, 183, 254, 256, 257, 343, 364, 374, 375, 392, 407, 408, 427, 428, 429, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 471
- Peuplier (divers) : 328
- Peuplier faux-tremble
Populus tremuloides Michx. : 7, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 28, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 70, 71, 72, 74, 75, 79, 80, 81, 82, 89, 90, 91, 103, 104, 106, 111, 112, 120, 123, 128, 130, 136, 137, 139, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 158, 161, 163, 169, 171, 172, 173, 182, 183, 214, 216, 234, 235, 236, 241, 247, 248, 252, 254, 256, 257, 260, 264, 266, 267, 268, 273, 274, 276, 278, 280, 281, 282, 314, 316, 332, 336, 343, 349, 350, 364, 371, 372, 373, 374, 375, 384, 392, 393, 403, 407, 408, 416, 427, 428, 429, 431, 440, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 471, 477
- Peuplier occidental
Populus trichocarpa Torr. et Gray : 158, 161, 343, 364, 393, 427
- Pin
Pinus L. 141, 142, 145, 255, 353
- Pin albicaule
Pinus albicaulis Engelm. 343
- Pin argenté
Pinus monticola Dougl. 158, 161, 343, 392, 393
- Pin blanc
Pinus strobus L. : 13, 14, 18, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 64, 75, 88, 106, 128, 130, 163, 169, 234, 235, 236, 241, 266, 268, 273, 280, 281, 282, 354, 374, 375, 431, 477
- Pin (divers) 387
- Pin gris
Pinus banksiana Lamb. : 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50, 51, 59, 60, 61, 67, 68, 89, 90, 91, 102, 106, 107, 120, 128, 130, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 169, 171, 172, 253, 254, 256, 257, 310, 314, 316, 324, 354, 373, 374, 375, 384, 388, 389, 407, 408, 427, 428, 429, 435, 436, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 477
- Pin ponderosa
Pinus ponderosa Laws. : 158, 161, 392, 393

Pin rouge

Pinus resinosa Ait. : 10, 12, 13, 14, 18, 20, 39, 55, 59, 60, 61, 75, 89, 106, 117, 128, 130, 169, 172, 234, 235, 236, 241, 280, 281, 282, 354, 374, 375, 386

Pin sylvestre

Pinus sylvestris L. 169, 354

Pin tordu

Pinus contorta Dougl. var. *contorta* : 158, 392

Pin tordu

Pinus contorta Dougl. var. *latifolia* Engelm. : 23, 24, 26, 42, 59, 60, 110, 111, 112, 114, 120, 121, 146, 147, 151, 152, 158, 161, 162, 169, 171, 279, 343, 392, 393, 428, 460

Pruche

Tsuga (Endl.) Carr. 88, 343, 378, 437

Pruche du Canada

Tsuga canadensis (L.) Carr. : 13, 14, 59, 60, 61, 106, 131, 163, 374, 375, 383, 416

Pruche occidentale

Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg. : 31, 110, 114, 121, 158, 161, 162, 251, 391, 392, 393, 456

Pruche subalpine

Tsuga mertensiana (Bong.) Carr. 158

Prunier d'Amérique

Prunus americana Marsh. 169

Sapin

Abies Mill. 145, 255, 343, 353, 402

Sapin baumier

Abies balsamea (L.) Mill. : 9, 10, 12, 13, 14, 39, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 87, 89, 90, 91, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 114, 120, 121, 123, 124, 125, 128, 130, 146, 147, 151, 152, 153, 154, 155, 163, 169, 171, 172, 208, 213, 238, 256, 257, 266, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 280, 310, 314, 316, 323, 335, 336, 365, 368, 369, 370, 373, 374, 375, 382, 383, 391, 407, 408, 427, 428, 429, 431, 441, 445, 446, 460, 462, 464, 465, 473, 477, 480

Sapin gracieux

Abies amabilis (Dougl.) Forbes : 31, 158, 392

Sapin grandissime

Abies grandis (Dougl.) Lindl. 158, 161, 392, 393

Sapin subalpin

Abies lasiocarpa (Hook.) Nutt. : 59, 60, 146, 147, 151, 152, 158, 161, 162, 169, 171, 392, 393, 428, 460

Saule

Salix L. : 139, 169, 178, 179, 180, 200, 218, 219, 220, 223, 224, 225, 226, 227, 250, 253, 254, 255, 317, 320, 341, 344, 351, 355, 384, 427, 429, 463, 471

Sorbier d'Amérique

Sorbus americana Marsh. 431

Sorbier monticole

Sorbus decora (Sarg.) Schneid. 169, 431

Thuya

Thuja L. 354

Thuya géant

Thuja plicata Donn : 31, 110, 114, 121, 158, 161, 162, 251, 343, 378, 391, 392, 393, 437, 456

Thuya occidental

Thuja occidentalis L. : 13, 14, 50, 51, 55, 59, 60, 61, 88, 131, 163, 169, 374, 375, 383, 407, 408, 427, 429, 462, 464, 465, 477

Tilleul d'Amérique

Tilia americana L. 15, 16, 55, 169, 374, 375

Tulipier d'Amérique

Liriodendron tulipifera L. : 387

Feuillus (autres) : 221, 253, 254, 255, 256, 257,

261, 264, 275, 325, 326, 327, 345, 346, 347, 348

Feuillus (en général) : 25, 27, 135, 210, 212, 277,

285, 330, 404, 420, 421, 425, 426

Résineux (en général) : 25, 27, 210, 212, 277, 330,

394, 420, 421, 425, 426

Espèces indéterminées : 1, 2, 3, 5, 6, 21, 22, 29, 30,
32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 52, 53, 54, 76, 77,
84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 105, 108, 109, 118, 119, 150, 156, 157, 159,
160, 165, 166, 167, 168, 170, 177, 185, 186, 188,
189, 191, 192, 193, 201, 202, 207, 228, 229, 230,
237, 239, 242, 243, 245, 246, 258, 259, 262, 263,
265, 283, 284, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 298,
299, 300, 301, 302, 303, 305, 306, 307, 308, 309,
311, 312, 315, 318, 319, 321, 331, 333, 334, 337,
339, 342, 352, 356, 359, 360, 361, 362, 363, 367,
377, 379, 381, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 406,
409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 417, 419, 422,
423, 424, 432, 434, 442, 444, 447, 448, 449, 450,
451, 453, 454, 455, 457, 458, 459, 467, 468, 469,
472, 474, 475, 476

Inconnu : 4, 73, 78, 115, 122, 138, 164, 175, 211,
244, 271, 272, 329, 340, 357, 358, 366, 376, 380,
385, 390, 401, 405, 430, 433, 452, 470

5. Index of added keywords

- Aerial photography: 3, 17, 50, 51, 73, 122, 168
- Age: 20, 28
- Biomass availability: 55, 79, 80, 82, 84, 85, 135, 301, 321, 407, 425, 426
- Biomass compaction systems: 396, 397, 398
- Biomass, conversion of volume to: 11, 56, 61, 106, 151
- Biomass data (collecting and compiling): 5, 6, 46, 47, 48, 50, 51, 56, 61, 66, 78, 106, 108, 109, 123, 124, 125, 143, 144, 160, 161, 168, 169, 171, 407
- Biomass, growth and yield of: 28, 29, 30, 37, 38, 42, 45, 69, 70, 71, 74, 79, 80, 81, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 125, 133, 134, 136, 138, 157, 167, 172, 179, 186, 188, 189, 277, 278, 287, 288, 323, 332
- Biomass harvesting, effects of: 64, 237, 308, 309, 313, 314, 315
- Biomass, merchantable: 10, 12, 13, 14, 15, 16, 124
- Biomass of tree components: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 28, 42, 46, 54, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 75, 76, 82, 87, 88, 89, 90, 91, 103, 104, 105, 107, 111, 112, 117, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 137, 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 158, 161, 162, 163, 166, 271, 280, 294
- Biomass production: 20, 72, 126, 173, 182, 183, 209, 243, 246, 328, 333, 334, 340, 341, 418
- Biomass recovery: 20, 72, 126, 173, 182, 183, 270, 328, 333, 334, 341, 353, 373, 418, 445, 446, 454, 455, 459, 474
- Biomass utilization for energy: 113, 165, 173, 174, 262, 360, 363, 364, 368, 371, 382, 383, 407, 408, 424, 425, 426, 439, 475, 476, 480
- Calorific value: 407, 423, 464
- Climatic aspects: 133, 134, 287, 288, 314, 317, 319, 333, 334, 443
- Combustion of wood: 404, 422, 423, 428, 434, 462, 465
- Cost analyses: 31, 84, 115, 135, 206, 353, 354, 355, 358, 365, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 378, 382, 386, 390, 437, 438, 440, 441, 455, 471, 473, 477
- Cost estimates of harvesting: 421, 438, 441, 471, 477
- Decomposition: 235, 236, 268
- Economical aspects: 180, 188, 189, 321, 356, 357, 359, 360, 361, 362, 366, 367, 371, 372, 458, 473
- Energy conversion: 354, 376, 422, 444, 464
- Energy efficiency: 68, 188, 189, 207, 317, 318, 319, 352, 377, 410, 412, 413, 414, 416
- Energy plantations: 178, 198, 200, 218, 221, 223, 224, 225, 227, 253, 317, 320, 351, 355
- Fast-growing species: 201, 202, 205
- Field testing: 205, 256, 257, 373, 387, 388, 389, 435, 436, 442, 467, 468
- FORCYTE: 69, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 125, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 208, 210, 213, 222, 228, 229, 230, 240, 251, 277, 278, 289, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 311, 312, 323, 329, 330, 331, 332, 335, 337, 338
- Forest environment (in general): 238, 308, 309, 310, 321, 360, 370
- Forest inventory: 61, 101, 119, 120, 144, 163

Forest management: 97, 113, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 208, 210, 211, 212, 222, 251, 277, 283, 284, 286, 289, 295, 299, 312, 329, 330

Forest soil: 49, 258, 259, 268, 282, 283, 284, 310, 342

Frankia: 252, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 275, 325, 326, 327, 345, 346, 347

Fuelwood: 155, 365, 441

Fuelwood consumption: 381, 391, 431, 432, 433, 470

Hardwood resource: 404, 477

Harvesting (silviculture): 72, 185, 190, 370, 383

Harvesting, conventional: 39, 75, 234, 236, 266, 270, 280, 281, 282, 339

Harvesting of biomass: 65, 85, 216, 233, 241, 267, 269, 274, 285, 342, 359, 365, 367, 369, 371, 373, 377, 378, 382, 383, 385, 386, 396, 397, 398, 405, 421, 445, 446, 447, 448, 449, 454, 455, 473, 474

Harvesting of hog fuel: 358, 370, 444, 452, 458, 479, 480

Harvesting of logging residues: 31, 343, 376, 378, 379, 380, 390, 409, 410, 411, 412, 413, 415, 416, 430, 437, 473

Harvesting of wood chips: 67, 357, 359, 367, 369, 379, 382, 383, 385, 386, 390, 415, 420, 456, 473, 478, 480

Harvesting, whole-tree: 39, 75, 166, 185, 217, 234, 235, 265, 266, 270, 280, 281, 291, 316, 370, 399, 400, 402, 405, 474, 475, 476, 479

Instructions: 1, 2, 5, 6, 301, 306

Intensive-culture management: 96, 126, 174, 191, 192, 200, 203, 204, 205, 209, 214, 215, 217, 222, 231, 239, 247, 248, 298, 349

Interviews: 211, 212, 407, 432, 433, 470

Inventory of biomass: 1, 2, 4, 7, 8, 11, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 49, 54, 55, 56, 61, 64, 66, 73, 75, 77, 82, 84, 101, 106, 107, 108, 109, 113, 116, 118, 119, 120, 122, 124, 139, 141, 151, 152, 159, 163, 165, 168, 170, 172, 174, 408, 462, 466

Inventory of hog fuel: 21, 22, 114

Inventory of logging residues: 3, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 50, 51, 67, 68, 86, 102, 110, 115, 121, 135, 141, 142, 145, 155, 161, 164, 353, 386, 435, 436

Literature survey and review: 45, 49, 52, 166, 226, 231, 237, 262, 263, 265, 283, 290, 291, 293, 333, 334, 342, 381, 423, 428, 472, 474, 475, 476

Machinery: 184, 380, 384, 387, 388, 389, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 409, 417, 419, 435, 436, 440, 442, 452, 453, 455, 457, 458, 459, 467, 468, 469

Mechanization: 31, 378, 390, 437, 445, 446

Modelling and programming, computer: 92, 93, 108, 109, 156, 157, 161, 191, 193, 210, 230, 300, 301, 302, 303, 305, 307, 317, 319, 331, 337, 338, 339, 343, 358

Modelling, growth and yield: 45, 70, 71, 74, 97, 99, 157, 167, 278, 292

Mycorrhizae: 175, 176, 177, 181, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 264, 276, 348

Non-inventoried areas: 168, 169

Nursery and regeneration: 175, 176, 177, 179, 181, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 216, 221, 224

Nutrient contents of tree components: 39, 40, 41, 42, 44, 49, 63, 65, 66, 75, 83, 107, 137, 140, 209, 271, 272, 280, 290, 316

Peatlands: 232, 286

Permanent sample plot: 106, 108

Potential of biomass energy: 113, 152, 377, 404, 407, 408, 424, 434, 465, 466

Project review: 52, 53, 159, 165, 356, 361, 434, 469

Reforestation: 214, 215, 217

Remote sensing and mapping: 43, 73, 118, 120, 144, 170

Residues: 24, 25, 26, 27, 31, 50, 51, 67, 68, 84, 86, 102, 110, 115, 121, 141, 142, 164, 362, 369, 376, 377, 378, 379, 380, 382, 390, 391, 401, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 416, 417, 430, 437, 456, 472, 473

Seedling: 176, 177, 181, 197, 199

Short-rotation culture: 20, 44, 83, 84, 117, 140, 178, 179, 180, 185, 196, 199, 204, 206, 218, 219, 220, 225, 227, 252, 265, 324, 328, 344, 350

Silvicultural treatments: 182, 183, 213, 216, 258, 259

Simulation: 164, 447, 448

Site: 64, 208, 214, 215, 216, 222, 274, 314

Socio-economical aspects: 363, 404

Soil chemical impacts: 232, 249, 285, 313, 314, 315, 316

Soil microbiology: 234, 235, 241, 252, 255, 261, 282, 283, 284, 285, 348

Soil nutrient accumulation: 209, 239, 266, 268, 336

Soil nutrient cycling: 44, 83, 126, 140, 208, 231, 235, 250, 266, 281, 328, 341

Soil nutrient removal: 64, 265, 270

Soil nutrient status and fertility: 39, 64, 100, 185, 187, 190, 231, 235, 239, 240, 241, 249, 250, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 279, 280, 281, 290, 291, 292, 293, 294, 298, 300, 304, 313, 315, 316, 322, 324, 325, 326, 327, 328, 336, 338, 341, 345, 346, 347, 348, 351

Soil physical impacts: 236, 242, 292, 342

Spacing: 20, 205, 209, 328

Terminology and bibliography: , 2, 226, 296, 297, 449

Tissue culture: 345, 346, 347, 348

Transportation: 160, 359, 373, 376, 377, 396, 397, 398, 399, 402, 420, 421, 450, 451, 454, 473

Tree-ring analyses: 133, 287, 288, 418, 443

Wastewood consumption: 366, 434, 442, 472, 479

Wildlife: 238, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 272, 310, 339, 340, 343, 344, 349, 350

Wood densities: 9, 374, 375, 392, 393, 394, 395, 418, 427, 429, 443, 460, 461, 463

5. Index des mots-clés ajoutés

- Accumulation des éléments nutritifs du sol : 209, 239, 266, 268, 336
- Âge : 20, 28
- Aménagement forestier/gestion forestière : 97, 113, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 208, 210, 211, 212, 222, 251, 277, 283, 284, 286, 289, 295, 299, 312, 329, 330
- Analyses de coût : 31, 84, 115, 135, 206, 353, 354, 355, 358, 365, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 378, 382, 386, 390, 437, 438, 440, 441, 455, 471, 473, 477
- Analyses des anneaux de croissance/des cernes : 133, 287, 288, 418, 443
- Aspects climatiques : 133, 134, 287, 288, 314, 317, 319, 333, 334, 443
- Aspects économiques : 180, 188, 189, 321, 356, 357, 359, 360, 361, 362, 366, 367, 371, 372, 458, 473
- Aspects socio-économiques : 363, 404
- Biomasse commercialisable (marchande) : 10, 12, 13, 14, 15, 16, 124
- Biomasse, conversion de volume en : 11, 56, 61, 106, 151
- Biomasse, croissance et rendement de la : 28, 29, 30, 37, 38, 42, 45, 69, 70, 71, 74, 79, 80, 81, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 125, 133, 134, 136, 138, 157, 167, 172, 179, 186, 188, 189, 277, 278, 287, 288, 323, 332
- Biomasse des composantes de l'arbre : 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 28, 42, 46, 54, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 75, 76, 82, 87, 88, 89, 90, 91, 103, 104, 105, 107, 111, 112, 117, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 137, 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 158, 161, 162, 163, 166, 271, 280, 294
- Biomasse, disponibilité de la : 55, 79, 80, 82, 84, 85, 135, 301, 321, 407, 425, 426
- Biomasse, données de (collection et compilation) : 5, 6, 46, 47, 48, 50, 51, 56, 61, 66, 78, 106, 108, 109, 123, 124, 125, 143, 144, 160, 161, 168, 169, 171, 407
- Biomasse, effets de la récolte de : 64, 237, 308, 309, 313, 314, 315
- Biomasse, production de : 20, 72, 126, 173, 182, 183, 209, 243, 246, 328, 333, 334, 340, 341, 418
- Biomasse, récupération de : 20, 72, 126, 173, 182, 183, 270, 328, 333, 334, 341, 353, 373, 418, 445, 446, 454, 455, 459, 474
- Biomasse, systèmes de compactage de la : 396, 397, 398
- Biomasse, utilisation à des fins énergétiques de la : 113, 165, 173, 174, 262, 360, 363, 364, 368, 371, 382, 383, 407, 408, 424, 425, 426, 439, 475, 476, 480
- Bois de chauffage : 155, 365, 441
- Combustion du bois : 404, 422, 423, 428, 434, 462, 465
- Condition des éléments nutritifs et fertilité du sol : 39, 64, 100, 185, 187, 190, 231, 235, 239, 240, 241, 249, 250, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 279, 280, 281, 290, 291, 292, 293, 294, 298, 300, 304, 313, 315, 316, 322, 324, 325, 326, 327, 328, 336, 338, 341, 345, 346, 347, 348, 351
- Consommation de bois de chauffage : 381, 391, 431, 432, 433, 470

- Consommation de déchets ligneux : 366, 434, 442, 472, 479
- Conversion d'énergie : 354, 376, 422, 444, 464
- Culture de courtes révolutions : 20, 44, 83, 84, 117, 140, 178, 179, 180, 185, 196, 199, 204, 206, 218, 219, 220, 225, 227, 252, 265, 324, 328, 344, 350
- Culture de tissus : 345, 346, 347, 348
- Cycle des éléments nutritifs du sol : 44, 83, 126, 140, 208, 231, 235, 250, 266, 281, 328, 341
- Décomposition : 235, 236, 268
- Densités de bois (masses volumiques de bois) : 9, 374, 375, 392, 393, 394, 395, 418, 427, 429, 443, 460, 461, 463
- Efficacité énergétique : 68, 188, 189, 207, 317, 318, 319, 352, 377, 410, 412, 413, 414, 416
- Environnement forestier (en général) : 238, 308, 309, 310, 321, 360, 370
- Espacement : 20, 205, 209, 328
- Espèces à croissance rapide : 201, 202, 205
- Essai sur le terrain : 205, 256, 257, 373, 387, 388, 389, 435, 436, 442, 467, 468
- Estimation des coûts de récolte : 421, 438, 441, 471, 477
- Examen de projet : 52, 53, 159, 165, 356, 361, 434, 469
- Faune : 238, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 272, 310, 339, 340, 343, 344, 349, 350
- FORCYTE : 69, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 125, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 208, 210, 213, 222, 228, 229, 230, 240, 251, 277, 278, 289, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 311, 312, 323, 329, 330, 331, 332, 335, 337, 338
- Frankia* : 252, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 275, 325, 326, 327, 345, 346, 347
- Gestion de culture intensive : 96, 126, 174, 191, 192, 200, 203, 204, 205, 209, 214, 215, 217, 222, 231, 239, 247, 248, 298, 349
- Gestion forestière : voir aménagement forestier
- Instructions, directives : 1, 2, 5, 6, 301, 306
- Interviews : 211, 212, 407, 432, 433, 470
- Inventaire de bûchettes de chauffage : 21, 22, 114
- Inventaire de la biomasse : 1, 2, 4, 7, 8, 11, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 49, 54, 55, 56, 61, 64, 66, 73, 75, 77, 82, 84, 101, 106, 107, 108, 109, 113, 116, 118, 119, 120, 122, 124, 139, 141, 151, 152, 159, 163, 165, 168, 170, 172, 174, 408, 462, 466
- Inventaire forestier : 61, 101, 119, 120, 144, 163
- Inventaire de résidus d'abattage/de résidus d'exploitation/de déchets de coupe : 3, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 50, 51, 67, 68, 86, 102, 110, 115, 121, 135, 141, 142, 145, 155, 161, 164, 353, 386, 435, 436
- Machinerie : 184, 380, 384, 387, 388, 389, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 409, 417, 419, 435, 436, 440, 442, 452, 453, 455, 457, 458, 459, 467, 468, 469
- Mécanisation : 31, 378, 390, 437, 445, 446
- Microbiologie du sol : 234, 235, 241, 252, 255, 261, 282, 283, 284, 285, 348
- Modélisation, croissance et rendement : 45, 70, 71, 74, 97, 99, 157, 167, 278, 292
- Modélisation et programmation informatisées : 92, 93, 108, 109, 156, 157, 161, 191, 193, 210, 230, 300, 301, 302, 303, 305, 307, 317, 319, 331, 337, 338, 339, 343, 358
- Mycorrhizae* : 175, 176, 177, 181, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 264, 276, 348
- Pépinière et régénération : 175, 176, 177, 179, 181, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 216, 221, 224

Photographie aérienne : 3, 17, 50, 51, 73, 122, 168

Placette d'échantillonnage permanente : 106, 108

Plantations à des fins énergétiques : 178, 198, 200, 218, 221, 223, 224, 225, 227, 253, 317, 320, 351, 355

Potentiel de l'énergie de la biomasse : 113, 152, 377, 404, 407, 408, 424, 434, 465, 466

Pouvoir calorifique : 407, 423, 464

Prélèvement d'éléments nutritifs du sol : 64, 265, 270

Reboisement : 214, 215, 217

Récolte d'arbres entiers : 39, 75, 166, 185, 217, 234, 235, 265, 266, 270, 280, 281, 291, 316, 370, 399, 400, 402, 405, 474, 475, 476, 479

Récolte de biomasse : 65, 85, 216, 233, 241, 267, 269, 274, 285, 342, 359, 365, 367, 369, 371, 373, 377, 378, 382, 383, 385, 386, 396, 397, 398, 405, 421, 445, 446, 447, 448, 449, 454, 455, 473, 474

Récolte de bûchettes de chauffage : 358, 370, 444, 452, 458, 479, 480

Récolte de copeaux de bois : 67, 357, 359, 367, 369, 379, 382, 383, 385, 386, 390, 415, 420, 456, 473, 478, 480

Récolte de résidus d'abattage/de résidus d'exploitation/de déchets de coupe : 31, 343, 376, 378, 379, 380, 390, 409, 410, 411, 412, 413, 415, 416, 430, 437, 473

Récolte de type classique (conventionnelle) : 39, 75, 234, 236, 266, 270, 280, 281, 282, 339

Récolte (sylviculture) : 72, 185, 190, 370, 383

Relevé et examen de la documentation : 45, 49, 52, 166, 226, 231, 237, 262, 263, 265, 283, 290, 291, 293, 333, 334, 342, 381, 423, 428, 472, 474, 475, 476

Répercussions chimiques du sol : 232, 249, 285, 313, 314, 315, 316

Répercussions physiques du sol : 236, 242, 292, 342

Résidus : 24, 25, 26, 27, 31, 50, 51, 67, 68, 84, 86, 102, 110, 115, 121, 141, 142, 164, 362, 369, 376, 377, 378, 379, 380, 382, 390, 391, 401, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 416, 417, 430, 437, 456, 472, 473

Ressource en espèces feuillues : 404, 477

Semis : 176, 177, 181, 197, 199

Simulation : 164, 447, 448

Site, station, terrain : 64, 208, 214, 215, 216, 222, 274, 314

Sol forestier : 49, 258, 259, 268, 282, 283, 284, 310, 342

Superficies non inventoriées : 168, 169

Télédétection et cartographie : 43, 73, 118, 120, 144, 170

Teneur en éléments nutritifs des composantes de l'arbre : 39, 40, 41, 42, 44, 49, 63, 65, 66, 75, 83, 107, 137, 140, 209, 271, 272, 280, 290, 316

Terminologie et bibliographie : 1, 2, 226, 296, 297, 449

Tourbières : 232, 286

Traitements sylvicoles : 182, 183, 213, 216, 258, 259

Transport : 160, 359, 373, 376, 377, 396, 397, 398, 399, 402, 420, 421, 450, 451, 454, 473

6. Productivity (P) project index/ Index des projets sur la productivité (P)

P-O: 85, 201, 202, 231, 239, 250, 255, 424

P-1: 165

P-2: 381, 431, 479

P-4: 89, 172

P-6: 67, 68

P-8: 185, 187, 293, 299

P-9: 252, 256, 257, 258, 259, 262, 263

P-11: 406

P-14: 17, 122

P-15: 166, 474, 475, 476

P-16: 29, 30

P-19: 477

P-20: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 78

P-21: 116, 163

P-22: 28, 136

P-23: 141, 142, 155

P-25: 86, 135, 391

P-28: 3, 23, 24, 25, 26, 27, 50, 51, 102, 405, 409,
410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 419

P-30: 7, 8, 15, 16, 19, 79, 80, 81, 82

P-36: 31, 379

P-38: 88

P-39: 385, 386

P-40: 62, 63, 64, 65, 66, 265, 266, 267, 268, 269,
270, 271, 272, 273, 274, 336, 404

P-41: 87

P-51: 138, 139

P-54: 402, 445, 446

P-59: 376, 377

P-64: 157, 167

P-67: 184

P-71: 42, 92, 94, 95, 190, 193, 292, 298, 299, 300,
303, 304, 305

P-75: 203, 204, 205

P-78: 253, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 264, 275,
276, 325

P-92: 105, 146, 147, 150, 151, 152, 153, 154, 156,
171, 460, 462, 466

P-95: 237, 308, 309

P-102: 45, 70, 71, 74

P-112: 46, 47, 48, 103, 104, 123

P-115: 368, 478, 480

P-121: 126, 209, 328

P-135: 321, 360

P-138: 40, 41

P-139: 173, 174

P-140: 43

P-141: 111, 112

P-142: 158, 161, 162, 164

P-143: 368, 370

P-144: 5, 6

P-145: 214, 216, 217

P-146: 56, 479

P-148: 101, 119, 120

P-149: 133, 134, 287, 288, 418, 443, 472

P-150: 333, 334

P-152: 383

P-155: 238, 310

P-157: 425, 426

P-158: 117

P-159: 90, 91

P-162: 430

P-163: 438, 440, 471

P-164: 247

P-169: 143, 148, 149, 156, 461

P-170: 243, 244, 245, 246

P-172: 178, 179, 180, 207, 218, 219, 220, 221, 223,
224, 225, 226, 227, 317, 318, 319, 320

P-179: 13, 14, 374, 375

P-182: 116

P-183: 380, 390, 437

P-184: 378, 437

P-189: 365, 441

P-190: 4, 103

P-191: 368, 369, 382, 473

P-197: 42, 95, 96, 98, 191, 192, 193, 251, 289,
290, 291, 292, 294, 296, 297, 299, 300

P-198: 254, 256, 257, 258, 259, 275, 276, 325, 326,
327

P-199: 39, 75, 234, 235, 236, 241, 280, 281, 282,
283, 284, 285

P-201: 403

P-203: 248, 349, 350

P-205: 49, 137

P-207: 364, 371, 439

P-210: 388, 389, 401, 435, 436

P-211: 383

P-215: 388, 389

P-216: 387, 417

P-219: 159

P-224: 84

P-225: 127, 129, 132

P-226: 340, 344

P-227: 77

P-228: 354

P-231: 467, 468, 469

P-232: 345, 346, 347, 348

P-234: 15, 16, 374, 375

P-236: 128, 130, 131

P-237: 400, 402, 447, 448

P-238: 61

P-240: 124

P-243: 399	P-292: 357
P-245: 52, 53	P-293: 366
P-246: 111	P-294: 434
P-247: 106, 108, 109	P-296: 110, 121
P-248: 249	P-297: 387
P-249: 40, 41	P-298: 352
P-250: 452, 453, 456, 458	P-299: 215
P-251: 454, 459	P-300: 313, 314
P-252: 470	P-301: 206
P-253: 362	P-302: 359, 420
P-255: 427, 428, 429, 461, 463	P-306: 54
P-256: 423	P-307: 44, 83, 140
P-257: 182, 183	P-311: 384
P-258: 57, 58, 59, 60	P-312: 435, 436, 450, 451
P-263: 432, 433	P-313: 396, 397, 398
P-264: 125, 208, 213, 323, 335	P-314: 331, 332
P-265: 160	P-315: 407, 408, 464, 465
P-266: 76	P-316: 118, 170
P-273: 168, 169, 463	P-317: 455, 459
P-276: 18, 32, 33, 34, 35, 36	P-318: 115, 356, 361
P-280: 449	P-319: 339, 343
P-283: 73	P-320: 194, 196
P-285: 93, 94, 96, 99, 100, 189, 303	P-321: 98, 100, 186, 188, 189
P-286: 240	P-322: 373
P-287: 322	P-324: 364, 372
P-291: 378, 380, 390, 437	P-235: 342

P-326: 444
P-327: 442, 457
P-328: 232, 233, 286
P-332: 21
P-333: 72
P-334: 144
P-335: 392, 393, 394, 395
P-336: 358
P-337: 107, 315, 316
P-338: 175, 176, 177, 181
P-339: 367, 421
P-340: 1, 2
P-341: 55
P-342: 37, 38
P-343: 422
P-345: 228, 229, 307, 311, 312
P-346: 341, 351
P-347: 301
P-350: 114
P-351: 22
P-353: 210, 211, 212, 277, 278, 302, 329, 330, 332
P-354: 324
P-358: 195, 197, 198, 199
P-361: 337
P-362: 355
P-363: 363
P-366: 242
P-367: 69
P-368: 222
P-369: 97, 306
P-370: 295, 301
P-371: 279
P-374: 222, 338
P-376: 113
P-378: 230
P-379: 145, 353
P-383: 200

7. Index of projects by year/ Index des projets par année

1979

67, 68, 78, 86, 116, 122, 135, 136, 141, 142, 166,
172, 174, 185, 187, 205, 262, 263, 293, 298, 381,
406, 474,

1980

3, 5, 6, 28, 31, 45, 46, 74, 82, 88, 89, 102, 123,
133, 138, 157, 165, 167, 171, 173, 203, 237, 252,
269, 304, 308, 309, 328, 376, 377, 379, 385, 386,
409, 430, 431, 475, 476, 477, 478, 480

1981

4, 7, 8, 19, 23, 24, 27, 29, 30, 47, 50, 51, 56, 70,
71, 79, 80, 81, 87, 104, 126, 134, 159, 161, 163,
184, 190, 201, 204, 209, 216, 217, 243, 247, 253,
261, 264, 265, 267, 270, 305, 349, 360, 370, 383,
391, 402, 405, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416,
445, 471, 479

1982

9, 10, 11, 20, 43, 48, 49, 63, 65, 66, 76, 77, 84,
103, 105, 108, 109, 112, 124, 132, 139, 143, 146,
147, 162, 192, 202, 214, 218, 238, 244, 254, 260,
272, 283, 287, 294, 321, 325, 333, 340, 350, 354,
365, 371, 380, 399, 400, 404, 417, 419, 425, 441,
446, 452, 472

1983

12, 13, 14, 52, 53, 57, 61, 85, 101, 106, 117, 119,
127, 128, 129, 130, 148, 156, 168, 169, 180, 227,
245, 246, 251, 256, 275, 299, 334, 344, 369, 378,
382, 390, 403, 426, 428, 440, 447

1984

15, 25, 26, 36, 39, 54, 58, 62, 73, 90, 91, 111,
121, 125, 149, 150, 151, 152, 160, 170, 182, 183,
188, 191, 215, 219, 220, 224, 231, 239, 248, 250,
255, 257, 258, 271, 274, 285, 288, 300, 310, 322,
326, 345, 346, 347, 352, 366, 368, 374, 401, 423,
424, 427, 429, 432, 433, 434, 437, 438, 439, 443,
448, 449, 453, 454, 458, 459, 460, 466, 467, 470,
473

1985

16, 18, 32, 33, 40, 59, 92, 93, 131, 158, 206, 226,
240, 259, 266, 268, 276, 282, 284, 289, 290, 291,
319, 327, 336, 343, 357, 375, 384, 387, 388, 396,
397, 407, 408, 420, 450, 455, 456, 468, 469

1986

17, 41, 42, 64, 94, 99, 110, 118, 153, 154, 164,
175, 186, 207, 225, 234, 273, 313, 348, 373, 389,
398, 422, 435, 436, 444, 451, 461, 464

1987

34, 55, 60, 115, 120, 155, 177, 178, 179, 194,
196, 228, 236, 280, 317, 362, 392, 418, 442, 462,
463

1988

1, 2, 21, 35, 44, 69, 72, 75, 83, 95, 96, 100, 137,
144, 176, 189, 197, 208, 223, 229, 233, 235, 241,
249, 303, 306, 307, 311, 314, 315, 318, 323, 332,
337, 339, 342, 355, 356, 359, 361, 363, 367, 372,
393, 457, 465

1989

22, 37, 38, 107, 114, 140, 181, 193, 195, 198,
200, 210, 211, 212, 213, 221, 222, 230, 232, 242,
277, 279, 281, 286, 295, 296, 297, 312, 320, 324,
329, 330, 331, 351, 358, 364, 394, 421

1990

97, 98, 113, 145, 199, 278, 292, 301, 302, 316,
335, 338, 341, 353, 395

Forestry Canada establishments

Regional centres

Newfoundland and Labrador Region
Forestry Canada
P.O. Box 6028
Building 304, Pleasantville
St. John's, Newfoundland
A1C 5X8
(709) 772-4672

Ontario Region
Forestry Canada
P.O. Box 490, 1219 Queen St. East
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7
(705) 949-9461

Maritimes Region
Forestry Canada
P.O. Box 4000, College Hill
Hugh John Flemming Forestry Centre
Fredericton, New Brunswick
E3B 5P7
(506) 452-3697

Northwest Region
Forestry Canada
5320-122nd Street
Edmonton, Alberta
T6H 3S5
(403) 435-7230

Quebec Region
Forestry Canada
P.O. Box 3800
1055 rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy, Quebec
G1V 4C7
(418) 648-5788

Pacific and Yukon Region
Forestry Canada
506 West Burnside Road
Victoria, British Columbia
V8Z 1M5
(604) 388-0600

National institutes

Petawawa National Forestry Institute
Forestry Canada
Chalk River, Ontario
K0J 1J0
(613) 589-2880

Forest Pest Management Institute
Forestry Canada
P.O. Box 490, 1219 Queen St. East
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7
(705) 949-9461

ENFOR

ENFOR Secretariat
Forestry Canada
351 St. Joseph Boulevard
Hull, Quebec
K1A 1G5
(819) 997-1107

Établissements de Forêts Canada

Centres régionaux

Regions

Région de Terre-Neuve et du Labrador
Forêts Canada
C.P. 6028
Édifice 304, Pleasantville
St. John's (Terre-Neuve)
A1C 5X8
(709) 772-4672

Région de l'Ontario
Forêts Canada
C.P. 490
1219 Queen Street East
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
(705) 949-9461

Région des Maritimes
Forêts Canada
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7
(506) 452-3697

Région du Nord-Ouest
Forêts Canada
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
(403) 435-7230

Région du Québec
Forêts Canada
C.P. 3800
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
(418) 648-5788

Région du Pacifique et du Yukon
Forêts Canada
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
(604) 388-0600

Instituts nationaux

Institut forestier national de Petawawa
Forêts Canada
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0
(613) 589-2880

Institut pour la répression des ravageurs forestiers
Forêts Canada
C.P. 490
1219 Queen St. East
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
(705) 949-9461

ENFOR

Secrétariat ENFOR
Forêts Canada
351, boulevard Saint-Joseph
Hull (Québec)
K1A 1G5
(819) 997-1107