



# Le bilan du carbone du secteur des forêts du Canada : Phase I

W.A. Kurz, M.J. Apps, T.M. Webb et P.J. McNamee  
Région du Nord-Ouest • Rapport d'information NOR-X-326F



---

*Forêts Canada, région du Nord-Ouest, représente le gouvernement fédéral en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest en ce qui a trait aux recherches forestières, à l'aménagement du territoire et au transfert de technologie. Cet organisme s'intéresse surtout à la recherche et à l'aménagement du territoire en vue d'améliorer l'aménagement forestier afin que tous les Canadiens puissent en profiter aux points de vue économique, social et environnemental. Le bureau de la région du Nord-Ouest est également responsable de la mise en œuvre des ententes forestières fédérales-provinciales au sein de ces trois provinces et du territoire concerné.*

*Les activités régionales sont gérées à partir du Centre de foresterie du Nord dont le bureau est à Edmonton (Alberta); on trouve également des bureaux de district à Prince Albert (Saskatchewan) et à Winnipeg (Manitoba). La région du Nord-Ouest correspond à l'une des six régions de Forêts Canada, dont le bureau principal est à Ottawa (Ontario). Elle représente également deux des instituts nationaux de foresterie de ce Ministère.*

*Forestry Canada's Northwest Region is responsible for fulfilling the federal role in forestry research, regional development, and technology transfer in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, and the Northwest Territories. The main objectives are research and regional development in support of improved forest management for the economic, social, and environmental benefit of all Canadians. The Northwest Region also has responsibility for the implementation of federal-provincial forestry agreements within its three provinces and territory.*

*Regional activities are directed from the Northern Forestry Centre in Edmonton, Alberta, and there are district offices in Prince Albert, Saskatchewan, and Winnipeg, Manitoba. The Northwest Region is one of six regions and two national forestry institutes of Forestry Canada, which has its headquarters in Ottawa, Ontario.*

---

# LE BILAN DU CARBONE DU SECTEUR DES FORÊTS DU CANADA : PHASE I

*W.A. Kurz,<sup>1</sup> M.J. Apps,<sup>2</sup> T.M. Webb<sup>1</sup> et P.J. McNamee<sup>1</sup>*

RAPPORT D'INFORMATION NOR-X-326F

FORÊTS CANADA  
RÉGION DU NORD-OUEST  
CENTRE DE FORESTERIE DU NORD  
1993

---

<sup>1</sup> ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd., 1765 West 8th Avenue, 3rd Floor, Vancouver (Colombie-Britannique) V6J 5C6.

<sup>2</sup> Forêts Canada, Région du Nord-Ouest, Centre de foresterie du Nord, 5320 - 122 Street, Edmonton (Alberta) T6H 3S5.

---

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1993  
N° de catalogue Fo46-12/326F  
ISBN 0-662-98252-5  
ISSN 0704-7673

Des exemplaires de cette publication peuvent être obtenus sans frais auprès de :

Forêts Canada  
Région du Nord-Ouest  
Centre de foresterie du Nord  
5320 – 122 Street  
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Des microfiches de cette publication sont en vente chez :

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



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

Vedette principale au titre :

Le Bilan du carbone du secteur des forêts du Canada. Phase I

(Rapport d'information : NOR-X-326F)

Publ. aussi en anglais sous le titre : The carbon budget of the Canadian forest sector.

Comprend un résumé en anglais.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-98252-5

N° de cat. MAS Fo46-12/326F

1. Sols — Teneur en carbone — Canada — Modèles. 2. Sols forestiers — Canada — Modèles. 3. Écologie forestière — Canada — Modèles. 4. Biomasse forestière — Canada — Modèles. I. Kurz, Werner Alexander, 1958- . II. Centre de foresterie du Nord (Canada). III. Coll. : Rapport d'information (Centre de foresterie du Nord (Canada)) ; NOR-X-326F.

S592.6.C35K8714 1992 574.5'2642'0971 C93-099549-X

*This publication is also available in English under the title "The carbon budget of the Canadian forest sector: Phase I".*



*Ce rapport a été imprimé sur du papier recyclé au Canada.*

---

## RÉSUMÉ

Une évaluation de la contribution des activités forestières et des écosystèmes forestiers du Canada au bilan mondial du carbone a été entreprise. La première phase de l'étude a comporté l'élaboration d'un cadre de modélisation informatique et l'utilisation de l'information publiée pour établir le rôle du secteur comme source nette ou puits net de carbone atmosphérique. Le cadre de modélisation tient compte de la séquestration du carbone par la biomasse forestière vivante selon l'âge, des apports nets de carbone au sol forestier par les chutes de litière, de l'accumulation subséquente du carbone et de sa libération par décomposition dans trois compartiments du sol, de sa rétention dans les produits tirés de la biomasse forestière et de la combustion de la biomasse forestière pour l'obtention d'énergie. Le rôle des perturbations affectant les écosystèmes, comme les incendies, la mortalité des arbres causée par les insectes et la récolte (coupe à blanc avec ou sans brûlage des rémanents et coupe partielle) est représenté de façon explicite, plus précisément pour ce qui concerne les effets sur la libération du carbone et le transfert de celui-ci dans le sol et les produits forestiers. La repousse de la biomasse et les changements touchant les processus de décomposition du sol après les perturbations sont également simulés. Dans la première phase du travail, des bases de données nationales et provinciales ont été utilisées pour produire les premières estimations globales du flux net de carbone entre les écosystèmes forestiers canadiens et l'atmosphère pour l'année de référence (1986).

---

## ABSTRACT

An assessment of the contribution of Canadian forest ecosystems and forestry activities to the global carbon budget was undertaken. The first phase of this study consisted of the development of a computer modeling framework and the use of published information to establish the sector's current role as a net source or a net sink of atmospheric carbon. The framework includes age-dependent carbon sequestration by living forest biomass, net detrital litter fall of carbon to the forest floor, subsequent accumulation and decomposition release in three soil compartments, retention of carbon in manufactured products derived from harvested forest biomass, and burning of forest biomass for energy. There is explicit representation of the role of ecosystem disturbances, such as fire, insect-induced stand mortality, and harvesting (clear-cutting, clear-cutting and slash burning, and partial cutting), as they affect carbon releases and transfers to the forest floor and to the forest product sector. Regrowth of biomass and changes in soil decomposition processes following disturbance are also simulated within the model. In the first phase of the work, national and provincial data bases were used to provide the first comprehensive estimates of the net carbon exchange between Canadian forest ecosystems and the atmosphere for the reference year 1986.



---

## AVANT-PROPOS

Le programme ENFOR (Énergie de la Forêt) est un programme de contrats de recherche et de développement (R et 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. Ce programme a été créé en 1978 dans le cadre d'une initiative fédérale interministérielle ayant pour but l'exploitation des sources d'énergie renouvelables.

Le programme ENFOR porte sur des questions d'approvisionnement en biomasse comme l'inventaire, la croissance, la récolte, la transformation, le transport, l'impact environnemental et les répercussions et contraintes socio-économiques. Le programme relève d'un comité technique qui élabore les priorités, évalue les propositions et soumet ses recommandations. Les projets approuvés sont généralement effectués à contrat.

Pour de plus amples renseignements sur le fonctionnement du programme ENFOR, y compris sur la

préparation et la présentation de propositions de R et D, les intéressés sont priés de s'adresser au :

Secrétariat d'ENFOR  
Forêts Canada  
Place Vincent Massey  
351, boul. St-Joseph  
Hull (Québec)  
K1A 1G5

Le présent rapport s'inspire en partie du projet ENFOR P-387 qui a été effectué à contrat par l'ESSA Environmental and Social Analysts Ltd., de Vancouver en Colombie-Britannique (fichier du MAS n° 4Y080-9-0285/01-XSG).

Ces travaux ont été subventionnés en partie par le Groupe interministériel de recherche et de développement énergétiques (GRDE).



---

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION . . . . .	1
CADRE CONCEPTUEL . . . . .	2
Vue d'ensemble . . . . .	2
Carbone des sources fossiles . . . . .	4
Limites spatiales et temporelles . . . . .	4
Secteur des forêts . . . . .	4
CADRE ANALYTIQUE . . . . .	5
Critères de conception . . . . .	6
Aperçu du modèle . . . . .	6
Module de conversion de fichiers . . . . .	6
Module de création des tables . . . . .	6
Module d'intégration principal . . . . .	8
Module du secteur des produits forestiers . . . . .	8
Module générateur de rapports . . . . .	8
Dynamique temporelle et spatiale du modèle . . . . .	8
DESCRIPTION DU MODÈLE . . . . .	9
Inventaire de la biomasse . . . . .	9
Statistiques sur la superficie dans le modèle du bilan du carbone . . . . .	11
Inventaire des tourbières . . . . .	12
Dynamique du carbone de la biomasse . . . . .	14
Définition des classes de maturité . . . . .	15
Transformation des valeurs de la biomasse en valeurs de carbone . . . . .	17
Courbes d'accumulation du carbone de la biomasse . . . . .	17
Répartition de la superficie par classe de maturité . . . . .	17
Perturbations . . . . .	20
Superficie touchée chaque année par les perturbations . . . . .	20
Perturbations dans les unités spatiales . . . . .	21
Matrices de perturbation . . . . .	21
Module des sols . . . . .	22
Réservoirs du sol . . . . .	22
Taux de décomposition . . . . .	26
Enrichissement des réservoirs de carbone du sol . . . . .	29
Exemple du comportement du sous-modèle des sols . . . . .	32
Sous-modèle du secteur des produits forestiers . . . . .	34
Sources des données . . . . .	37
Produits forestiers . . . . .	37
Décharges . . . . .	39
État initial des réservoirs des produits forestiers . . . . .	39
Hypothèses additionnelles . . . . .	40
Calcul du bilan du carbone . . . . .	40

RÉSULTATS ET DISCUSSION . . . . .	41
Réservoirs de carbone . . . . .	42
Carbomasse du sol et de la biomasse . . . . .	42
Inventaire de la teneur totale en carbone de la biomasse, du sol, des produit forestiers et des tourbières . . . . .	42
Le bilan du carbone du secteur des forêts du Canada . . . . .	46
Biomasse forestière . . . . .	47
Sols forestiers . . . . .	50
Produits forestiers . . . . .	50
Tourbières . . . . .	51
Évolution des réservoirs de carbone, par unité de surface . . . . .	51
Analyse de sensibilité : données sur la biomasse . . . . .	51
Analyse de sensibilité : répartition du carbone de la biomasse (rapport système racinaire/système foliacé) . . . . .	54
Analyse de sensibilité : superficie incendiée annuellement . . . . .	54
Analyse de sensibilité : hypothèses sur l'origine du peuplement . . . . .	55
Analyse de sensibilité : modification des transferts de carbone vers le réservoir du sol à cycle long . . . . .	56
Discussion . . . . .	57
 BESOINS DE RECHERCHE . . . . .	 59
Biomasse . . . . .	59
Sols et tourbières . . . . .	60
Perturbations . . . . .	61
Secteur des produits forestiers . . . . .	61
Consommation d'énergie . . . . .	62
Validation et vérification . . . . .	62
Impacts des changements climatiques . . . . .	62
Politique forestière . . . . .	62
 REMERCIEMENT . . . . .	 63
 OUVRAGES CITÉS . . . . .	 63

---

## ANNEXES

1. Liste des participants à l'atelier . . . . .	67
2. Superficie des tourbières, estimations de l'accumulation nette de carbone et rejet de méthane . . . . .	68
3. Rapports entre les classes de maturité et les classes d'âge dans le modèle du bilan du carbone . . . . .	71

4. Sources des données sur les régimes de perturbation utilisées dans le modèle du bilan du carbone . . . . .	75
5. Matrices de perturbation pour les 5 types de perturbation . . . . .	81
6. Valeurs des paramètres du sous-modèle du secteur des produits forestiers et paramètres de coupe historiques du modèle du bilan du carbone . . . . .	87
7. Estimation de la superficie touchée par les 5 types de perturbation par compétence administrative et province écoclimatique . . . . .	101

---

## FIGURES

1. Modèle conceptuel du bilan du carbone dans le secteur des forêts du Canada . . . . .	3
2. Organigramme simplifié du modèle du bilan du carbone présentant les 5 principaux modules de programmation et les principaux fichiers . . . . .	7
3. Régions écoclimatiques du Canada . . . . .	10
4. Données sur la superficie des terres tirées de l'inventaire national de la biomasse et ventilées par province écoclimatique, telles qu'utilisées dans le modèle du bilan du carbone . . . . .	14
5. Exemple de la distribution de la superficie, par classes d'âge de 20 ans, pour chacune des 4 classes de maturité de l'inventaire des forêts de 1986, selon la répartition du modèle . . . . .	15
6. Courbes d'accumulation nette du carbone qui démontrent les règles de base utilisées pour leur établissement à partir des points de données sur la biomasse . . . . .	18
7. Exemple d'une courbe d'accumulation nette de la biomasse tirée des données sur la biomasse de 4 classes de maturité; dans chaque classe de maturité, on suppose que la superficie est répartie également . . . . .	19
8. Flux de carbone tel que représenté dans le sous-modèle des sols . . . . .	24
9. Paramètre du taux de décomposition minimal des réservoirs du sol à cycle court et moyen établi en fonction de la température annuelle moyenne . . . . .	27
10. Taux de décomposition en fonction du développement du peuplement, décrit par le rapport biomasse du peuplement/biomasse potentielle maximale . . . . .	29

11. Exemple de la dynamique du carbone du sol et de la biomasse simulée par le modèle du bilan du carbone . . . . .	33
12. Aperçu des transformations industrielles figurant dans le modèle du secteur des produits forestiers . . . . .	35
13. Aperçu du devenir du carbone dans les produits forestiers et les décharges . . . . .	35
14. Courbes de rétention du carbone de 3 catégories de produits forestiers (bois de construction, autres types de bois d'œuvre et produits de pâtes et papiers) et des produits forestiers éliminés dans des décharges . . . . .	36
15. Carbone des réservoirs du sol et de la biomasse, dans chacune des 11 provinces écoclimatiques, et moyenne nationale . . . . .	43
16. Carbone totale des réservoirs de la biomasse et du sol (en haut) et des réservoirs de la biomasse et des produits forestiers (en bas) . . . . .	44
17. Quantité de carbone présente dans les 4 réservoirs des produits forestiers, dans chacune des 40 classes d'âge . . . . .	47
18. Changement net, par année, dans chacun des 4 réservoirs de carbone du secteur des forêts pour l'année de référence 1986 . . . . .	48
19. Changement net, par hectare, par année, dans chacun des 3 réservoirs de carbone du secteur des forêts (à l'exclusion des tourbières), pour l'année de référence 1986 . . . . .	52
20. Dynamique du réservoir de carbone du sol à cycle long lors du passage- machine standard et de l'analyse de sensibilité . . . . .	57

---

## TABLEAUX

1. Classifieurs utilisés dans le modèle du bilan du carbone . . . . .	11
2. Les 8 composantes de la portion épigée de la biomasse qui forment la base de données sur la biomasse retenue pour le modèle . . . . .	12
3. Superficie couverte par le modèle du bilan du carbone et sa répartition par classe de productivité et catégorie de terre (milliers d'hectares) . . . . .	13
4. Exemple des rapports entre les définitions des classes d'âge et des classes de maturité . . . . .	16

5. Exemple d'une matrice de perturbation simulant l'impact des incendies sur le transfert de carbone entre les sources (rangées) et les puits (colonnes) . . . . .	23
6. Les valeurs d'initialisation du réservoir de carbone du sol à cycle long sont les teneurs moyennes du sol en carbone du sol dans les 11 provinces écoclimatiques . . . . .	26
7. Paramètres des taux de décomposition des réservoirs de carbone du sol à cycle court et moyen . . . . .	28
8. Paramètres de l'enrichissement annuel maximal des réservoirs de carbone du sol à cycle court et moyen . . . . .	31
9. Inventaire de la carbomasse du secteur des forêts du Canada (Mt de C) . . . . .	45
10. Bilan du carbone du secteur des forêts du Canada pour 1986 (Mt de C) . . . . .	49
11. Résultats de l'analyse de sensibilité de l'inventaire et du bilan du carbone du secteur des forêts du Canada lors du passage-machine standard du modèle et de 5 autres passages-machine (les résultats sont exprimés en unités de carbone et en pourcentage de changement par rapport au passage-machine standard) . . . . .	53

**NOTE**

*L'exclusion du nom de certains produits manufacturés ne signifie pas nécessairement que Forêts Canada les désapprouve, pas plus que la mention d'autres produits ne constitue une approbation de sa part.*



Les concentrations de gaz à effet de serre, c'est-à-dire ayant la propriété d'emprisonner la chaleur, comme le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ), ne cessent d'augmenter dans l'atmosphère terrestre (Gammon et collab., 1985; Keeling et collab., 1982). Les augmentations de  $\text{CO}_2$  et d'autres gaz agissant sur le rayonnement devraient entraîner un accroissement de 1,5 à 4,5°C de la température planétaire moyenne en surface au cours de la première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle (Hansen et collab., 1988; Schlesinger et Mitchell, 1985). À l'heure actuelle, l'augmentation nette de carbone (C) dans l'atmosphère est de l'ordre de  $3 \times 10^{15}$  g par année. Les deux principales sources anthropiques de C sont l'utilisation de combustibles fossiles (environ  $5 \times 10^{15}$  g de C) (Rotty et Marland, 1986) et la déforestation liée aux changements d'affectation des terres ( $1,8 \times 10^{15}$  g de C) (Houghton, 1986; Houghton et collab., 1983).

Les forêts et les activités du secteur forestier jouent un rôle intégral dans la dynamique à court terme (moins de 100 ans) du cycle mondial du C. Par la photosynthèse, les forêts absorbent le  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère terrestre et en emmagasinent une certaine partie pour des décennies ou même des siècles. La décomposition de la matière organique morte, les incendies de forêt et les autres perturbations rejettent du C dans l'atmosphère. L'exploitation forestière transfère le C de la biomasse des écosystèmes forestiers au secteur des produits forestiers qui transforme la matière ligneuse récoltée en bois de construction, en produits de pâtes et papiers ou en énergie. Chacune de ces formes d'utilisation finale présente un profil différent de rétention du C qui se traduit par des vitesses différentes de rejet du C dans l'atmosphère. Le flux net de C entre le secteur des forêts et l'atmosphère détermine si les forêts et les activités du secteur forestier sont parties intégrantes du problème, ou de la solution, pour ce qui est du changement de la concentration atmosphérique de  $\text{CO}_2$ .

Les forêts peuvent contribuer à accroître le  $\text{CO}_2$  atmosphérique car la déforestation et les changements d'affectation des terres peuvent libérer dans l'atmosphère des quantités importantes de C. Il existe toutefois des moyens qui permettent aux forêts de contribuer à freiner le rythme d'augmentation du  $\text{CO}_2$  atmosphérique. Ainsi, la création de forêts à grande échelle accroît la superficie terrestre qui séquestre activement le C. Le rôle des biocombustibles est moins évident. Le remplacement des combustibles fossiles

par des biocombustibles comme sources d'énergie réduit l'apport en C fossile dans l'atmosphère; aussi longtemps que nous pourrions assurer le renouvellement de la forêt (ou d'un autre type de végétation) productrice de biocombustibles, l'utilisation de ces derniers pour la production d'énergie sera durable. La diminution de l'utilisation du C fossile fait diminuer le rythme auquel le C fossile inactif se joint au cycle biosphérique actif du carbone.

Le Canada est un pays de forêts et l'un des plus grands de la planète. Le bilan net des flux de C entre le secteur des forêts du Canada et l'atmosphère pourrait donc avoir une grande importance sur le cycle mondial du carbone. L'intérêt soulevé par la quantification de l'apport du secteur des forêts canadien au bilan mondial du C a donné naissance à la présente étude qui comporte 3 phases. Le présent rapport porte sur les résultats de la première : il aborde la question du statu quo et crée des outils pour d'autres analyses. Les deuxième et troisième phases de l'étude se pencheront sur l'impact du changement climatique, la réaction des écosystèmes forestiers du pays et l'incidence de divers plans d'action sur le bilan du C du secteur des forêts.

La première phase avait comme objectifs :

1. d'élaborer un cadre théorique du bilan du carbone des forêts et du secteur des produits forestiers du Canada, qui englobe le rôle de la production de bioénergie;
2. de calculer, à partir des meilleures données disponibles, le bilan annuel net du C du secteur canadien des forêts et d'évaluer les incertitudes liées à cette estimation;
3. de préciser les hypothèses formulées à l'égard de ce bilan; et
4. d'identifier les principales lacunes et faiblesses des données disponibles.

L'importance d'un cadre théorique global a été reconnue dès le départ. Une approche éprouvée (Holling, 1979) a été utilisée pour rassembler les scientifiques et les experts dans un certain nombre de disciplines pertinentes lors de l'atelier destiné à examiner et à modifier un modèle conceptuel préliminaire ainsi qu'à identifier les données et l'information exigées par ce modèle (voir annexe I).

Les pages 2 à 41 décrivent en détail le cadre conceptuel, le cadre analytique et le modèle du bilan du C. Les pages 41 à 58 présentent et examinent les résultats de plusieurs analyses de la sensibilité du modèle effectuées par ordinateur; un résumé des besoins futurs de recherche vient ensuite. Les annexes du rapport présentent de nombreuses données de base compilées pour l'élaboration du modèle du bilan du C.

Le présent rapport décrit la modélisation d'un pas de temps annuel unique, soit l'année de référence

1986, effectuée dans le cadre de la phase I. Cette année de référence a été retenue car les statistiques sur les perturbations y représentaient une moyenne pour la période de 1980 à 1989. Il convient toutefois de noter que les résultats dont nous faisons état ne devraient pas être extrapolés au-delà de ce pas de temps en raison des effets des variations inter-années connues et d'éventuelles tendances à plus long terme. Le cadre de modélisation est actuellement élargi afin de mieux aborder la dynamique temporelle du bilan du C.

---

## CADRE CONCEPTUEL

### Vue d'ensemble

Le cadre conceptuel a pour objectif de prendre en compte tous les principaux réservoirs de C, leurs voies d'échange, leurs sources et leurs puits, ainsi que de définir les limites du système. Il donne un aperçu de notre compréhension théorique de la dynamique du C dans les forêts et le secteur forestier du Canada.

Le modèle conceptuel ou théorique du bilan du C du secteur des forêts du Canada identifie 2 réservoirs principaux de C : les écosystèmes forestiers et le secteur des produits forestiers (figure 1). Les écosystèmes forestiers comprennent eux-mêmes 2 réservoirs de C : la biomasse et les sols. Le C de la biomasse est constitué de l'ensemble de la biomasse vivante formée par les arbres et la végétation (biomasse sur pied); le C du sol englobe celui qui est présent dans les détritiques, la couverture morte, les gros débris ligneux et la matière organique du sol. Le secteur des produits forestiers inclut le C provenant de la biomasse des arbres récoltés au Canada, laquelle peut avoir subi plusieurs transformations.

Le carbone présent dans la biomasse destinée à la production de bioénergie est identifié comme un réservoir distinct de C à court terme (biocombustible), distinct du reste en raison de son importance potentielle comme source d'énergie de remplacement du C fossile. De même, il faudra en tenir compte dans le secteur des produits forestiers.

Les écosystèmes forestiers séquestrent le C par photosynthèse. Le carbone est rejeté dans l'atmosphère par la décomposition microbienne, la respiration et les incendies. En l'absence de perturbations, l'équilibre entre la photosynthèse nette et la décomposition

détermine la vitesse d'accumulation nette du C dans l'écosystème, qui est calculée comme la somme des changements nets survenant dans les réservoirs de C de la biomasse et du sol (y compris les détritiques).

Les perturbations comme le feu, la récolte ou les ravageurs affectent la teneur en C des composantes des peuplements, tant durant la perturbation même que pendant une certaine période ultérieure. Ainsi, le feu transfère du C de la biomasse aux réservoirs du sol et rejette rapidement une certaine quantité de C de l'écosystème dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>, de monoxyde de carbone (CO), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'hydrocarbures non méthaniques (HCNM) et de matières particulaires. La récolte élimine une partie du C de la biomasse de l'écosystème forestier et la transfère au secteur des produits forestiers. Elle entraîne également la migration d'une certaine quantité de C de la biomasse (résidus et bois de rebut) vers la composante détritique des réservoirs de C du sol. L'impact des insectes et des maladies sur le bilan du C des écosystèmes forestiers dépend du type d'agent et de la gravité des dégâts. Les dégâts faibles ou modérés peuvent simplement réduire le taux d'accumulation du C, tandis que des dommages plus graves ou répétés peuvent entraîner un rejet net de C par l'écosystème en raison de la mortalité des arbres et de leur décomposition ultérieure. La respiration des insectes peut également libérer de faibles quantités de C directement dans l'atmosphère.

Les perturbations peuvent également influencer le développement du peuplement et ramener l'écosystème à un stade antérieur de succession. Elles affectent à la fois le taux futur d'absorption de C par la végétation en voie de rétablissement ou de recolonisation et le taux de libération de C par les réservoirs en décomposition qui restent après les perturbations. Le

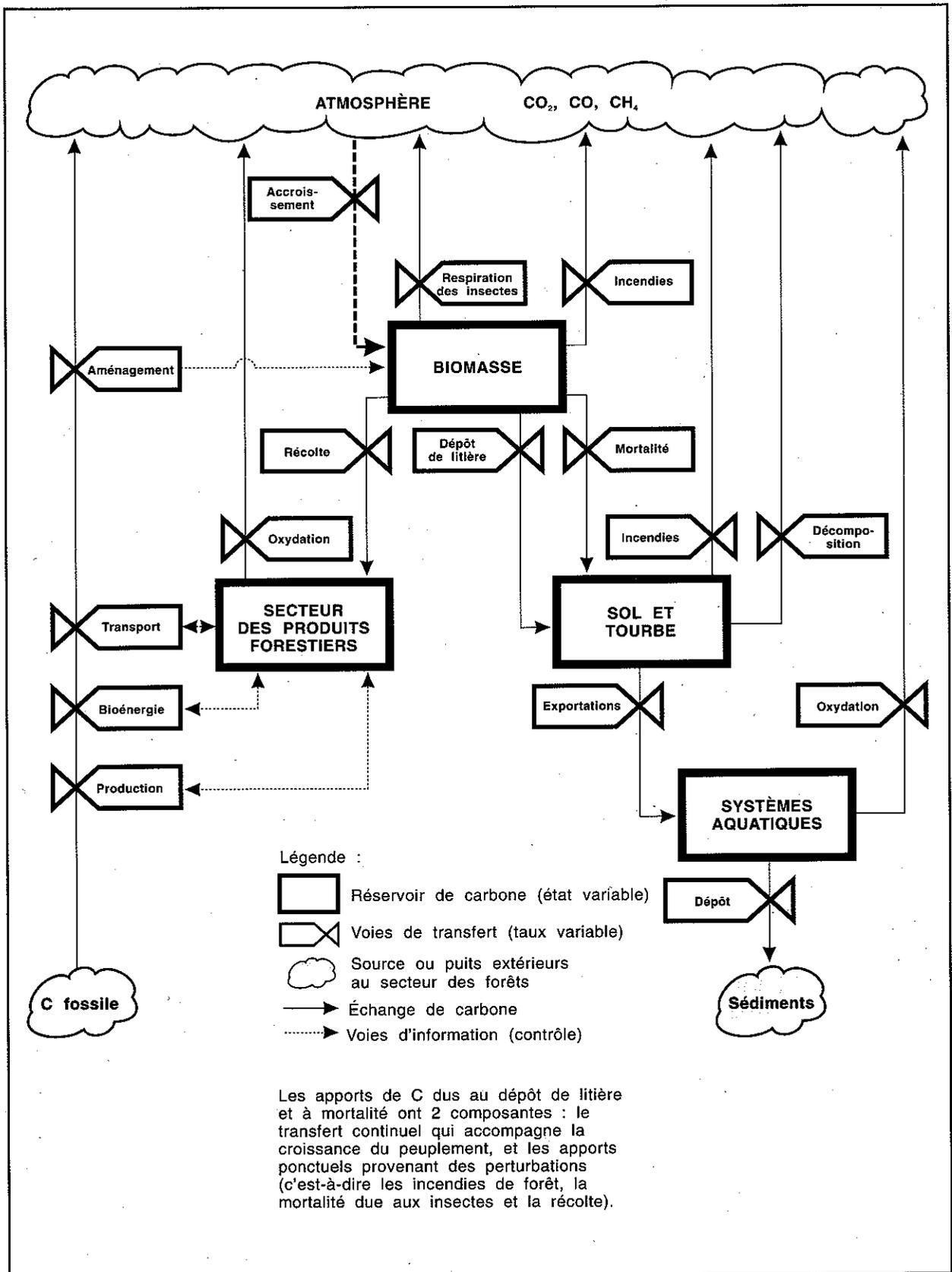


Figure 1. Modèle conceptuel du bilan du carbone dans le secteur des forêts du Canada.

changement net du C de l'écosystème à la suite d'une perturbation dépend de nombreux facteurs, y compris le type et l'intensité de la perturbation, la quantité de C dans les principaux réservoirs avant et après la perturbation et le rythme de rétablissement de l'écosystème.

Le modèle conceptuel (figure 1) identifie également un cheminement en milieu aquatique et un puits potentiel dans les sédiments. Le ruissellement provenant des écosystèmes forestiers peut également entraîner du C sous forme de solution ou de particules en suspension. Même si le taux annuel de C éliminé par cette voie n'est peut-être pas élevé, une certaine quantité peut se déposer dans des puits à long terme comme dans des sédiments lacustres ou marins.

Les apports au secteur des produits forestiers proviennent de la récolte de la biomasse forestière et de son extraction des écosystèmes forestiers. Cette biomasse est transformée en une multitude de produits différents. Les rejets de carbone dans l'atmosphère se produisent à différentes étapes de la production et les produits finis contiennent des fractions variables du C prélevé à l'origine dans la forêt. La persistance du C dans un produit forestier dépend des caractéristiques et de l'utilisation finale de ce produit. Ainsi, le C présent dans le papier journal peut être rejeté dans l'atmosphère quelques mois après sa production, mais, si le papier journal est enfoui dans une décharge, une certaine fraction du C peut persister pendant très longtemps. De même, le C présent dans le bois de construction peut y rester pendant de nombreuses décennies.

## **Carbone des sources fossiles**

De nombreux procédés du secteur des forêts du Canada font appel à des sources de C fossile que le modèle conceptuel appelle sources secondaires de C et qui peuvent devenir un facteur important dans l'évaluation des méthodes et des stratégies possibles de gestion du C. La plantation d'arbres, les activités sylvicoles, l'extinction des incendies, la répression des insectes et des maladies, et l'exploitation forestière entraînent l'utilisation de sources d'énergie qui rejettent du C dans l'atmosphère. De même, la production d'engrais azotés exige des apports d'énergie considérables dont il faut tenir compte si l'accroissement du potentiel de stockage du C est le but visé. Le transport du bois récolté et de nombreux autres procédés utilisés par le secteur des produits forestiers consomment également de l'énergie fossile.

Le modèle conceptuel présenté dans ce rapport englobe ces sources secondaires de C. Le cadre analytique utilise les données et la structure d'analyse appropriées pour aborder les enjeux énergétiques du secteur forestier. Les données d'étalonnage des sources secondaires de C et celles de la consommation d'énergie dans le secteur forestier, qui ont été abordées dans une étude distincte, feront partie des prochaines versions du modèle du bilan du C.

## **Limites spatiales et temporelles**

La première phase du processus d'établissement du bilan du C met l'accent sur l'évaluation de la forêt canadienne existante ainsi que des conditions climatiques et des régimes sylvicoles qui y prévalent actuellement. La structure d'analyse a été utilisée pour obtenir une estimation du bilan net de C des forêts canadiennes et des activités du secteur forestier pour l'année de référence 1986. La principale base de données qui nous a permis d'y arriver est le Système de données sur les ressources forestières du Canada (SDRFC) de Forêts Canada (Bonnor, 1985; Forêts Canada, 1988; Gray et Nietmann, 1989) où sont stockées les données sur la biomasse, nécessaires à la présente étude, couvrant la presque totalité des terres forestières du Canada (Bonnor, 1985) (voir la page 9 pour une description détaillée).

Au cours de la prochaine phase, le cadre analytique sera élargi afin de permettre des simulations sur un horizon prévisionnel de 100 ans. Cet horizon a été choisi parce qu'il correspond à l'âge d'exploitabilité de bon nombre des forêts du Canada. De plus, c'est l'horizon de planification qu'exigent les grandes décisions d'orientation en réaction aux changements climatiques à grande échelle prévus à la suite de l'intensification de l'effet de serre.

## **Secteur des forêts**

Aux fins du présent bilan du C, les hypothèses suivantes à l'égard de l'importance des forêts canadiennes et des activités du secteur forestier ont été formulées.

**Affectations des terres :** Toutes les terres prises en compte dans l'inventaire de la biomasse forestière du Canada (Bonnor, 1985) ont été incluses dans le modèle du bilan du C. Ce dernier devra tenir compte de tout changement d'affectation des terres — comme la conversion de forêts en zones urbaines ou le

reboisement de terres agricoles marginales — lors d'analyses futures. L'analyse de la dynamique du C pour l'année 1986 ne prend pas en compte ces changements d'affectation des terres.

**Tourbières :** Certaines forêts du Canada peuvent croître dans des régions classées comme des tourbières (tourbe de plus de 50 cm d'épaisseur), mais seules certaines tourbières sont boisées. L'inventaire de la biomasse forestière du Canada ne comporte aucun classifieur identifiant les tourbières et l'inventaire des tourbières du Canada (Groupe national de travail sur les terres humides, 1986) ne comporte aucune référence spatiale à la base de données du SDRFC. Par conséquent, il est certain que les superficies couvertes par les deux inventaires se chevauchent quelque peu, mais dans une mesure inconnue. Le modèle actuel du bilan du C ne tient pas compte de ce chevauchement et considère séparément l'accumulation de tourbe, la biomasse forestière et la dynamique du C du sol.

**Infiltration du carbone dans le système aquatique :** Même si les rapports récents (Kling et collab., 1991) révèlent que cette voie de pénétration peut être importante, l'insuffisance de données quantitatives a empêché que des estimations de cet apport soient faites lors de la première phase du modèle. La structure d'analyse est présente dans le modèle de la phase I, mais exige des données d'étalonnage. Il est à noter que le bilan présenté à la phase I peut être touché 1) s'il existe un réservoir important (par exemple, des sédiments) associé à la voie de transformation en milieu aquatique et 2) si ce réservoir a subi des

changements importants provoqués par la perturbation des écosystèmes forestiers.

**Secteur des produits forestiers :** Aux fins du bilan du C, il est nécessaire de suivre tout le cycle de vie des produits ligneux, à partir du moment où l'arbre est abattu et extrait du parterre de coupe jusqu'à ce que le C qu'il contient soit rejeté dans l'atmosphère, ou stocké en permanence de toute autre façon.

**Commerce des produits forestiers :** L'industrie des produits forestiers du Canada met fortement l'accent sur les exportations. En 1987, le Canada a exporté 41,7 millions de mètres cubes de bois et n'en a importé que 1,6 million (Forêts Canada, 1989). Pour s'assurer que le C soit comptabilisé systématiquement, tous les produits forestiers provenant de bois récoltés au Canada sont considérés comme faisant partie du secteur forestier canadien, peu importe l'endroit de leur utilisation finale. Les produits forestiers fabriqués à partir de biomasse provenant de l'extérieur du Canada ne sont pas considérés comme faisant partie du secteur forestier canadien et ne sont pas inclus au bilan. Tous les produits forestiers qui font partie du secteur des forêts du Canada se sont vus attribuer des profils de rétention du C sans que rien ne soit tenté pour prendre en compte les différences possibles d'utilisation finale d'un produit d'une région géographique à l'autre. Cette approche permet de garantir que le cheminement de tout le C séquestré dans les forêts canadiennes est suivi jusqu'à son rejet dans l'atmosphère.

---

## CADRE ANALYTIQUE

### Critères de conception

Pour construire le modèle du bilan du C, on a défini une série d'objectifs, de plus en plus larges, en tenant compte des politiques en vigueur. L'objectif de la première phase de l'étude était d'obtenir une évaluation quantitative de l'échange actuel net de C entre le secteur des forêts du Canada et l'atmosphère de la planète. Au cours des phases ultérieures, les incidences éventuelles d'un changement climatique mondial et des décisions en matière d'aménagement forestier sur le bilan de C seront explorées. Lors de l'élaboration du cadre analytique, on a tenu compte des besoins futurs du modèle, tels qu'exigés par les objectifs des phases ultérieures de l'étude.

Les projets de recherche menés un peu partout dans le monde se penchent sur des questions relatives au changement climatique à l'échelle de la planète et il est prévu que notre compréhension scientifique des phénomènes en cause croîtra dans un avenir prévisible. Le modèle du bilan du C a donc été conçu comme une série de composantes qui font appel aux meilleures données et connaissances disponibles. Si les données s'améliorent, si les modèles scientifiques évoluent ou si d'autres hypothèses scientifiques sont proposées, il suffira de modifier certaines composantes du modèle pour tenir compte des nouvelles données.

De plus, toutes les données utilisées dans le modèle proviennent de fichiers de données externes. Les

analyses de sensibilité servant à explorer les incertitudes scientifiques à l'égard des données; des algorithmes du modèle et des scénarios des conditions futures s'en trouvent facilités.

Le modèle de la phase I a été mis en œuvre sur un micro-ordinateur afin de tirer profit d'interfaces utilisateurs sophistiqués et de compilateurs de langages de programmation. Cette décision a imposé un certain nombre de contraintes de structuration des données, notamment en matière de gestion de la mémoire. L'inventaire de la biomasse forestière du Canada, l'une des principales sources de données, est stocké dans un ordinateur central à forte capacité de stockage. Les données d'inventaire ont donc dû être regroupées avant d'être transférées au micro-ordinateur.

## Aperçu du modèle

Le point de départ du modèle du bilan du C est l'inventaire de la biomasse forestière du Canada. Cet inventaire est considéré comme ayant les meilleures données disponibles, pour l'ensemble du territoire canadien, sur les réservoirs de la portion épigée de la biomasse sur pied et leur dynamique. Les données sur les perturbations (comme le feu, les insectes et la récolte) proviennent de bases de données provinciales et fédérales. Un module distinct qui présente des données sur les activités actuelles et antérieures d'exploitation forestière est consacré au secteur des produits forestiers.

Le modèle du bilan du C se compose de 5 modules informatiques principaux (figure 2). Ces 5 modules doivent être exécutés séquentiellement puisque les 4 premiers préparent les fichiers et les résultats qu'utilise le dernier programme pour produire des tables de résultats et des états récapitulatifs. La figure 2 mentionne en 3 endroits des fichiers de «données auxiliaires». Chaque mention représente plusieurs autres sources de données trop complexes pour être représentées en un seul diagramme.

Plusieurs autres programmes auxiliaires ont été élaborés pour produire des fichiers qui soient compatibles, au niveau interne, avec les besoins du modèle. Aucun de ces programmes ne modifie les données d'entrée de base, à part la conversion dans le format requis par le modèle.

## Module de conversion de fichiers

Le SDRFC de l'Institut forestier national de Petawawa (IFNP) a fourni les données d'inventaire de

base sur la biomasse pour chacune des 12 provinces et territoires. Ces données ont été extraites de l'Inventaire de la biomasse forestière du Canada de Bonnor (1985), après regroupement des unités spatiales et de certains des classificateurs présents dans l'inventaire (voir page 9). Le premier module du modèle convertit les fichiers de données du SDRFC en format binaire et produit un fichier en-tête contenant une liste de toutes les catégories de classificateurs présentes dans les différents fichiers de données. Dans ce premier module, les données sont simplement regroupées et reformatées en fonction des besoins des analyses ultérieures.

## Module de création des tables

La dynamique du C dans les réservoirs de la biomasse et du sol des écosystèmes forestiers est représentée par une série de tables à consulter, produites par le second module avant que ne soit exécuté le programme du module principal d'intégration du C. Ce deuxième module comprend presque toutes les hypothèses scientifiques relatives à la dynamique du C dans l'écosystème, c'est-à-dire dans les réservoirs de la biomasse et du sol. Les écosystèmes forestiers de chaque entités spatiale du modèle sont ventilés selon plusieurs classificateurs (par exemple, le type forestier et la classe de productivité). Les tables à consulter correspondent aux combinaisons possibles de ces classificateurs et contiennent des données décrivant la dynamique du C de la biomasse et du sol pour toute la gamme d'âge des peuplements que l'on rencontre généralement au Canada. Les données sur la dynamique du C ne sont produites que pour les combinaisons de classificateurs qui contiennent également des données dans l'inventaire de la biomasse. Toutes les autres sont censées ne contenir aucun C et n'ont donc, par conséquent, aucune influence sur le bilan du C.

Ce module produit 5 tables à consulter. La première présente la superficie de chaque combinaison de classificateurs et sa répartition par classes d'âge de 5 ans. La dynamique du C du sol et de la biomasse est représentée par 2 tables chacune : l'une présente la carbomasse du réservoir et la deuxième décrit le taux annuel de changement du réservoir. Les pages 9 à 41 décrivent en détail comment les tables sont produites et structurées.

Ce module effectue également la conversion des unités de mesure de la biomasse et du sol en tonnes de C par hectare. Tous les autres modules qui suivent utilisent ces unités de mesure du C.

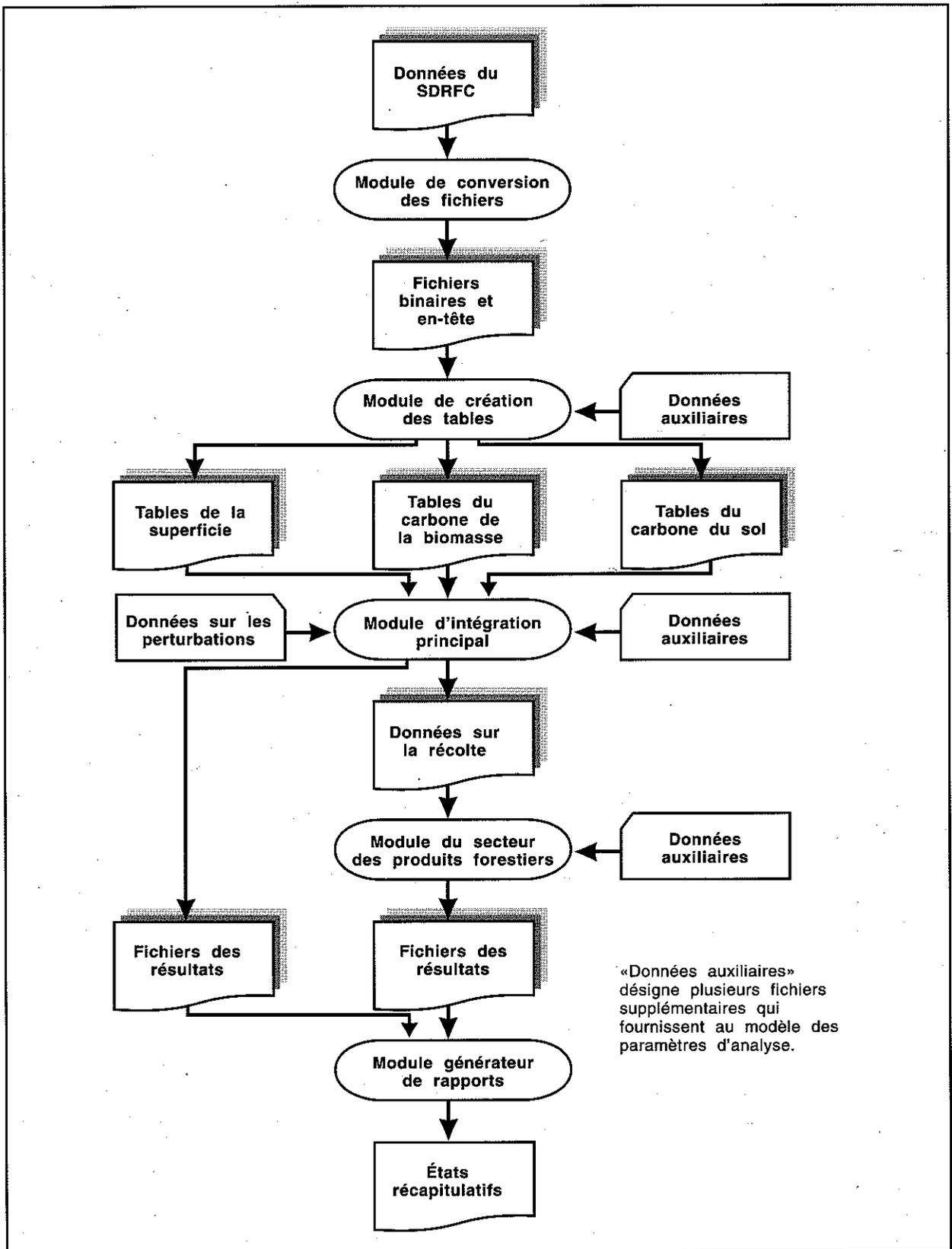


Figure 2. Organigramme simplifié du modèle du bilan du carbone présentant les 5 principaux modules de programmation et les principaux fichiers.

## **Module d'intégration principal**

Le troisième module intègre toutes les données disponibles sur la dynamique du C de la biomasse et du sol et sur les répercussions des perturbations annuelles. Les types de perturbation figurant actuellement dans le modèle sont les incendies de forêt, la mortalité due aux insectes, les coupes à blanc, les coupes à blanc avec brûlage de rémanents et les coupes partielles. Ce module applique les perturbations annuelles des 5 types susmentionnés aux superficies touchées, prenant ainsi en compte les flux de C associés à ces perturbations. La page 20 explique en détail les données utilisées pour les perturbations et la façon dont elles ont été traitées.

Le module d'intégration principal produit 2 types de fichiers : l'un quantifie le C qui, en raison des récoltes, est transféré des écosystèmes forestiers au secteur des produits forestiers, et l'autre fournit des statistiques pour le bilan de chaque unité spatiale et pour un grand nombre de variables, comme le changement net du C dans chaque réservoir de la biomasse et du sol.

## **Module du secteur des produits forestiers**

Le module du secteur des produits forestiers reçoit ses intrants du troisième module. Il fait également appel à plusieurs autres fichiers contenant des données historiques sur la récolte et à d'autres paramètres nécessaires pour quantifier les flux de C dans le secteur des produits forestiers. Ce module produit et tient à jour un inventaire des produits forestiers issus des activités de récolte. Chaque type de produit a une courbe caractéristique de rétention du C qui sert à simuler la libération de C par le réservoir des produits forestiers. La quantité d'énergie nécessaire à la production de produits forestiers et la source de cette énergie (comme les combustibles fossiles, la bioénergie, l'hydroélectricité et la fission nucléaire) peuvent être prises en compte par le module du secteur des produits forestiers. Lors de la prochaine phase de cette étude, on collectera des données afin d'étalonner les paramètres de la consommation et des besoins d'énergie.

Le module du secteur des produits forestiers réserve également à la production de bioénergie une proportion, déterminée par l'utilisateur, de la matière ligneuse récoltée. Le rejet de C par l'utilisation de bio-combustibles est pris en compte, mais le modèle de la

phase I ne calcule pas le remplacement de l'énergie fossile par la bioénergie. Cette démarche devrait être réalisée au cours de la prochaine phase de l'étude.

## **Module générateur de rapports**

Le dernier module de modélisation du bilan du C fait appel aux fichiers produits par le module d'intégration principal et celui du secteur des produits forestiers pour produire des états récapitulatifs. Ce module permet également d'apporter des modifications au format de ces états, aux variables à traiter et à la ventilation des résultats.

## **Dynamique temporelle et spatiale du modèle**

Le bilan du C de la première phase de l'étude a été élaboré afin d'évaluer l'échange annuel net actuel de C entre le secteur des forêts du Canada et l'atmosphère. Même si la structure d'ensemble du modèle a été conçue et mise en œuvre en vue d'une modélisation dynamique, une seule année (1986) est expressément modélisée lors de la première phase de l'étude dont nous faisons état. Toutefois, pendant cette année-là, une quantité donnée de C a été absorbée ou rejetée dans l'atmosphère par des écosystèmes forestiers à différents stades de développement, et du C, récolté de 1947 à 1986, a été libéré dans l'atmosphère par le réservoir de produits forestiers.

Le modèle identifie explicitement 41 entités spatiales qui proviennent de la superposition des limites provinciales et territoriales et des limites des provinces écoclimatiques (voir page 10). Les entités spatiales sont abstraites sur le plan géographique en ce sens que les emplacements réels et la disposition spatiale n'ont aucune incidence sur la phase I de la modélisation du bilan du C. Les valeurs de certains paramètres (comme la température annuelle moyenne) dépendent toutefois de la province écoclimatique qui fait l'objet d'une simulation et sont des attributs de chaque unité spatiale. Le modèle du bilan du C étant indépendant dans l'espace, il pourrait être facilement appliqué à toute autre entité, comme une région forestière, un bassin hydrographique ou un pays différent. L'aptitude à simuler la dynamique du C à des échelles spatiales variées pourrait servir à valider le modèle — par exemple, en comparant les résultats du modèle avec les données existantes sur un écosystème forestier donné.

### Inventaire de la biomasse

L'inventaire de la biomasse forestière du Canada, une base nationale de données, a été compilé à partir des données d'inventaire des provinces et des territoires (Bonnor, 1985). Il contient les données cartographiques de près de 50 000 quadrilatères de superficie variable. Chaque cellule comprend un ensemble de classificateurs (notamment la catégorie de terre, le type forestier, la classe de maturité, etc.) et une série d'attributs (y compris la superficie des terrains forestiers, la biomasse forestière, etc.). Un quadrilatère comporte environ 15 enregistrements qui identifient à des peuplements forestiers par une combinaison unique de classificateurs.

L'échelle de résolution spatiale de l'inventaire national est beaucoup trop détaillée pour une modélisation nationale du bilan du C. Il a donc été décidé de regrouper les données de l'inventaire national par région écoclimatique (Groupe de travail sur les écorégions, 1989). Cette classification identifie de grands types de végétation et a déjà été utilisée dans le cadre d'études canadiennes sur les réactions éventuelles de la végétation à des scénarios de changement climatique prévoyant un doublement du CO<sub>2</sub><sup>1</sup> (Rizzo et Wiken, 1989; Zoltai, 1988). La figure 3 montre la carte des régions écoclimatiques du Canada (Groupe de travail sur les écorégions, 1989) et identifie les 10 provinces écoclimatiques du Canada. Les régions écoclimatiques du Canada sont caractérisées par une écologie particulière en réponse au climat, lequel influe d'abord sur la végétation qui à son tour détermine les sols, la faune et l'eau (Groupe de travail sur les écorégions, 1989).

Aux fins de la présente étude, la province écoclimatique boréale a été divisée en composantes est et ouest le long de la frontière Ontario-Manitoba, à peu près à l'endroit où la région écoclimatique boréale sub-humide (ouest) se démarque de la région humide (est). Le personnel de l'IFNP de Forêts Canada a numérisé les cartes des régions écoclimatiques, a dessiné un nouveau transparent avec l'inventaire de la biomasse forestière du Canada et a assigné le code de province écoclimatique correspondant à chacun des quadrilatères. Un sommaire de la base de données ainsi obtenue a été dressé, les plus petites unités spatiales explicites étant les provinces écoclimatiques présentes

dans les provinces et territoires du pays. La nouvelle base de données comporte 41 unités spatiales, chacune ayant une combinaison unique de codes décrivant la compétence provinciale et la province écoclimatique.

L'inventaire de la biomasse du Canada a recours à 13 classificateurs (Bonnor, 1985). Une fois les 50 000 quadrilatères de l'inventaire regroupés en 41 unités spatiales, le nombre de classificateurs est passé de 13 à 6, ce qui élimine des données superflues comme le code d'accessibilité et la tenure. Le tableau 1 énumère les 6 classificateurs restants ainsi que les deux autres classificateurs (compétence provinciale et province écoclimatique) qui caractérisent les enregistrements de la base de données du bilan du C.

On a constaté que chaque unité spatiale ne contenait en fait qu'une partie, formant un sous-ensemble, des combinaisons possibles de ces classificateurs. Ainsi, les stations à forte productivité que l'on rencontre dans la province écoclimatique de la Cordillère pacifique ne se retrouvent pas dans la province subarctique. Chaque enregistrement (c'est-à-dire combinaison de classificateurs) de la base de données de l'inventaire national comporte plusieurs attributs décrivant la région représentée et la biomasse par hectare. La superficie y est toujours précisée et la biomasse presque toujours. Les données sur la biomasse ont été pondérées en fonction de la superficie, sont en poids anhydre et représentent une moyenne exprimée en tonnes par hectare pour plusieurs composantes de la biomasse.

Le modèle du bilan du C (tableau 2) identifie 8 composantes de la biomasse épigée, ainsi que leur somme. Même si la biomasse formée par les grosses racines peut être dérivée de relations allométriques, des données nationales ne sont pas faciles à obtenir et cette composante de la biomasse n'est pas abordée dans le modèle de la phase I. Les données disponibles sur les fines racines, plus éphémères de nature, sont encore moins nombreuses et la biomasse de racines vivantes souterraines n'a donc pas été quantifiée. Comme il est dit dans la description du module des sols, l'apport des détritiques engendrés par les fines racines à la dynamique du C du sol est reconnu et inclus au module. L'estimation de la biomasse des racines et de sa dynamique sera entreprise au cours de la prochaine phase de cette étude.

1. Le scénario du doublement du CO<sub>2</sub> fait référence au changement climatique à prévoir à la suite d'un doublement de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère par rapport aux teneurs préindustrielles en CO<sub>2</sub> (280 ppm). La concentration actuelle est d'environ 350 ppm.

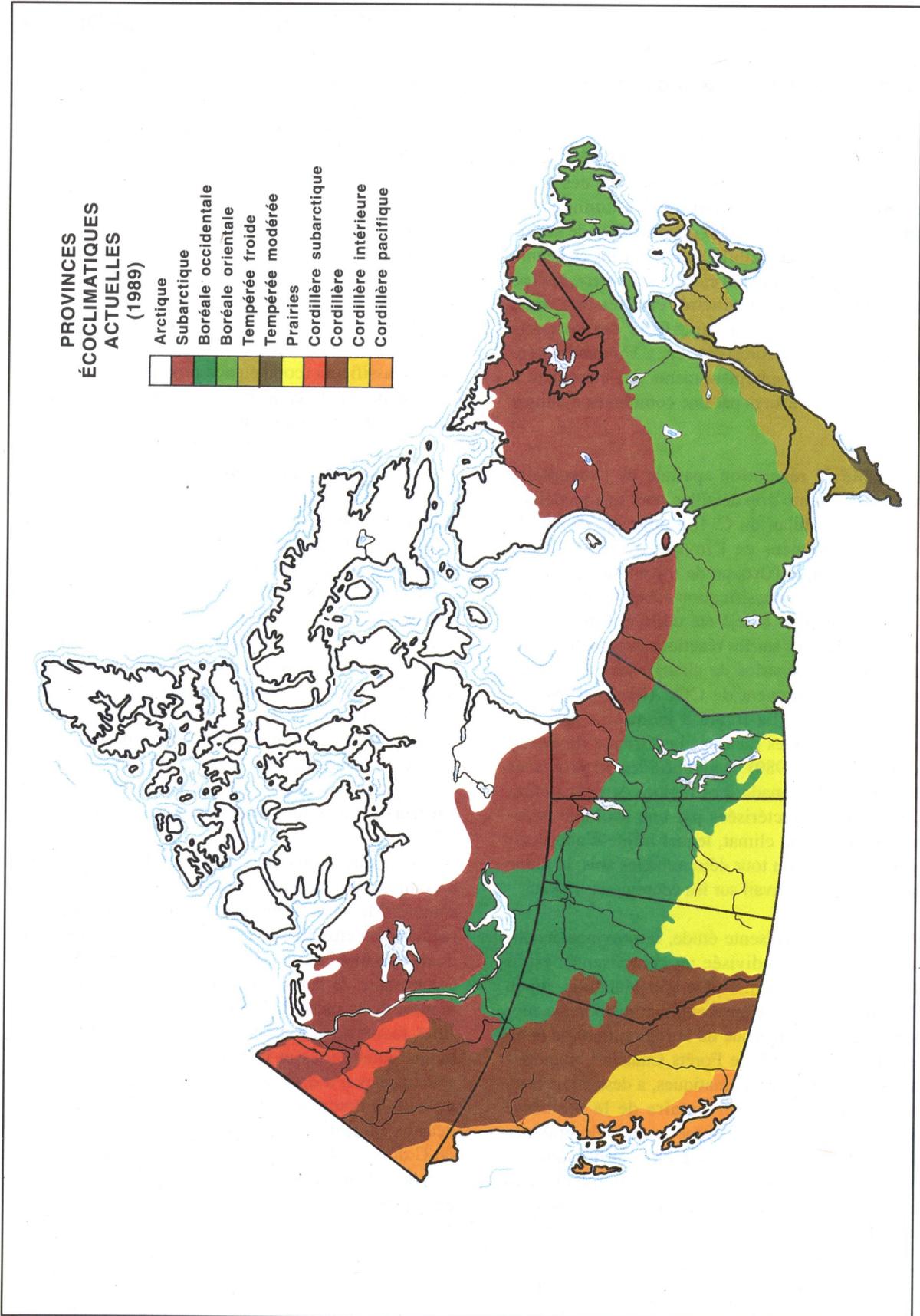


Figure 3. Régions écoclimatiques du Canada (source : Groupe de travail sur les écorégions, 1989).

**Tableau 1. Classifieurs utilisés dans le modèle du bilan du carbone<sup>a</sup>**

Compétence provinciale/territoriale														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Province écoclimatique														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Catégorie de terre														
Indéterminée 9				Forestière 1				Non forestière 2						
Productivité														
Indéterminée 9				Productive 1				Improductive 2						
Densité relative														
Indéterminée 9				Boisée 1				Non boisée 2						
Type forestier														
Indéterminé 9			Résineux 1			Mélangé 2			Feuilleu 3					
Qualité de station														
Indéterminée 9			1			2		3		4		5		6+
Maturité														
Indéterminé 9		Régénération 1		Jeune 2		Mûr 3		Suranné 4		Inéquienne 5				

<sup>a</sup> Chaque unité spatiale est désignée par une combinaison unique conjuguant les codes de compétence provinciale et de province écoclimatique. Dans chaque unité spatiale, les forêts sont ventilées selon les 6 autres classifieurs. Adapté de Bonnor (1985).

La base de données sur la biomasse retenue pour le modèle du bilan du C conserve les 3 types forestiers qui sont définis dans l'inventaire de la biomasse du Canada ainsi qu'un quatrième dit «indéterminé». Dans la forêt résineuse, 76 à 100 % du couvert se compose de conifères; dans la forêt mixte, le couvert est composé de 26 à 75 % de conifères et dans la forêt feuillue, de 0 à 25 %.

En Colombie-Britannique, 7 classes de qualité de station ont été identifiées, comparativement à 4 classes dans toutes les autres provinces. Les classes de qualité de station 6 et 7 ne regroupent qu'une faible proportion des superficies inventoriées et ont donc été regroupées

dans une classe unique (6+) afin de réduire la complexité de la base de données.

### Statistiques sur la superficie dans le modèle du bilan du carbone

Les modifications apportées aux données originales du SDRFC rapportées dans Bonnor (1985) ont entraîné de légères différences entre les statistiques dont faisait état Bonnor (1985) et celles présentées dans ce rapport. La superficie totale répertoriée dans l'inventaire de Bonnor est de 578,3 millions d'hectares (tableau 3). 64,8 millions d'hectares additionnels sont classés comme étant des étendues d'eau, mais cette

**Tableau 2. Les 8 composantes de la portion épigée de la biomasse qui forment la base de données sur la biomasse retenue pour le modèle**

<b>Résineux</b>	
Bois de tige marchand	Le bois et l'écorce de la tige des arbres de dhp marchand (ayant un diamètre minimal à hauteur de poitrine), à l'exclusion de la souche et de la cime de l'arbre.
Feuillage marchand	La biomasse du feuillage des tiges de diamètre marchand.
Autres composantes marchandes de la biomasse	Autres composantes de la portion épigée de la biomasse des arbres de taille marchande : les branches, la cime et le bois de souche.
Arbres marchands secondaires	Tout autre élément épigé de la biomasse du peuplement.
<b>Feuille</b>	
Bois de tige marchand	Le bois et l'écorce de la tige des arbres de dhp marchand (ayant un diamètre minimal à hauteur de poitrine), à l'exclusion de la souche et de la cime de l'arbre.
Feuillage marchand	La biomasse du feuillage des tiges de diamètre marchand.
Autres composantes marchandes de la biomasse	Autres composantes de la portion épigée de la biomasse des arbres de taille marchande : les branches, la cime et le bois de souche.
Arbres marchands secondaires	Tout autre élément épigé de la biomasse du peuplement.
<b>Total</b>	La somme des 8 composantes de la biomasse énumérées ci-dessus.

Nota : Le qualificatif «marchand» peut être défini différemment d'une province à l'autre et désigne un diamètre minimal au fin bout, sans l'écorce. Voir l'annexe 1A dans Bonnor (1985), pour connaître les définitions exactes des termes et les diamètres.

superficie a été exclue du modèle du bilan du C. Des valeurs sur la biomasse sont données pour 404,2 millions d'hectares, soit 70 % de la superficie répertoriée (tableau 3). Les 30 % restants sont principalement des terres non forestières ou de catégorie indéterminée. Les terres classées comme forestières constituent 76,3 % de la superficie totale répertoriée et les terres productives 42 % (tableau 3).

Quatre provinces écoclimatiques englobent 82,3 % de la superficie totale des terres répertoriés (figure 4). À elles seules, les 2 provinces écoclimatiques boréales abritent 43 % de la superficie totale des terres.

### **Inventaire des tourbières**

La base de données du SDRFC ne fait pas du tout état des tourbières tandis que l'inventaire des tourbières du Canada, qui répertorie toutes les terres ayant une couche de tourbe de plus de 50 cm d'épaisseur, ne

fait pas mention du type forestier ou de la province écoclimatique. Les étendues de tourbières ne sont pas nécessairement distinctes de certaines des terres boisées déjà répertoriées, mais il est impossible de déterminer l'ampleur du chevauchement à partir des données existantes. La dynamique du C des tourbières qui est calculée séparément de la dynamique du C du sol et de la biomasse est décrite dans un fichier distinct comportant 3 tables : la superficie totale des tourbières par province écoclimatique et compétence provinciale, l'assimilation nette de C et le rejet de méthane pour ces mêmes superficies de tourbière. Dans ces tables, un taux d'accumulation moyen net du C de 25 g/m<sup>2</sup> par an est présumé (Gorham, 1988; S. Zoltai, communication personnelle, avril 1990). L'annexe 2 présente les 3 tables récapitulant les données sur les tourbières utilisées dans cette étude.

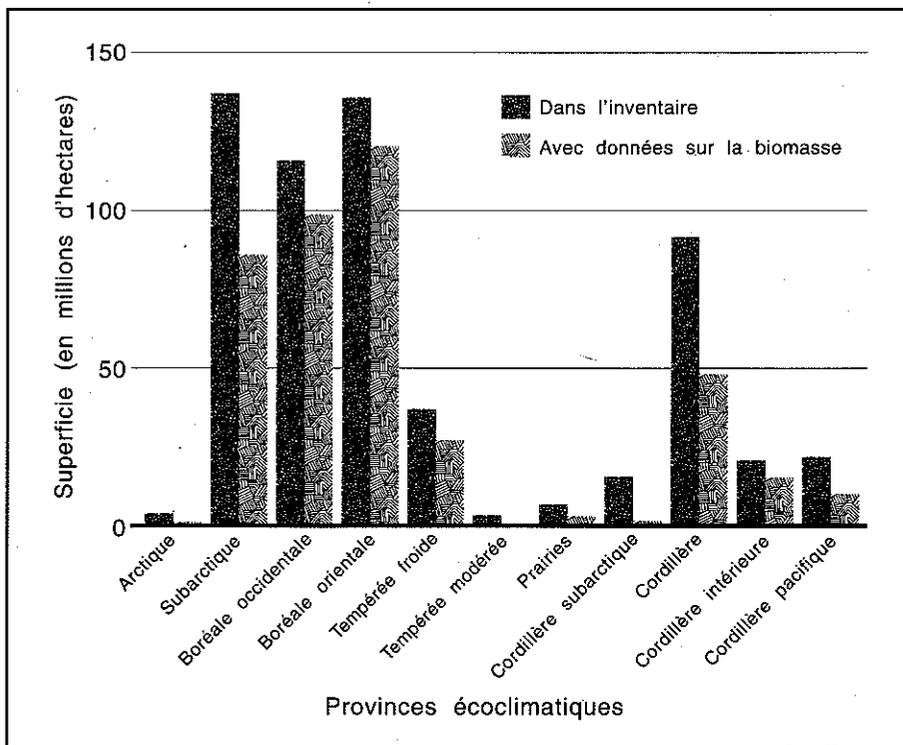
Lors de la première phase de l'étude, on a rajouté les données de ces tables aux états récapitulatifs du

**Tableau 3. Superficie couverte par le modèle du bilan du carbone et sa répartition par classe de productivité et catégorie de terre (milliers d'hectares)**

Type de superficie	Province écoclimatique										Superficie totale	
	Arctique	Subarctique	Boréale occidentale	Boréale orientale	Tempérée froide	Tempérée modérée	Prairies	Cordillère subarctique	Cordillère intérieure	Cordillère pacifique		
Répertoriée dans l'inventaire Avec données sur la biomasse	3 499 648	136 439 85 238	114 663 97 597	134 483 120 234	35 584 25 688	2 082 200	6 127 2 592	14 733 898	90 676 47 373	19 381 14 627	20 605 9 147	578 273 404 241
Par classe de productivité												
Productive	0	16 629	55 896	79 199	24 388	279	2 597	136	41 294	14 394	7 699	242 512
Improductive	648	70 458	44 284	47 812	2 231	15	81	4 132	19 950	915	2 906	193 433
Indéterminée	2 851	49 352	14 482	7 472	8 965	1 788	3 449	10 465	29 431	4 073	10 000	142 329
Total	3 499	136 440	114 663	134 483	35 584	2 082	6 127	14 733	90 675	19 382	20 605	578 274
Par catégorie de terres												
Terres forestières	648	88 971	103 021	127 011	26 619	294	2 701	4 268	61 340	15 309	10 606	440 790
Terres non forestières	2 550	43 237	10 546	7 436	8 963	1 788	3 426	6 692	29 324	4 073	10 000	128 033
Indéterminée	301	4 232	1 096	35	2	0	0	3 773	12	0	0	9 451
Total	3 500	136 439	114 663	134 483	35 584	2 082	6 127	14 733	90 675	19 382	20 605	578 274
Répertoriée dans l'inventaire des tourbières <sup>a</sup>												
Total	741	18 005	42 480	27 529	1 407	23	0	75	1 825	0	1 429	93 513

<sup>a</sup> Inclus à des fins de référence.

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.



**Figure 4. Données sur la superficie des terres tirées de l'inventaire national de la biomasse et ventilées par province éco-climatique, telles qu'utilisées dans le modèle du bilan du carbone.**

budget du C en se fondant simplement sur le fait que la formation de la tourbe et l'accumulation dans le sol du C de la biomasse des arbres sont des processus indépendants, même s'ils peuvent se produire sur une même superficie. Par conséquent, on a supposé que dans les endroits où ces deux inventaires se chevauchent, l'assimilation nette de C dans la tourbe se rajoute à celle des réservoirs de C du sol et de la biomasse.

Au cours de la prochaine phase de l'étude, la superficie des tourbières contenues dans l'inventaire de la biomasse sera identifiée. L'échange net de C sera calculé à l'aide de taux particuliers aux provinces éco-climatiques (plutôt qu'un taux moyen pour l'ensemble du Canada), puisque le changement climatique prévu devrait influencer différemment, dans les diverses régions, l'accumulation du C dans la tourbe.

### **Dynamique du carbone de la biomasse**

La dynamique de l'accumulation de la biomasse forestière dans les peuplements forestiers est au centre

du bilan du C. Les taux de séquestration du C dans les réservoirs de la biomasse et du sol déterminent la capacité de la forêt à retirer du C de l'atmosphère. À l'échelle nationale, il est surprenant de constater combien nos connaissances sur le taux de séquestration du C par les différents types d'écosystèmes forestiers sont minces. Même si des modèles détaillés sur la croissance des peuplements ont été élaborés pour certains types d'écosystèmes particuliers, il n'existe à l'heure actuelle aucun modèle qui puisse fournir des données pour l'ensemble des types forestiers présents au Canada.

Dans le cadre de cette étude, des courbes d'accumulation nette de la biomasse ont été construites à partir de chaque combinaison unique de classificateurs (c'est-à-dire compétence provinciale, province éco-climatique, catégorie de terre, densité de peuplement, classe de productivité, type forestier et qualité de station) en traitant les données des classes de maturité associées (c'est-à-dire régénération, jeune, mûr et suranné) comme des données chronoséquentielles. Les calculs effectués sont décrits plus en détail à la page 17.

Cette approche permet d'utiliser au mieux les données d'inventaire et semble convenir à la plupart des combinaisons de classificateurs. Elle peut toutefois donner des résultats indéterminés (ou même biaisés) lorsque certains classificateurs ne sont pas entièrement précisés dans les bases de données. Il en est ainsi lorsque la qualité de la station est «indéterminée» pour tous les peuplements d'une séquence de classe de maturité. Les courbes d'accumulation nette de la biomasse construites à partir de ces données peuvent être biaisées si les classes de qualité de station ne sont pas uniformément représentées dans les différentes classes de maturité. De façon plus générale, toutefois, on suppose que la classe de qualité de station dite «indéterminée» contient des données moyennes sur toutes les

classes de station dans toutes les classes de maturité, de sorte que la courbe d'accumulation de la biomasse ainsi construite représente adéquatement ces conditions moyennes.

Les inventaires des forêts du Canada contiennent les données les plus récentes possibles sur les terres répertoriées, mais la période écoulée depuis le dernier inventaire varie d'une province à l'autre et au sein des provinces. Dans certaines parties du pays, les données ont été recueillies dans les 5 ans précédant la date d'inventaire. Dans d'autres, elles l'ont été jusqu'à 20 ans avant cette date. Chaque peuplement répertorié porte la date de l'inventaire, mais ces données n'ont pas été conservées lors du regroupement des données. Il est pratique courante pour les utilisateurs de l'inventaire national de ne pas actualiser l'âge du peuplement et des autres attributs du peuplement en fonction de la date de collecte des données d'inventaire. On n'a pas tenté de mettre à jour les classes de maturité attribuées dans les ensembles peu récents de l'inventaire parce qu'il aurait fallu élaborer de trop nombreuses hypothèses sur la dynamique du peuplement et l'impact des perturbations.

### Définition des classes de maturité

Les peuplements répertoriés se voient attribuer l'une des 6 classes de maturité, soit régénération, jeune, mûr, suranné, inéquienne ou indéterminée. La définition des âges qui correspondent aux classes de maturité dépend des inventaires provinciaux et territoriaux d'où proviennent les données. Les classes d'âge ne sont pas définies dans le rapport sommaire (Bonnor, 1985) et ne font pas partie de l'inventaire de la biomasse.

Les classes de maturité représentent une gamme d'âges de peuplement et ne sont donc pas en elles-mêmes adéquates pour établir les courbes de la biomasse par rapport à l'âge. L'*Inventaire des forêts du Canada 1986* (Forêts Canada, 1988; Gray et Nietmann, 1989) présente des renseignements supplémentaires à cet égard. Cet inventaire est une mise à jour de l'*Inventaire des forêts du Canada 1981* (Bonnor, 1982) à partir duquel a été établi l'inventaire de la biomasse de 1984. L'inventaire de 1986 porte sur la même superficie (sauf quelques différences mineures) que celui de 1984 et fait appel aux mêmes données d'inventaire provinciales dans de nombreux cas. Il comporte également des classes de maturité et des classes d'âge de 20 ans. Lorsque des données sur les classes de maturité et les classes d'âge étaient disponibles dans l'inventaire des forêts de 1986, les deux classificateurs ont été utilisés pour établir des tables

qui font un rapport entre les classes de maturité et les classes d'âge pour chaque province et type forestier du Canada (figure 5; tableau 4). Les tablès contiennent également pour chaque classe de maturité, l'âge moyen pondéré en fonction de la superficie.

Les tables de classes d'âge et de maturité ont été utilisées pour définir la plage d'âges pour chacune des classes de maturité. Il est nécessaire de définir la plage d'âges que représentent les classes de maturité pour 2 raisons : elles servent à assigner un âge aux superficies représentées par chaque classe de maturité et, conjuguées aux données sur la biomasse, permettent d'établir des courbes d'accumulation de la biomasse. Dans de nombreux cas (comme le montre l'exemple du tableau 4), les relations entre la classe de maturité et la classe d'âge ne sont pas clairement délimitées et les classes de maturité se chevauchent quelque peu parce

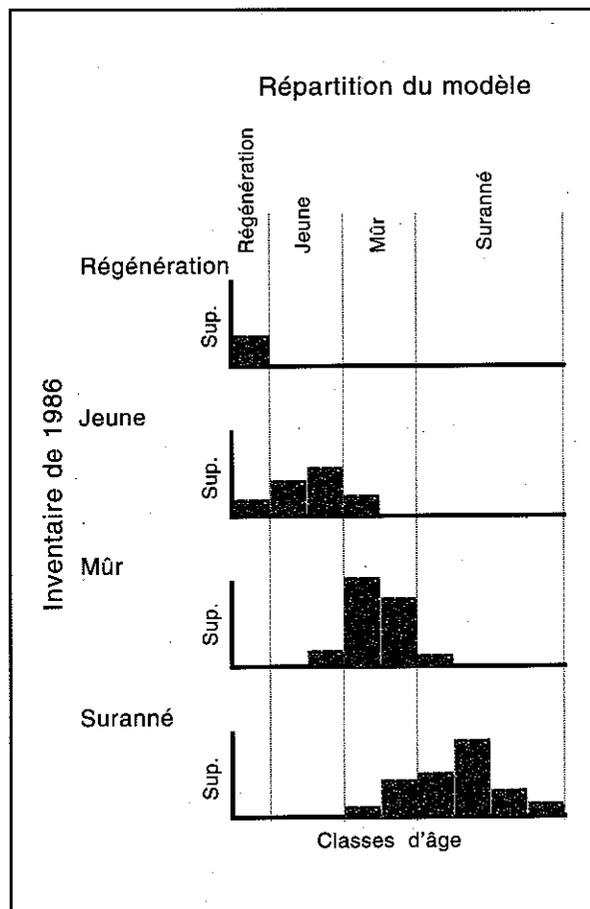


Figure 5. Exemple de la distribution de la superficie, par classes d'âge de 20 ans, pour chacune des 4 classes de maturité de l'inventaire des forêts de 1986, selon la répartition du modèle.

**Tableau 4. Exemple des rapports entre les définitions des classes d'âge et des classes de maturité**

Données de l'inventaire de 1986					Répartition du modèle	
Classe d'âge (années)	Classe de maturité				Classe de maturité attribuée	Plage d'âges (années)
	Régénération	Jeune	Mûr	Suranné		
	Superficie (ha)					
1 à 20	656	84	0	0	Régénération	1 à 20
21 à 40	0	8 213	0	0	Jeune	21 à 60
41 à 60	0	11 757	26 654	0		
61 à 80	0	1 065	29 217	1 894	Mûr	61 à 100
81 à 100	0	0	5 124	2 482		
101 à 120	0	0	2 566	1 707	Suranné	100 à 180
121 à 140	0	0	3	2 184		
141 à 160	0	0	3	224		
161+	0	0	0	178		
Indéterminé	0	556	825	311	Indéterminé	1 à 180
	Superficie totale (ha)					
	656	21 675	64 392	8 980		
	Âge moyen (années)					
	10,00	42,16	64,85	102,84		

Nota : Ces tables ont été produites à partir de données de l'*Inventaire des forêts du Canada 1986* (Forêts Canada, 1988) sur les terres forestières productives boisées. Les classes de maturité attribuées dans la colonne de droite l'ont été de façon à minimiser le chevauchement des plages des classes d'âge. L'âge moyen représente une moyenne pondérée en fonction de la superficie.

que tous les facteurs influençant les relations entre la classe de maturité et la classe d'âge ne sont pas pris en compte par les classificateurs utilisés pour établir le modèle du bilan du C. Ainsi, la relation dépend de l'essence forestière, mais dans l'inventaire de la biomasse (et par conséquent dans le bilan du C), on ne reconnaît que le type forestier (résineux, feuillu et mixte), mais non pas l'essence dominante.

Les limites supérieure et inférieure de chaque classe de maturité ont été choisies de façon à garantir qu'il n'y avait aucun chevauchement ni lacune entre 2 classes de maturité adjacentes. Lorsque les tables montraient un chevauchement des classes de maturité, une nouvelle limite d'âge était établie afin que la superficie exclue d'une classe équivalait à la superficie incluse dans la classe de maturité adjacente (figure 5). L'annexe 3 présente la définition des classes de maturité utilisées dans le modèle pour l'ensemble des provinces et des territoires.

Les plages d'âges des classes de maturité utilisées au Yukon n'ont pu être définies avec précision. Le forestier chargé de l'inventaire dans ce territoire a fait part de ses doutes quant à la précision des classes de maturité attribuées aux données du Yukon dans l'inventaire national, car seules des données de télédétection ont été utilisées pour la majeure partie du territoire (C. Boyd, communication personnelle, mai 1990). C'est pour cette raison que la classe de maturité dite «indéterminée» a été attribuée à tous les enregistrements de la portion de la base de données relative au Yukon. L'âge maximum des peuplements forestiers du Yukon était fixé à 150 ans, bien que l'on sache que des peuplements plus âgés s'y trouvent.

En convertissant la valeur moyenne de la biomasse d'une classe de maturité donnée en une séquence de paires de données (biomasse par rapport à l'âge), on peut causer une divergence entre les estimations de la biomasse totale provenant du modèle du

bilan du C et les estimations obtenues par Bonnor (1985). La base de données du SDRFC sur laquelle s'est appuyé Bonnor (1985) a depuis été légèrement révisée. Il n'est donc pas possible d'attribuer la faible différence entre les résultats du modèle du bilan du C et ceux de Bonnor (1985) à un biais méthodologique ou à des modifications de la base de données.

### **Transformation des valeurs de la biomasse en valeurs de carbone**

L'ensemble du modèle du bilan du C repose sur des unités de C; l'importance des réservoirs et des flux de C est exprimée en unités de C et toutes les données sur la biomasse anhydre sont transformées en unités de C en les multipliant par un facteur de 0,5 (la teneur moyenne en C de la biomasse ligneuse). (Voir Bonnor [1985] pour connaître les méthodes utilisées pour transformer le volume de matière ligneuse en estimation de la biomasse.) Les mesures du CO<sub>2</sub> à l'état gazeux peuvent être exprimées en équivalents de C en divisant la valeur du CO<sub>2</sub> par 3,667 (rapport stœchiométrique).

### **Courbes d'accumulation du carbone de la biomasse**

Des courbes d'accumulation de la biomasse ont été établies à partir des données d'inventaire pour chaque combinaison unique de classificateurs (par exemple, compétence provinciale, province écoclimatique, catégorie de terre, productivité, densité relative, type forestier et qualité de station). Il existe 380 de ces combinaisons uniques. Pour chacune d'elles, 4 points de données ou moins ont été utilisés pour décrire quantitativement la biomasse à différents stades de développement (régénération, jeune, mûr et suranné). Les courbes de la biomasse par rapport à l'âge ont été établies par interpolation linéaire entre les données et en observant les règles suivantes :

1. Un âge moyen pondéré en fonction de la superficie a été attribué à chaque classe de maturité ainsi qu'à la biomasse associée.
2. La pente de la droite entre les deux plus jeunes âges a été utilisée pour extrapoler jusqu'à l'âge zéro (figure 6; courbe 1). Deux exceptions ont été faites. Si l'extrapolation donnait une biomasse négative, la biomasse à l'âge zéro était remise à zéro (figure 6, courbe 2) et si la biomasse lors de la phase de régénération était plus élevée que lors de la phase dite jeune, la biomasse à l'âge zéro était alors rajustée à une valeur équivalente à celle de la régénération (figure 6, courbe 3).

3. Dans le cas des peuplements plus âgés que les plus anciennes données disponibles, une biomasse constante a été supposée (figure 6, courbe 4).
4. Ces mêmes règles ont été appliquées s'il y avait moins de 4 points de données (figure 6, courbe 5).
5. S'il n'y avait qu'un seul point de données (par exemple lorsqu'aucune classe de maturité n'avait été attribuée), il a été posé comme hypothèse que la biomasse forestière avait augmenté de façon linéaire de zéro à la valeur définie dans l'inventaire de la biomasse et était ensuite restée constante (figure 6, courbe 6).

### **Répartition de la superficie par classe de maturité**

Le C s'accumule différemment selon l'âge des forêts (figure 7). Il a donc fallu s'assurer de la répartition des classes d'âge de ces différentes forêts avant de compiler un bilan national du C. De plus, il fallait déterminer la superficie associée à chaque classe d'âge. Pour obtenir la répartition par classe d'âge, les données de Bonnor (1985) ont été mises à profit pour établir la superficie totale de chaque classe de maturité pour chacun des peuplements forestiers uniques (c'est-à-dire présentant une combinaison unique de classificateurs). Les limites d'âge inférieure et supérieure ont ensuite été précisées pour chacune des classes de maturité (tel que décrit à la page 15). Enfin, il a été présumé que la superficie attribuée à chaque classe de maturité était uniformément répartie dans tous les âges de cette classe de maturité (figure 7).

Les superficies forestières n'appartenant à aucune classe de maturité (celles dans la classe dite «indéterminée») ont été réparties également dans toute la gamme des âges définie par la limite inférieure de la catégorie «régénération» et la limite supérieure de la catégorie «suranné».

Environ 1 % de la superficie forestière répertoriée est classée comme étant inéquienne. La superficie des peuplements inéquiennes a été traitée de façon similaire à celle des peuplements de la catégorie indéterminée en raison du manque de données sur la dynamique du C dans les peuplements inéquiennes. Par conséquent, il a été présumé que les superficies classées comme inéquiennes présentaient les mêmes caractéristiques d'accumulation du C qu'une forêt équienne. Bien que cette hypothèse soit erronée, l'erreur ainsi introduite est négligeable en raison de la faible superficie en question et il n'existait pas d'autre approche de modélisation facile à obtenir.

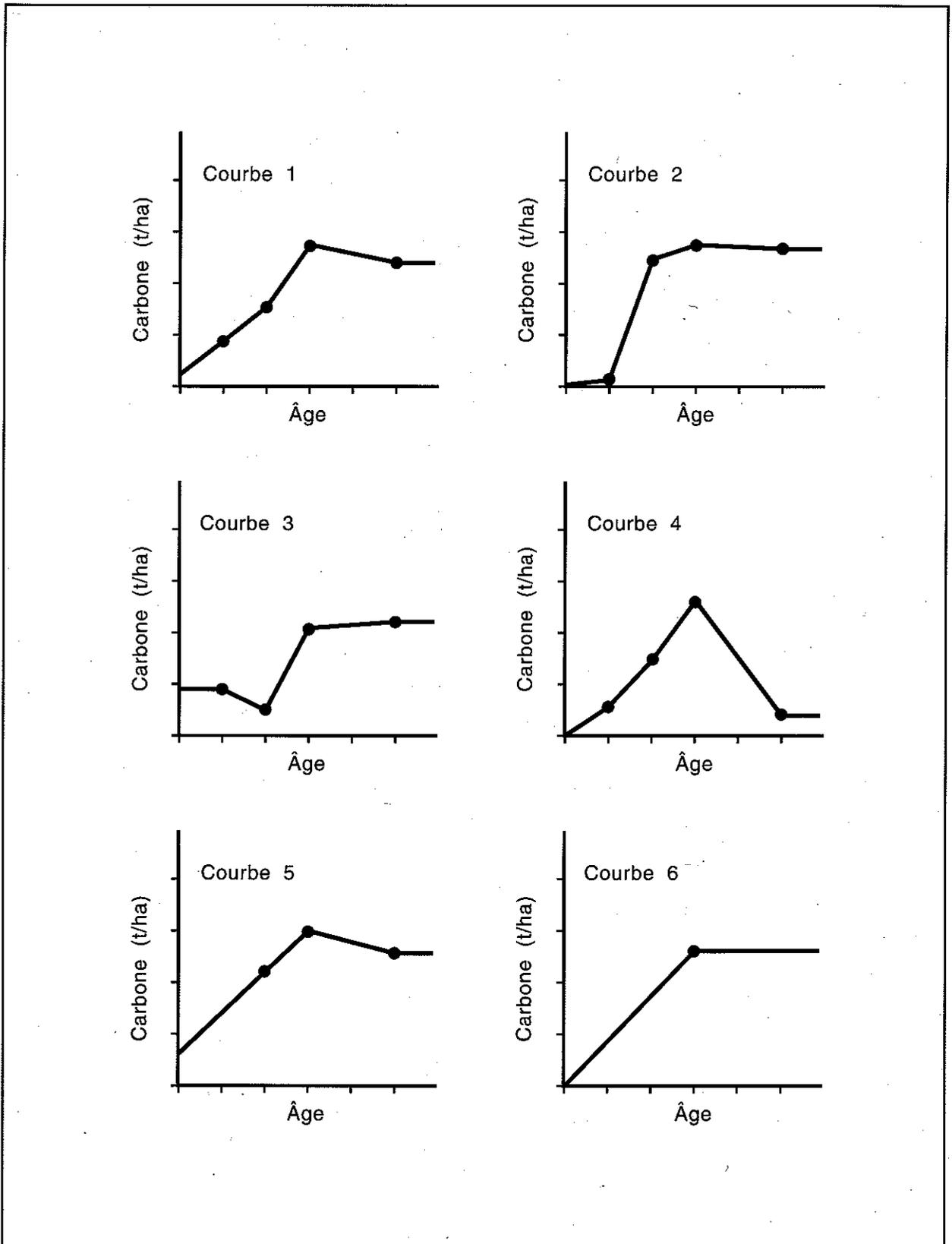
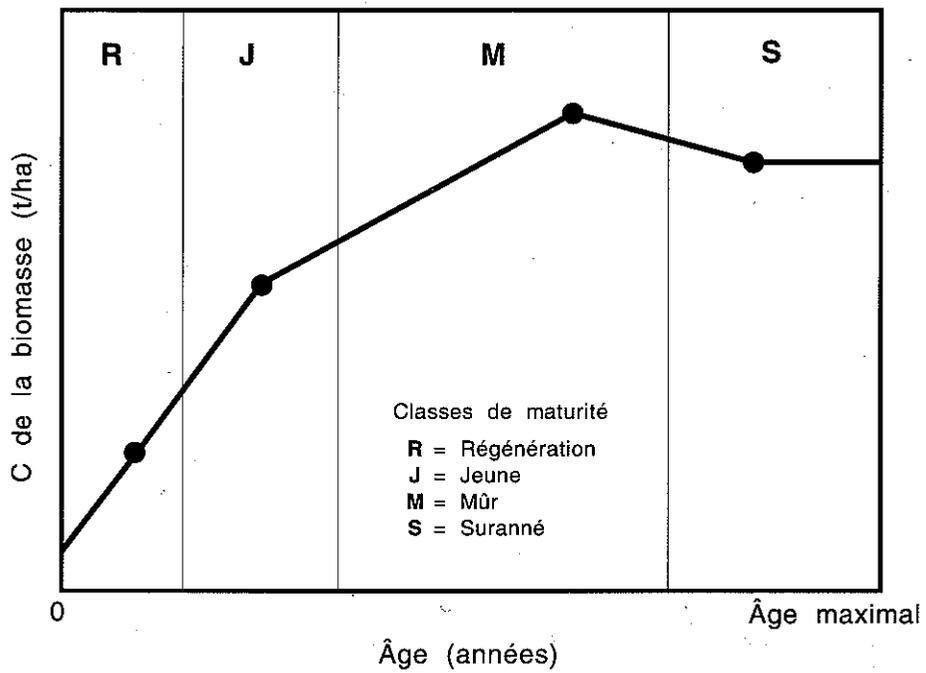


Figure 6. Courbes d'accumulation nette du carbone qui démontrent les règles de base utilisées pour leur établissement à partir des points de données sur la biomasse.

Courbe d'accumulation nette de la biomasse pour 4 classes de maturité



Distribution de la superficie dans chaque classe de maturité

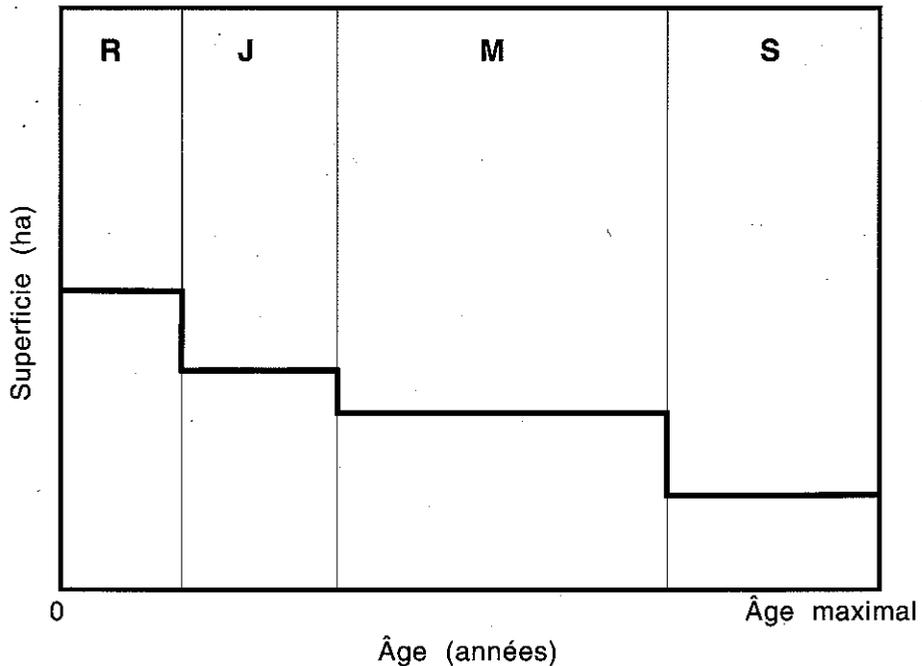


Figure 7. Exemple d'une courbe d'accumulation nette de la biomasse tirée des données sur la biomasse de 4 classes de maturité (en haut); dans chaque classe de maturité, on suppose que la superficie est répartie également (en bas).

## Perturbations

Le modèle du bilan du C identifie 5 types de perturbations : les incendies de forêt, la mortalité due aux insectes, les coupes à blanc, les coupes à blanc avec brûlage de rémanents et les coupes partielles. D'autres types de perturbations pourront y être facilement rajoutés. Chaque perturbation est caractérisée par une série de règles décrivant la superficie touchée chaque année dans chaque unité spatiale, par des classificateurs du modèle du bilan du C qui déterminent les superficies pouvant être perturbées et par l'impact de la perturbation sur les carbomasses et les flux de C. (Il est prévu que des phases ultérieures s'attarderont aux réactions des écosystèmes à ces perturbations — comme les changements de productivité et d'affectation des terres — mais la phase I qui porte sur l'évaluation d'une seule année n'exigeait pas un tel niveau de précision.)

### Superficie touchée chaque année par les perturbations

Diverses bases de données ainsi que des experts, provinciaux et fédéraux, ont été consultés pour déterminer la superficie touchée chaque année par chaque type de perturbation (annexe 1). Même si l'année de référence de toutes les estimations est 1986, toutes les données utilisées dans le modèle ne visent pas cette année en particulier. Les sources de données sont examinées plus en détail ci-après (voir également l'annexe 4).

**Incendies de forêt :** Il a été décidé d'utiliser la moyenne décennale de la période de 1980 à 1989 car les superficies détruites chaque année par le feu au Canada fluctuent énormément d'une année à l'autre (B. Stocks, communication personnelle, mai 1990; C. Van Wagner, communication personnelle, mai 1990). La moyenne décennale de la superficie incendiée annuellement a été attribuée aux 41 unités spatiales (B. Stocks, communication personnelle, mai 1990). Une analyse limitée de sensibilité a été effectuée avec différentes proportions d'incendies afin d'étudier la sensibilité du modèle à ce type de perturbation (voir page 22).

**Insectes :** Le modèle de la phase I ne tient compte que des infestations à l'origine de mortalité de peuplement. Les effets des attaques d'insectes provoquant des diminutions de croissance du peuplement font implicitement partie des courbes d'accumulation historique de la biomasse. La première phase de l'étude n'aborde pas les modifications des méthodes de lutte

contre les ravageurs ou des conditions climatiques qui peuvent influencer sur les niveaux endémiques de population.

Même s'il existe des estimations des superficies défoliées chaque année dans la plupart des provinces du Canada, la mortalité n'est constatée que sur une certaine partie de ces superficies. Les statistiques les plus récentes disponibles au moment de la présente analyse sont des estimations de perte de volume due aux insectes de Honer et Bickerstaff (1985) pour la période de 1977 à 1981. Un taux identique de perte de volume a été précisé pour 1986 et cette mortalité a été répartie dans l'ensemble des provinces écoclimatiques (avec le concours d'experts, voir annexe 1).

**Coupe à blanc :** Toutes les estimations des activités de coupe visent l'année 1986. Plusieurs sources de données provinciales et fédérales ont servi à estimer les superficies exploitées (annexe 4).

**Coupe à blanc et brûlage de rémanents :** Le personnel de Forêts Canada a fourni des estimations du brûlage annuel de rémanents (B. Lawson, communication personnelle, mai 1990; B. Stocks, communication personnelle, mai 1990). Les statistiques sur les superficies exploitées ne font pas de distinction entre les superficies qui ont été simplement récoltées et celles où les rémanents ont été brûlés après la coupe. Il a été présumé que les peuplements des superficies où des rémanents avaient été brûlés avaient été coupés à blanc et récoltés la même année, et par conséquent, la superficie de brûlage des rémanents a été soustraite de la superficie de coupe à blanc et placée dans la catégorie incluant à la fois l'exploitation forestière et le brûlage des rémanents.

**Coupe partielle :** La superficie des coupes partielles a été estimée à partir des mêmes sources de données que celles sur les coupes à blanc. Le modèle ne peut, à l'heure actuelle, représenter les coupes partielles de façon tout à fait satisfaisante : les coupes partielles produisent souvent des peuplements inéquiennes qui n'y sont pas bien représentés. Ces coupes fournissent toutefois de la matière ligneuse au secteur des produits forestiers et doivent donc être représentées dans le bilan du C. On a posé comme hypothèse que la dynamique du C dans les endroits où sont pratiquées des coupes partielles représente approximativement, pour 1 ha de celles-ci, 0,5 ha de coupe à blanc et 0,5 ha de terre non perturbée. Le modèle du bilan du C intègre la dynamique du C des superficies coupées à blanc et des superficies non perturbées, fournissant ainsi une approximation de la dynamique du carbone dans un parterre de coupe partielle.

## Perturbations dans les unités spatiales

La plupart des bases de données provinciales et nationales sur les perturbations ne précisent pas l'emplacement de ces perturbations. Le modèle de la phase I identifie 41 entités spatiales explicites auxquelles ont été attribuées des superficies annuelles de perturbations (comme on l'a déjà mentionné dans le texte et à l'annexe 4). Un ensemble de règles simples, propres aux perturbations, a été utilisé pour attribuer la superficie perturbée aux diverses strates présentes dans chaque entité spatiale (c'est-à-dire combinaisons de classifieurs).

Nous avons établi les critères suivants pour chaque entité spatiale et chacun des 5 types de perturbation afin d'identifier les superficies sensibles aux perturbations :

1. pour chaque classifieur approprié (catégorie de terre, classe de productivité, densité relative, type forestier et qualité de station), les valeurs du classifieur pouvant donner lieu à des perturbations (par exemple, un incendie peut se produire dans tous les types forestiers, mais la mortalité due aux insectes peut se limiter aux forêts de résineux);
2. l'âge minimum et maximum pouvant donner lieu à des perturbations;
3. le volume minimal du bois de tige marchand qui doit se trouver sur une superficie pour pouvoir donner lieu à des perturbations (il est à noter que le volume est utilisé de préférence à la teneur en C);
4. un niveau maximal de perturbation, défini comme la proportion de la superficie totale répondant à tous les critères qui peut être touchée pendant un pas de temps de la simulation; et
5. une règle d'ordonnement pour déterminer l'ordre dans lequel les perturbations s'appliqueront (2 possibilités existent pour le modèle de la phase I : répartition égale des perturbations dans l'ensemble des superficies vulnérables et perturbations survenant en premier lieu dans les classes d'âge supérieures).

Ces critères de sensibilité peuvent être appliqués seuls ou en combinaison, selon la nature de la perturbation. Ainsi, la combinaison de l'âge minimum et du volume minimal du peuplement permet de s'assurer, pendant la simulation des opérations de récolte, que

seules les superficies renfermant des quantités suffisantes de bois seront récoltées. C'est une démarche importante puisque la superficie récoltée doit fournir au module du secteur des produits forestiers un approvisionnement en bois qui concorde avec les statistiques provinciales sur la récolte.

Le modèle du bilan du C tient compte de certaines superficies terrestres dont la valeur de la biomasse est inconnue (voir page 11). Afin de garantir que seules les superficies dont la biomasse est quantifiée seront utilisées lors de l'évaluation de l'impact des perturbations, un critère arbitraire de volume minimal de 1 m<sup>3</sup>/ha a été fixé pour tous les types de perturbations. Cette valeur minimale est plus élevée pour les perturbations causées par la récolte.

Pendant l'exécution du modèle, toutes les superficies sensibles à des perturbations sont identifiées lors du premier passage; lors du second passage, les véritables perturbations sont appliquées à la fraction voulue des superficies sensibles. Il est possible de fixer des limites si étroites aux critères de sensibilité que les perturbations annuelles réelles dépasseront la superficie disponible. Cela s'est produit pour une seule unité spatiale lors de la simulation de 1986 (Yukon, province éoclimatique tempérée froide), où il avait été prévu que 11 675 ha de plus que la superficie totale répertoriée seraient incendiés. On n'a pas tenté de réallouer la superficie incendiée à différentes unités spatiales parce qu'elle représente moins de 0,5 % de la superficie moyenne décennale (1980-1989) incendiée annuellement au Canada.

## Matrices de perturbation

Le modèle fait appel à des matrices de perturbation pour décrire la redistribution du C au moment de la perturbation. Les perturbations peuvent transférer du carbone entre les réservoirs de C de l'écosystème et entre un écosystème et le secteur des produits forestiers. Une certaine quantité de C peut également être rejetée dans l'atmosphère. Le modèle simule le flux de C associé aux perturbations et présente un sommaire des rejets atmosphériques.

Il est important de souligner qu'une perturbation peut entraîner des flux entre les réservoirs de C sans pour autant rejeter du C dans l'atmosphère. Ainsi, une coupe (sans brûlage de rémanents) fait passer le C des réservoirs de la biomasse aux réservoirs du secteur des produits forestiers et du sol, mais ne rejette pas nécessairement du C directement dans l'atmosphère au moment de la perturbation. L'augmentation de C dans

les réservoirs du sol (et les modifications de l'exposition de la couverture morte) provoque une plus grande libération de C par la décomposition, ce que simule le modèle sur les sols.

Le modèle, lors de la simulation des effets immédiats des perturbations, identifie 12 sources et 16 puits et redistribue les réservoirs de C en fonction des instructions fournies dans les matrices de perturbation. Une matrice de perturbation comporte 12 rangées (sources) et 16 colonnes (puits) (tableau 5). Chaque rangée comporte des coefficients qui quantifient la proportion du réservoir de C transférée de la source aux puits.

Les 12 sources de la matrice de perturbation se composent des 8 réservoirs de C de la biomasse, des 3 du sol et d'une source non utilisée (qui le sera dans le futur). Les 16 puits correspondent à 3 formes de rejets gazeux de C dans l'atmosphère ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  et  $\text{CH}_4$ ), aux rejets du secteur des produits forestiers et aux 12 réservoirs de C d'origine. Toutes les combinaisons possibles de flux de C ne peuvent se produire dans les faits (par exemple, aucune perturbation ne peut faire passer le C des réservoirs du sol à la composante de la biomasse que constitue le feuillage).

Le modèle est conçu de façon à rattacher une matrice de perturbation à chaque unité spatiale et type de perturbation. Les matrices de perturbation s'appliquant aux incendies de forêt et aux coupes à blanc avec brûlage de rémanents sont différentes d'une province écoclimatique à l'autre afin de refléter fidèlement l'impact de ces types de perturbation. Chacun des 3 autres types de perturbation est associé à une matrice sans égard à la province écoclimatique, en raison du manque de données régionales précises. La carbomasse des réservoirs diffère d'une province écoclimatique à l'autre et au sein d'une même province écoclimatique, ce qui explique les différences au niveau des quantités absolues de C redistribuées pendant les perturbations.

## Module des sols

Le sous-modèle des sols simule la dynamique du C dans les 3 réservoirs du sol qui sont alimentés par les 8 réservoirs de la biomasse (figure 8). Les réservoirs du sol renferment de la matière organique, des débris, de gros débris ligneux et des arbres morts sur pied. La décomposition ou des perturbations libèrent du carbone de ces réservoirs. Le dépôt de la litière, la mort d'arbres et le transfert de biomasse lors des perturbations ravitaillent les réservoirs en carbone. La structure

du module des sols est obligatoirement simple, car les données sont nettement insuffisantes pour permettre l'élaboration d'un modèle complexe axé sur le processus. Malgré sa simplicité, le modèle produit des schémas de la dynamique du C du sol qui correspondent aux schémas prévus, mais c'est cette simplicité même qui permet d'effectuer facilement les analyses de la sensibilité des hypothèses et des prévisions du modèle.

La plupart des données d'entrée et des hypothèses utilisées dans le modèle tirent leur origine des résultats d'études portant sur des écosystèmes particuliers, à gamme relativement étroite de stades de succession et de régime de perturbations (Agee et Huff, 1987; Anderson et Coleman, 1985; Edmonds, 1984; Gessel et Turner, 1976; Grier, 1988; Harcombe et collab., 1990; Harmon et collab., 1986, 1990; McLaugherty et collab., 1984; Melillo et collab., 1982; Moore, 1989; Piene et Van Cleve, 1978; Turner et Long, 1975). D'autres études pertinentes font état de moyennes pour de plus grandes régions géographiques (Bray et Gorham, 1964; Emanuel et collab., 1984; Vogt et collab., 1986). Outre ces publications, des opinions de spécialistes ont servi à préciser les valeurs des paramètres qui conviennent à la gamme de conditions existant au Canada (M. Harmon, communication personnelle, décembre 1989; A. Trofymow, communication personnelle, janvier 1990; O. Hendrickson, communication personnelle, janvier 1990).

La dynamique du C du sol n'est simulée que pour les superficies sur lesquelles la biomasse a été quantifiée dans l'inventaire de Bonnor parce que le modèle conjugue la dynamique des réservoirs de C du sol à la dynamique de la portion épigée de la biomasse. Les estimations des réservoirs de C du sol de cette étude sont donc quelque peu inférieures aux quantités réelles. Pour l'analyse des flux, l'hypothèse de base suppose que la superficie dont le C du sol est inconnu n'a aucun effet net sur les flux de carbone : toutes les perturbations sont appliquées aux superficies dont les réservoirs de C du sol sont quantifiés. Le taux d'échange du carbone vers les réservoirs de C du sol et en provenance de ceux-ci varient avec la région écoclimatique, le type forestier, la perturbation et la portion épigée de la biomasse. Les sections suivantes expliquent comment la carbomasse du sol a été calculée et décrivent les échanges de C que connaît cette composante de l'écosystème.

## Réservoirs du sol

Les sols forestiers comportent 3 réservoirs de C caractérisés par des vitesses différentes de

**Tableau 5. Exemple d'une matrice de perturbation simulant l'impact des incendies sur le transfert de carbone entre les sources (rangées) et les puits (colonnes)<sup>a</sup>**

Sources <sup>b</sup>	Puits <sup>b</sup>															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,197	- <sup>c</sup>	-	-	-	-	-	-	0,099	0,346	0,049	-	0,278	0,028	0,003	-
2	-	0,185	-	-	-	-	-	-	0,093	-	-	-	0,619	0,094	0,009	-
3	-	-	0,194	-	-	-	-	-	0,097	0,194	-	-	0,464	0,046	0,005	-
4	-	-	-	0,196	-	-	-	-	0,196	0,196	-	-	0,361	0,046	0,005	-
5	-	-	-	-	0,197	-	-	-	0,099	0,346	0,049	-	0,278	0,028	0,003	-
6	-	-	-	-	-	0,185	-	-	0,093	-	-	-	0,619	0,094	0,009	-
7	-	-	-	-	-	-	0,194	-	0,097	0,194	-	-	0,464	0,046	0,005	-
8	-	-	-	-	-	-	-	0,196	0,196	0,196	-	-	0,361	0,046	0,005	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,520	0,087	0,087	-	0,275	0,028	0,003	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,752	0,094	-	0,138	0,014	0,002	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,923	-	0,061	0,014	0,002	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-

<sup>a</sup> Les chiffres renvoient à la proportion de C d'un réservoir source qui est transférée à un réservoir puits au moment de la perturbation. L'annexe 5 donne un exemple de matrice pour chaque type de perturbation.

<sup>b</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.

2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>c</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CH<sub>4</sub>.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

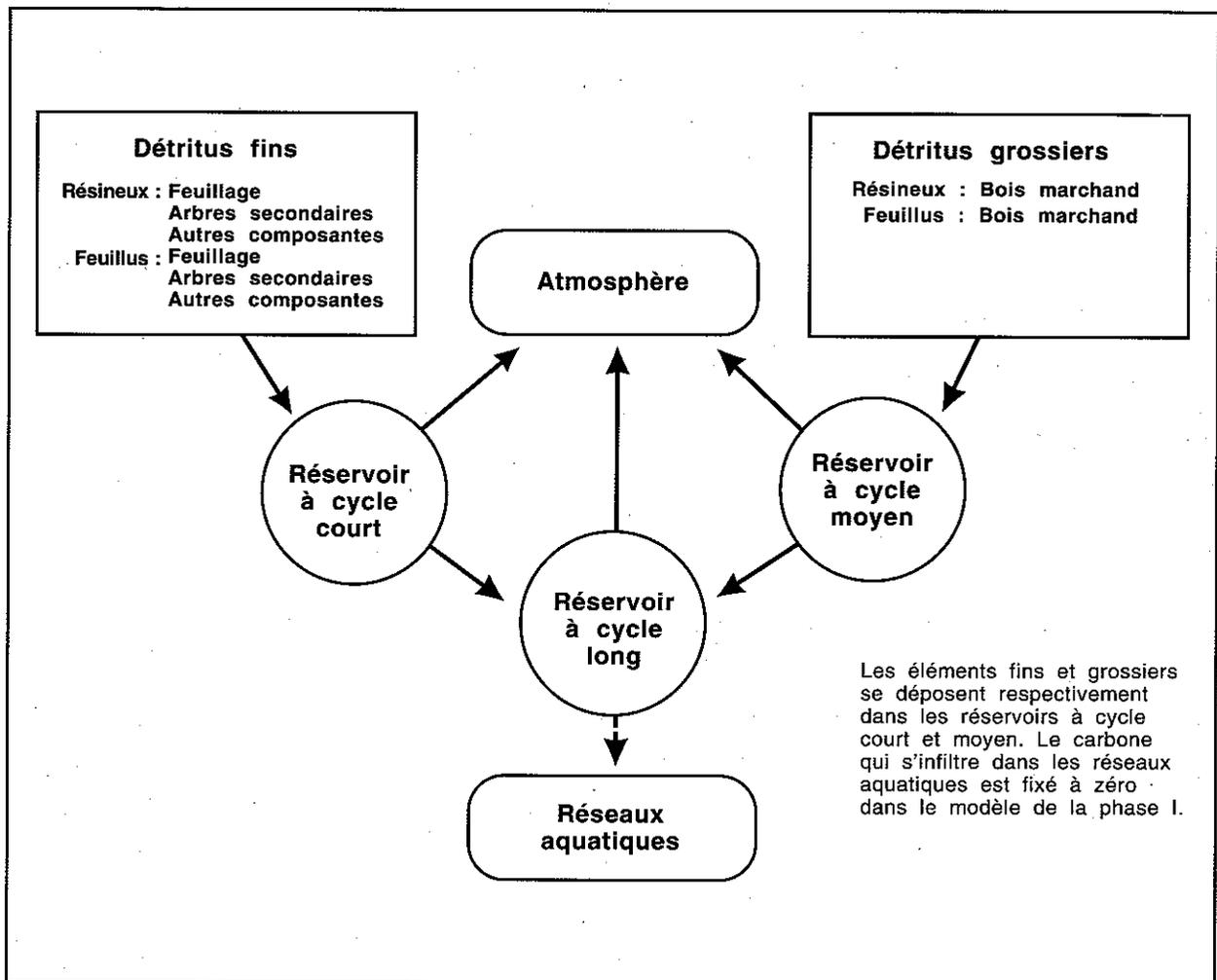


Figure 8. Flux de carbone tel que représenté dans le sous-modèle des sols.

décomposition. Chaque réservoir présente une gamme de vitesses de décomposition variable selon l'écosystème, les vitesses les plus élevées (demi-vies plus courtes) se retrouvant dans les provinces écoclimatiques les plus chaudes. Les 3 réservoirs de C sont énumérés ci-dessous :

1. Un réservoir à cycle de renouvellement (de C) court qui se caractérise par des demi-vies de 3 à 20 ans et se compose de matériaux détritiques de moins de 10 cm de diamètre. Dans le module des sols, on présume que ces matériaux proviennent principalement des catégories de biomasse suivantes (tableau 2) : feuillage de résineux; autres composantes marchandes de résineux; résineux marchands secondaires; feuillage de feuillus; autres composantes marchandes de feuillus et feuillus marchands secondaires.
2. Un réservoir à cycle de renouvellement moyen qui se caractérise par des demi-vies de 20 à 100 ans et comporte des matériaux détritiques de plus de 10 cm de diamètre. Dans le module des sols, on a présumé que ces matériaux provenaient principalement de la partie marchande des tiges de résineux et de feuillus.
3. Un réservoir à cycle de renouvellement long caractérisé de façon générale par des demi-vies de plus de 100 ans et qui se compose de la matière organique humifiée des sols forestiers, ou humus. On trouvera à la page 29 une explication plus détaillée de la définition de ce réservoir à cycle long dans le modèle.

Les perturbations peuvent modifier directement ces réservoirs de C en raison d'échanges de C entre

ceux-ci et l'atmosphère et d'apports de C provenant de la biomasse. Ces perturbations peuvent être quantifiées à l'aide des matrices de la page 21. L'importance des réservoirs est également influencée par l'apport détritique, la décomposition (qui rejette du C dans l'atmosphère) et la dispersion de C dans les systèmes aquatiques (actuellement fixée à zéro en raison du manque de données).

Les tourbières qui se caractérisent par des couches organiques de plus de 50 cm d'épaisseur sont traitées séparément (voir page 12). Le calcul de la dynamique des tourbières par le module des sols a été tenté au moyen d'un ensemble d'analogues parallèles des 3 réservoirs du sol forestier. Des difficultés d'ordre technique ainsi que le manque de résolution spatiale des inventaires des forêts et des tourbières (voir page 12) ont toutefois entraîné l'abandon de cette approche dans la phase I.

### **Calcul de la carbomasse des réservoirs du sol**

La carbomasse des réservoirs du sol varie d'une région écoclimatique à l'autre et est fonction des régimes de perturbation appliqués, de la période écoulée depuis la perturbation et de la dynamique de la portion épigée de la biomasse. Elle est exprimée en tonnes de C par hectare, approche similaire à celle utilisée pour les réservoirs de C de la biomasse. Il n'était pas possible d'obtenir des données empiriques directes provenant d'estimations indépendantes de la carbomasse des réservoirs pour les 41 unités spatiales du modèle, et les données sur le C du sol n'existent probablement pas pour toutes les unités spatiales ou les 3 réservoirs de C du sol. La carbomasse des réservoirs du sol a donc été calculée par simulation, en tenant compte de ses valeurs moyennes observées, des taux de décomposition et de l'impact des perturbations et de la dynamique de la biomasse sur pied.

La dynamique du C du sol est simulée par un processus en 3 étapes. Lors de chaque passage-machine, la dynamique du C de la biomasse et du sol est simulée à partir de l'âge zéro (immédiatement après la perturbation) jusqu'à l'âge maximal observé pour une combinaison donnée de type forestier et de province écoclimatique (120 à 260 ans; voir annexe 3).

Lors du premier passage-machine, les conditions initiales sont établies et la carbomasse des réservoirs du sol à cycle court et moyen est calculée à partir de la dynamique de la biomasse et des taux de décomposition. Après ce passage, les 5 types de perturbation sont appliquées aux réservoirs de C du sol afin d'établir les conditions de départ du deuxième passage-machine.

Lors de ce dernier, le taux de décomposition du réservoir à cycle long est calculé, puis les perturbations sont appliquées à nouveau. Lors du troisième passage-machine, les conditions de départ et les taux de décomposition de tous les réservoirs de C du sol sont connus et des tables sont constituées pour décrire la dynamique du C du sol après chacun des 5 types de perturbation. Ces tables seront utilisées ultérieurement par le module d'intégration principal.

Les superficies dont la dynamique du C de la biomasse a été modélisée ont subi le traitement suivant. Pour chacune d'elles, les 9 étapes de ce traitement sont répétées pour chaque régime de perturbation.

1. La carbomasse des réservoirs à cycle court et moyen est établie à zéro au départ.
2. Le sous-modèle des sols (décrit ci-dessous) a été utilisé pour simuler la dynamique du C des réservoirs à cycle court et moyen (en utilisant un pas de temps d'une seule année) jusqu'à l'âge maximal précisé pour chaque unité spatiale (voir la page 15). L'apport des détritiques a été calculé à partir de la dynamique du C de la portion épigée de la biomasse figurant dans les tables produites par d'autres composantes du modèle du C (voir page 17). Lors du premier passage-machine, la dynamique du réservoir de C à cycle long a été laissée de côté.
3. La perturbation est appliquée et la carbomasse des 3 réservoirs du sol est modifiée en fonction de la matrice de perturbation particulière au type de perturbation (voir page 20).
4. Les valeurs de départ du réservoir de C du sol ont été établies de la façon suivante lors du deuxième passage-machine : les carbomasses des réservoirs à cycle court et moyen sont celles obtenues à l'étape 3; la valeur du réservoir de C du sol à cycle long est fixée d'après les données du Laboratoire national d'Oak Ridge (Zinke et collab., 1986). (Voir au tableau 6 un résumé des conditions de départ applicables aux réservoirs de C à cycle long.)
5. Le modèle des sols est soumis à un deuxième passage-machine (comme le décrit l'étape 2). Lors de celui-ci, le taux de décomposition du réservoir de C à cycle long est fixé à zéro et ce réservoir est donc graduellement enrichi par des apports de C provenant des réservoirs à décomposition rapide et moyenne.

**Tableau 6. Les valeurs d'initialisation du réservoir de carbone du sol à cycle long sont les teneurs moyennes du sol en carbone du sol dans les 11 provinces écoclimatiques<sup>a</sup>**

Province écoclimatique	Teneur en carbone du sol (kg/m <sup>2</sup> )	Taille de l'échantillon (n) <sup>b</sup>	Écart type de la moyenne
Arctique	17,1	12	4,7
Subarctique	33,8	9	9,6
Boréale occidentale	11,8	51	1,5
Boréale orientale	11,8 <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	-
Tempérée froide	9,2	3	1,1
Tempérée modérée	8,4	2	2,7
Prairies	4,9	1	-
Cordillère subarctique	33,8 <sup>e</sup>	-	-
Cordillère	13,8	20	3,0
Cordillère intérieure	26,7	4	11,3
Cordillère pacifique	12,7	15	3,0

<sup>a</sup> Les données de Zinke et collab. (1986) ont été représentées sur la carte des provinces écoclimatiques à l'aide de la longitude et de la latitude.

<sup>b</sup> Sept points de données indiquant des concentrations de C de 100 à 450 kg/m<sup>2</sup> ont été exclus parce qu'il a été présumé qu'elles représentaient la concentration de C des tourbières.

<sup>c</sup> Pour les provinces écoclimatiques boréale orientale et occidentale les mêmes données ont été utilisées.

<sup>d</sup> Non applicable.

<sup>e</sup> Pour la province écoclimatique subarctique et de la Cordillère subarctique, les même données ont été utilisées.

6. Après le deuxième passage-machine, la perte annuelle de C dans le réservoir à cycle long est calculée. Ce taux est fixé de façon à garantir qu'aucun changement net ne se produise pendant la période faisant l'objet de la simulation (voir page 15).
7. La perturbation est à nouveau appliquée et la carbomasse du réservoir du sol est à nouveau modifiée en fonction de la matrice de perturbation applicable (voir page 20).
8. Lors du troisième passage-machine du module des sols, les réservoirs de C à cycle court, moyen et long sont mis à jour pour tenir compte des intervalles annuels. C'est lors de cette dernière simulation qu'interviennent les valeurs de départ postperturbation (étape 7) et la perte annuelle de C du réservoir à cycle long (étape 6).
9. La carbomasse des réservoirs du sol et leur rythme de changement à chaque intervalle d'âge sont stockés dans des tables à consulter (voir page 6).

## Taux de décomposition

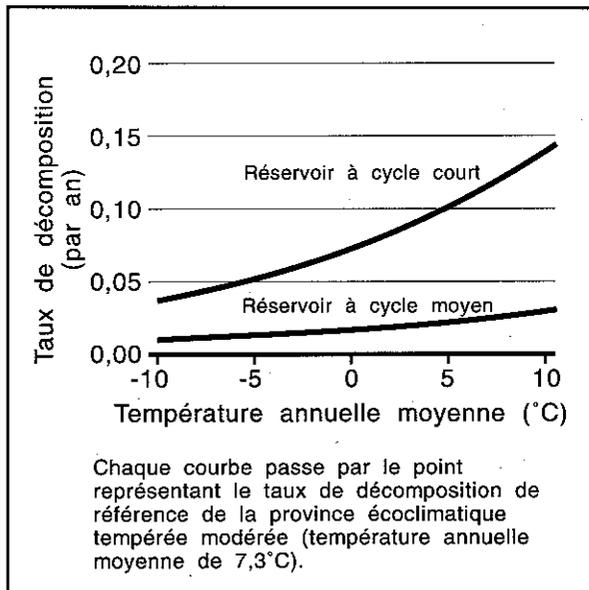
### Décomposition dans les réservoirs du sol à cycle court et moyen

Il existe très peu de données à partir desquelles on peut élaborer des équations empiriques représentatives de la décomposition de la matière organique dans des écosystèmes aussi diversifiés que ceux englobés par cette étude. Les taux de décomposition ont été obtenus à l'aide d'équations simples entre les taux de décomposition et les réservoirs de C du sol (à cycle court et moyen), la température annuelle moyenne, le type forestier et le stade de développement du peuplement.

Lors de l'élaboration, 3 paramètres de la vitesse de décomposition ont été établis pour chacun de ces 2 réservoirs de C : un taux de décomposition minimal, un taux de décomposition maximal et un paramètre relatif à la déclivité. Le taux de décomposition minimal est fonction de la température annuelle moyenne et du type forestier. À mesure que les peuplements forestiers se rapprochent de la valeur maximale de la biomasse

sur pied d'un écosystème donné, il a été présumé que les réservoirs de C du sol atteignaient un taux de décomposition minimal. Le taux de décomposition maximal est observé lorsque la biomasse sur pied est nulle (c'est-à-dire après une perturbation). Ce taux est 1,25 à 2 fois supérieur au taux de décomposition minimal. À tout moment du développement d'un peuplement forestier, les réservoirs de C du sol se décomposent à un rythme oscillant entre le taux de décomposition minimal et maximal.

Les taux de décomposition de référence adoptés sont les taux minimaux des réservoirs de C à cycle court et moyen de la forêt de résineux de la province écoclimatique tempérée modérée (où la température annuelle moyenne est de 7,3°C). À partir de données empiriques (M. Harmon, communication personnelle, décembre 1989; A. Trofymow, communication personnelle, janvier 1990), ces taux ont été déterminés comme étant 0,119 et 0,024 par année pour les réservoirs à cycle court et moyen respectivement. Dans les autres provinces écoclimatiques, les taux de décomposition minimaux ont été établis en fonction de la température annuelle moyenne (figure 9) et les taux de décomposition de référence. La relation fonctionnelle pose comme hypothèse que  $Q_{10}$  est égal à 2 (c'est-à-dire que pour chaque augmentation de température de 10°C, les taux de décomposition doubleront). Le tableau 7 présente les températures annuelles



**Figure 9. Paramètre du taux de décomposition minimal des réservoirs du sol à cycle court et moyen établi en fonction de la température annuelle moyenne.**

moyennes et les taux de décomposition minimaux des 11 provinces écoclimatiques.

Les paramètres du taux de décomposition minimal des 2 autres types forestiers sont dérivés de ceux de la forêt de résineux; dans chaque province écoclimatique, on suppose que le taux de décomposition minimal de la forêt de feuillus est 1,5 fois plus élevé que celui de la forêt de résineux; la moyenne arithmétique du taux de décomposition minimal de la forêt de résineux et de feuillus est présumée être le taux de décomposition minimal de la forêt mixte.

On part du principe que le taux de décomposition maximal des 2 réservoirs de C de la forêt de résineux est 1,25 fois plus élevé que le taux de décomposition minimal. Le taux de décomposition maximal de la forêt feuillue est le double du taux minimal et est calculé, dans le cas de la forêt mixte, comme la moyenne arithmétique du taux de décomposition maximal de la forêt de résineux et de la forêt de feuillus.

On présume que le taux de décomposition réel est fonction du développement du peuplement qu'exprime le rapport entre la biomasse sur pied et la biomasse sur pied potentielle maximale ( $B/B_{Max.}$ ). Cette dernière est définie comme la valeur maximale des courbes d'accumulation de la biomasse d'une station donnée (voir page 14). Le rapport  $B/B_{Max.}$  oscille autour de zéro après une grave perturbation pour atteindre 1,0 à mesure que le peuplement se rapproche de sa biomasse sur pied maximale. Dans certains cas, ce rapport peut à nouveau diminuer pendant la période de déclin du peuplement. Ce rapport est censé refléter l'effet qu'entraînent sur les taux de décomposition des débris les ouvertures créées dans le couvert par une perturbation, la variation de qualité de la litière (rapport lignine/azote) et la succession végétale. À mesure que la portion épigée de la biomasse s'accroît à la suite d'une perturbation, le taux de décomposition décroît de façon exponentielle passant du maximum au minimum (figure 10) comme le décrit l'équation [1].

$$[1] D = D_{Min.} + (D_{Max.} - D_{Min.}) e^{-b(B/B_{Max.})}$$

où :

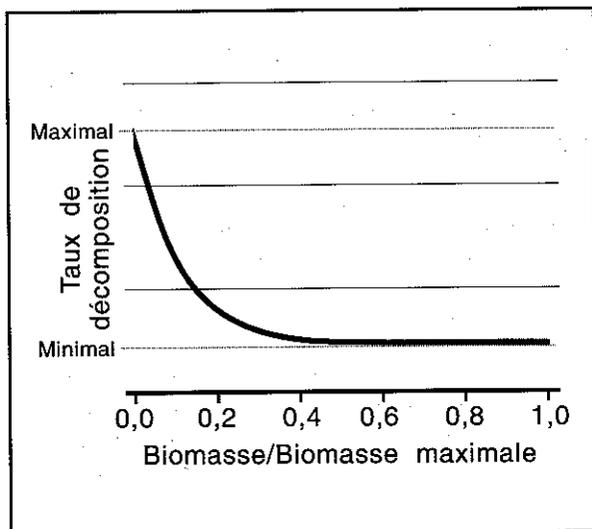
$D$  = taux de décomposition

$D_{Max.}$  = paramètre du taux de décomposition du réservoir du sol en l'absence de toute biomasse forestière ( $B = 0$ ),

$D_{Min.}$  = paramètre du taux de décomposition du réservoir du sol lorsque la biomasse forestière

Tableau 7. Paramètres des taux de décomposition des réservoirs de carbone du sol à cycle court et moyen

Paramètres	Province écoclimatique									
	Arctique	Subarctique	Boréale occidentale	Boréale orientale	Tempérée froide	Tempérée modérée	Prairies	Cordillère subarctique	Cordillère intérieure	Cordillère pacifique
<b>Paramètres climatiques annuels moyens</b>										
Température (°C)	-10,8	-5,0	2,4	-0,6	4,5	7,3	2,9	-7,5	-0,7	4,6
Précipitations (cm)	17,0	62,3	98,3	45,4	93,3	90,9	44,5	37,5	59,2	91,4
<b>Taux minimal de décomposition (par an)</b>										
Réservoir de C du sol										
à cycle rapide										
Résineux	0,033	0,051	0,084	0,068	0,097	0,119	0,088	0,043	0,068	0,099
Feuille	0,051	0,076	0,127	0,103	0,147	0,179	0,131	0,064	0,103	0,148
Mixte	0,043	0,063	0,105	0,085	0,123	0,148	0,109	0,053	0,085	0,123
Réservoir de C du sol										
à cycle moyen										
Résineux	0,007	0,011	0,017	0,013	0,020	0,024	0,017	0,008	0,013	0,020
Feuille	0,011	0,016	0,025	0,021	0,029	0,036	0,027	0,013	0,021	0,029
Mixte	0,008	0,013	0,021	0,017	0,025	0,031	0,023	0,011	0,017	0,025
<b>Taux de décomposition maximal (par an)</b>										
Réservoir de C du sol										
à cycle court										
Résineux	0,043	0,063	0,105	0,085	0,123	0,148	0,109	0,053	0,085	0,123
Feuille	0,101	0,152	0,253	0,205	0,293	0,356	0,263	0,128	0,204	0,295
Mixte	0,069	0,103	0,172	0,140	0,199	0,241	0,177	0,087	0,139	0,200
Réservoir de C du sol										
à cycle moyen										
Résineux	0,008	0,013	0,021	0,017	0,025	0,031	0,023	0,011	0,017	0,025
Feuille	0,020	0,031	0,051	0,041	0,059	0,072	0,053	0,025	0,041	0,060
Mixte	0,013	0,021	0,035	0,028	0,040	0,049	0,036	0,017	0,028	0,040



**Figure 10. Taux de décomposition en fonction du développement du peuplement, décrit par le rapport biomasse du peuplement/biomasse potentielle maximale.**

équivalent à la biomasse sur pied potentielle maximale d'une station ( $B = B_{Max.}$ ),

$B$  = biomasse forestière du pas de temps de la simulation en cours,

$B_{Max.}$  = biomasse forestière potentielle maximale de l'unité spatiale, déterminée à partir des courbes de la biomasse par rapport à l'âge, propres à une station (voir la page 17) et

$b$  = paramètre de pente décrivant le taux de diminution exponentielle (valeur implicite actuelle =  $\ln 0,0001 = 9,21$ ).

La valeur du paramètre  $b$  de l'équation [1] a été fixée de façon à ce que le taux de décomposition soit à mi-chemin entre le minimum et le maximum lorsque la portion épigée de la biomasse a atteint environ 7,5 % de sa valeur maximale pendant le développement du peuplement (figure 10). On part du principe que la végétation est alors suffisamment rétablie pour donner assez d'ombre et réduire l'apport d'énergie à la couverture morte et, par conséquent, les taux de décomposition. Le tableau 7 résume les valeurs des divers taux de décomposition utilisés dans le sous-modèle.

### **Décomposition dans le réservoir à cycle long**

La modélisation du rejet de C par le réservoir du sol à cycle long est tout à fait différente de celle des 2 autres réservoirs du sol. Un réservoir à cycle long est

défini comme un réservoir à temps de rétention du C généralement de plus de 100 ans; le rejet de C devrait y présenter une faible variation nette pendant le cycle naturel d'un peuplement forestier. De plus, le taux de décomposition est censé y être indépendant de la quantité de biomasse sur pied et du temps écoulé depuis la dernière perturbation. Dans la présente étude, l'approche utilisée présume que le réservoir de C du sol à cycle long est en réalité en équilibre lorsque les perturbations se produisent à des intervalles de 120 à 260 ans dans un peuplement (selon la province écoclimatique). Si les perturbations sont plus fréquentes, la carbomasse du réservoir à cycle long peut s'écarter progressivement de son état initial en raison de modifications de l'apport de matière organique.

La perte annuelle de C dans le réservoir à cycle long est calculée en plusieurs étapes (voir page 25). Des données observées dans chaque province écoclimatique définissent les limites de la carbomasse initiale de ce réservoir du sol. Le sous-modèle des sols exécute ensuite une simulation jusqu'à un âge maximal (120 à 260 ans) pour chaque province écoclimatique, additionnant les apports de C provenant des réservoirs à cycle moyen et court à ceux du réservoir à cycle long. Pendant le deuxième passage-machine, le taux de décomposition du réservoir à cycle long est fixé à zéro, permettant ainsi à tous les transferts de C provenant des 2 autres réservoirs de s'accumuler. À la fin du deuxième passage-machine du sous-modèle des sols, la perte annuelle de C par la décomposition dans le réservoir à cycle long est calculée comme étant l'accumulation totale de C divisée par la période de simulation. Le troisième passage-machine utilise la perte annuelle de C de ce réservoir du sol, lequel atteint sa valeur de départ à la fin de la période de simulation.

La perte annuelle de C du réservoir à cycle long calculée par le sous-modèle est constante; elle est également indépendante de la biomasse du peuplement, contrairement aux taux de décomposition des réservoirs à cycle moyen et court. Une perte constante laisse toutefois supposer un taux de décomposition variable, car la carbomasse du réservoir à cycle long se modifie en fonction des apports des 2 autres réservoirs eux-mêmes tributaires du développement du peuplement.

### **Enrichissement des réservoirs de carbone du sol**

Dans les écosystèmes forestiers, la totalité du C de la couverture morte et de la matière organique du sol a été au départ assimilée par photosynthèse pour être

ensuite transférée au sol sous forme de détrit. Par conséquent, dans le modèle de la phase I, tous les apports de C (enrichissement) aux réservoirs à cycle court et moyen proviennent des réservoirs de C de la biomasse. Le réservoir du sol à cycle long, constitué de matière organique humifiée, n'est alimenté en C que par les réservoirs à cycle moyen et court.

Théoriquement, 3 processus sont à l'origine des apports de C de la biomasse aux réservoirs du sol : le taux de renouvellement annuel de la biomasse (turnover) (par exemple, le dépôt de litière, la mortalité des fines racines ou la mort des arbres dominés), la mortalité des arbres, qui se reflète par un déclin net de la biomasse sur pied, et les perturbations. Les courbes d'accumulation nette de C décrivent la dynamique de la portion épigée de la biomasse (voir page 17). Chaque réservoir de C de la biomasse a son propre taux de dépôt de litière annuel qui détermine l'apport annuel de détrit. aux réservoirs de C du sol à cycle court et moyen. Les courbes d'accumulation de la biomasse ne permettent pas d'établir par déduction la chute de litière annuelle parce qu'elles ne représentent que des changements nets de la biomasse. Les taux de renouvellement de la biomasse sont donc définis dans le module des sols afin de simuler les apports annuels de C aux réservoirs du sol.

L'augmentation nette du C dans les réservoirs de la biomasse correspond à l'élimination de C dans l'atmosphère. Une diminution nette du C dans le réservoir de la biomasse, mais en l'absence d'incendie, n'équivaut toutefois pas au rejet direct de C dans l'atmosphère, mais plutôt à un transfert de C vers les réservoirs du sol (par le dépôt de litière et la mort de tiges) ou des produits forestiers. Le sous-modèle des sols surveille donc également la dynamique de la portion épigée de la biomasse et considère que les réductions nettes de la portion épigée de la biomasse sont des apports aux réservoirs du sol. Ces derniers apports se rajoutent à ceux provenant de perturbations et du renouvellement annuel de la composante détrit. du sol.

### **Enrichissement du réservoir de carbone du sol à cycle long**

Le carbone exporté hors des réservoirs du sol en décomposition à cycle court et moyen se retrouve dans le réservoir à cycle long (c'est-à-dire la matière organique humifiée du sol) ou est libéré dans l'atmosphère (figure 8). Dans le modèle de la phase I, on présume qu'un pourcentage constant de 17 % du C exporté hors des réservoirs du sol à cycle court et

moyen est transféré au réservoir à cycle long et que les 83 % restants sont rejetés dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>. Une analyse de sensibilité, décrite à la page 56, examine les incidences de modifications à cette hypothèse.

### **Enrichissement du réservoir de carbone du sol à cycle moyen**

Le réservoir de C du sol à cycle moyen est enrichi par le bois de tige marchand (y compris l'écorce) et d'autres composantes marchandes de la biomasse (souches, cimes et branches des arbres de taille marchande) provenant des constituants résineux et feuillus des peuplements. Dans une province écoclimatique donnée, cet enrichissement (taux d'apport) est une proportion fixe du réservoir de C de la biomasse existante de ces constituants (tableau 8).

En plus de l'apport dû au taux de renouvellement de la biomasse, du C se rajoute au réservoir à cycle moyen lorsque le réservoir de C de la biomasse totale diminue pendant un pas de temps de la simulation. Cet apport est responsable du transfert de C aux réservoirs du sol lorsque le peuplement devient suranné et commence son stade de déclin. L'apport additionnel de C est calculé à partir de la réduction nette du réservoir de biomasse totale et de la proportion de biomasse dans les composantes qui enrichissent le réservoir de C du sol à cycle moyen. L'enrichissement annuel total du réservoir de C du sol à cycle moyen est calculé de façon suivante :

$$[2] \quad AMoy. = (EMoy. \times B + PB) \times Prop.B$$

où :

AMoy. = apport de C au réservoir du sol à cycle moyen par pas de temps (t/ha par année),

EMoy. = paramètre d'enrichissement (particulier à la province écoclimatique) (par année),

B = carbomasse totale de tous les réservoirs de la biomasse (t/ha),

PB = perte nette de la biomasse lors du pas de temps précédent (pourvu que cette perte soit supérieure à zéro) (t/ha par année), et

Prop.B = proportion de biomasse dans les composantes admissibles (c'est-à-dire le bois de tige marchand et les autres composantes marchandes des résineux et des feuillus du peuplement).

Tableau 8. Paramètres de l'enrichissement annuel maximal des réservoirs de carbone du sol à cycle court et moyen

Paramètres	Province éoclimatique									
	Arctique	Subarctique	Boréale occidentale	Boréale orientale	Tempérée froide	Tempérée modérée	Prairies	Cordillère subarctique	Cordillère intérieure	Cordillère pacifique
Enrichissement <sup>a</sup>										
<b>Enrichissement du réservoir à cycle court</b>										
Apports du feuillage										
Résineux (Prop.FeuillageRés.)	0,050	0,050	0,100	0,100	0,150	0,150	0,150	0,100	0,100	0,150
Feuillus (Prop.FeuillageFeuillus)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Autres détritius										
Résineux (Dép.Rés.MS)	0,030	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Feuillus (Dép.FeuillusMS)	0,030	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
<b>Enrichissement du réservoir à cycle moyen (EMoy.)</b>	0,006	0,006	0,005	0,005	0,0067	0,0077	0,006	0,006	0,0045	0,006
Rapport système racinaire fin/système foliacé										
Résineux (Rapp.r/rRés.)	0,007	0,007	0,007	0,007	0,015	0,016	0,016	0,007	0,015	0,016
Feuillus (Rapp.r/rFeuillus)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009	0,013	0,013	0,005	0,009	0,013

<sup>a</sup> Les chiffres correspondent à la proportion du carbone de la biomasse transférée chaque année au réservoir du sol à cycle court et moyen.

### Enrichissement du réservoir de carbone du sol à cycle court

L'enrichissement du réservoir de C du sol à cycle court est simulé à l'aide de la même approche que celle utilisée pour le réservoir à cycle moyen; toutefois, le réservoir du sol à cycle court est enrichi par plusieurs autres composantes de la biomasse. Les apports de C au réservoir à cycle court sont calculés de la façon suivante :

$$[3] \text{ ACourt} = \text{AFinesPart.} + \text{AMS}$$

où :

ACourt = apport total de C au réservoir à cycle court,

AFinesPart. = apport de fines particules, soit le dépôt de litière feuillue et les fines racines,

AMS = apport des arbres marchands secondaires de la biomasse sur pied.

Dans le modèle, les apports des fines racines et des feuilles sont reliés par des rapports système racinaire/système foliacé (d'après leurs carbomasses). Ces paramètres ont des valeurs différentes pour les feuillus et les résineux et sont propres à chaque province éco-climatique :

$$[4] \text{ AFinesPart.} = \{ \text{Apport du feuillage} \} + \{ \text{Apport des fines racines} \} \\ = (1 + \text{Rapp.r/fRés.}) \times \text{Prop.FeuillageRés.} \times (B + PB) \times \text{Prop.B}_{FRés.} + (1 + \text{Rapp.r/fFeuillus}) \times \text{Prop.Feuillage-Feuillus} \times (B + PB) \times \text{Prop.B}_{FFeuillus}$$

où :

Rapp.r/fRés. = rapport système racinaire/système foliacé de la composante résineuse,

Rapp.r/fFeuillus = rapport système racinaire/système foliacé de la composante feuillue,

Prop.FeuillageRés. = proportion du feuillage de résineux dans le dépôt de litière annuel,

Prop.FeuillageFeuillus = proportion de feuillage de feuillus dans le dépôt de litière annuel,

B = carbomasse totale de tous les réservoirs de la biomasse,

PB = réduction nette de la biomasse pendant le dernier pas de temps (pourvu que cette réduction soit supérieure à zéro),

Prop.BFRés. = proportion de la biomasse formée par le feuillage de résineux et

Prop.BFFeuillus = proportion de la biomasse formée par le feuillage de feuillus.

L'apport variable des essences marchandes secondaires rend compte de l'apport en détritux provenant de la biomasse formée par la phytomasse de taille marchande secondaire :

$$[5] \text{ AMS} = \text{Dép.Rés.MS} \times (B + PB) \times \text{Prop.B}_{Rés.MS} + \text{Dép.FeuillusMS} \times (B + PB) \times \text{Prop.B}_{FFeuillusMS}$$

où :

Dép.Rés.MS = dépôt de litière annuel provenant de la composante résineuse marchande secondaire de la biomasse,

Dép.FeuillusMS = dépôt de litière annuel provenant de la composante feuillue marchande secondaire de la biomasse,

B = carbomasse totale de tous les réservoirs de la biomasse,

PB = réduction nette de la biomasse pendant le dernier pas de temps (pourvu que la réduction soit supérieure à zéro),

Prop.BRés.MS = proportion de la composante résineuse marchande secondaire de la biomasse, et

Prop.BFFeuillusMS = proportion de la composante feuillue marchande secondaire de la biomasse.

Le tableau 8 énumère les valeurs implicites du modèle pour les paramètres Rapp.r/fRés., Rapp.r/fFeuillus, Prop.FeuillageRés., Prop.FeuillageFeuillus, Dép.Rés.MS et Dép.FeuillusMS.

Bien que les équations déterminant l'apport en détritux provenant de la biomasse forestière fassent une distinction entre l'apport des résineux et des feuillus, les réservoirs de C du sol ne font pas eux-mêmes une telle différence. Les taux de décomposition varient toutefois selon le type forestier (résineux, feuillu ou mixte) et la province éco-climatique (voir page 26).

### Exemple du comportement du sous-modèle des sols

La figure 11 donne des exemples du comportement du sous-modèle des sols pour une terre forestière

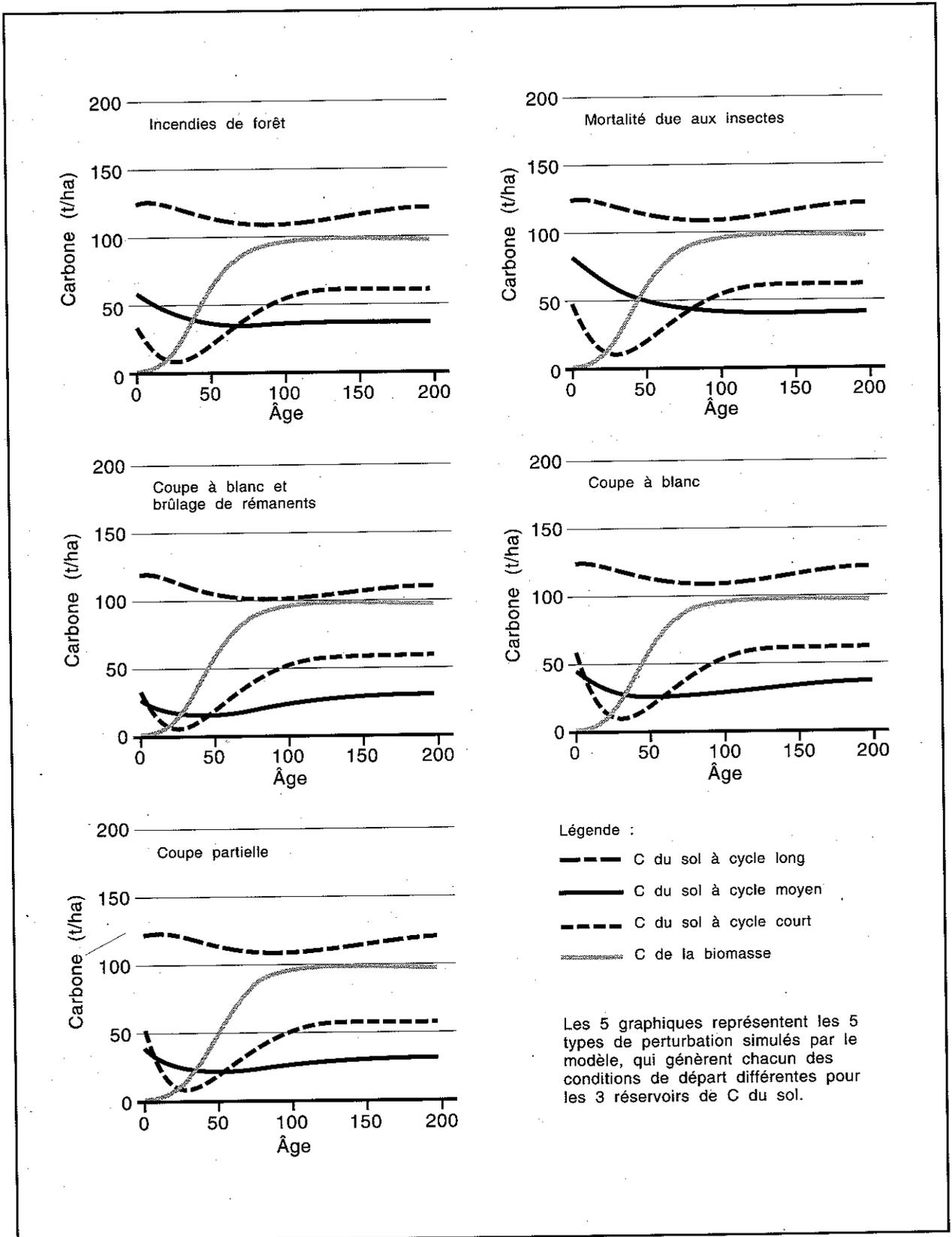


Figure 11. Exemple de la dynamique du carbone du sol et de la biomasse simulée par le modèle du bilan du carbone.

boisée et productive, à couvert résineux et de classe de station 3 (élevée) de la province écoclimatique boréale orientale.

Les 5 graphiques correspondent aux 5 types de perturbation simulés par le modèle, soit les incendies de forêt, la mortalité due aux insectes, les coupes à blanc avec brûlage de rémanents, les coupes à blanc et les coupes partielles. Les courbes d'accumulation de la biomasse sont les mêmes dans les 5 cas parce qu'on présume, dans le modèle de la phase I, que la dynamique postperturbation de la biomasse est indépendante de la perturbation (voir page 14).

Pour bien comprendre la dynamique du C dans un parterre de coupe partielle, il faut se rappeler que le modèle traite ce type de perturbation comme si 50 % du parterre avait été coupé à blanc et 50 % était resté intact. Il faut avoir recours à cette approche parce que le modèle du bilan du carbone ne représente pas explicitement les peuplements inéquiennes (voir page 20). La dynamique illustrée à la figure 11 ne reflète que celle de la partie exploitée du peuplement. Ainsi, comme il a été expliqué précédemment, la coupe de 50 % de la biomasse d'un peuplement de 100 ans et de 10 ha est simulée en modélisant la dynamique du C sur uniquement 5 ha (figure 11). Les 5 autres hectares occupés par un peuplement de 100 ans continuent à se développer. Le modèle intègre les flux de C sur les 10 hectares, établissant ainsi approximativement la dynamique du C dans un peuplement où une coupe partielle a été pratiquée.

Les résultats du sous-modèle des sols concordent avec le comportement prévu et observé des sols forestiers à la suite d'une perturbation. La teneur en C du réservoir du sol en bas âge reflète les effets immédiats de la perturbation elle-même : les réservoirs de C préperturbation ont été redistribués à l'aide des matrices de perturbation (voir page 21; annexe 5). La carbomasse initiale du réservoir du sol à cycle court est la plus faible lorsque la perturbation est attribuable à un incendie de forêt et la plus forte lorsque la perturbation est due à une coupe à blanc ou à une coupe partielle. Cette constatation reflète la réduction de la carbomasse du réservoir du sol à cycle court qui, croit-on, résulterait d'un incendie de forêt et de l'ajout de matière au réservoir à cycle court pendant la récolte. La carbomasse initiale du réservoir à cycle moyen est faible à la suite d'une coupe parce que la majeure partie du bois de tige marchand a été extraite de la station. Par contre, la carbomasse initiale plus importante du réservoir à cycle moyen à la suite d'une mortalité due aux insectes s'explique par la simulation d'un apport de litière grossière (marchande). Dans le cadre de ce scénario, le

déclin ultérieur de la carbomasse initialement importante du réservoir à cycle moyen est attribuable à sa décomposition graduelle.

Le déclin du réservoir de C du sol à cycle court pendant les 40 premières années de développement de la forêt postérieures à la perturbation reflète les effets de l'augmentation du taux de décomposition dans des peuplements plus ouverts (faible rapport biomasse/biomasse maximale) (figure 9). Il montre également la diminution de l'apport de biomasse pendant les premiers stades de développement du peuplement (équation [2]). Des diminutions postperturbation similaires (mais moins spectaculaires) ont également été observées dans le réservoir à cycle moyen. Les changements y sont moindres parce que les taux de décomposition y sont plus faibles (tableau 7). Les déclinés des réservoirs de C du sol à cycle court et moyen se manifestent tous deux de façon similaire par de faibles modifications du réservoir de C du sol à cycle long au cours d'étapes ultérieures de la simulation.

## **Sous-modèle du secteur des produits forestiers**

Le sous-modèle du secteur des produits forestiers simule l'utilisation et l'élimination du bois récolté figurant dans le module principal d'intégration du C (figure 2) et estime la concentration et la forme de C qui est rejeté dans l'atmosphère à partir de ce bois. Le modèle représente une série d'étapes de transformation de la biomasse récoltée en divers produits forestiers (y compris en biocombustibles). Le modèle de la phase I simule les émissions de C associées au brûlage de biomasse ligneuse, mais il ne tient compte ni de la substitution d'énergie (combustibles fossiles), ni de la consommation de l'énergie nécessaire au transport et à la transformation de la biomasse forestière. Une phase future de la présente étude abordera les besoins en énergie du secteur des forêts et son potentiel de remplacement des autres sources énergétiques.

Le module du secteur des produits forestiers fait appel aux données sur la biomasse récoltée dans chaque unité spatiale du modèle du bilan du C. La biomasse récoltée est constituée du bois de sciage de résineux, du bois de sciage de feuillus, du bois de pâte et du bois de chauffage (figure 12) qui ont diverses utilisations finales (figure 13). Le module suit le cheminement de ces catégories de biomasse qui sont soumises à une série de transformations industrielles dont l'efficacité de conversion est variable ainsi que la quantité et la nature des sous-produits qu'elles génèrent.

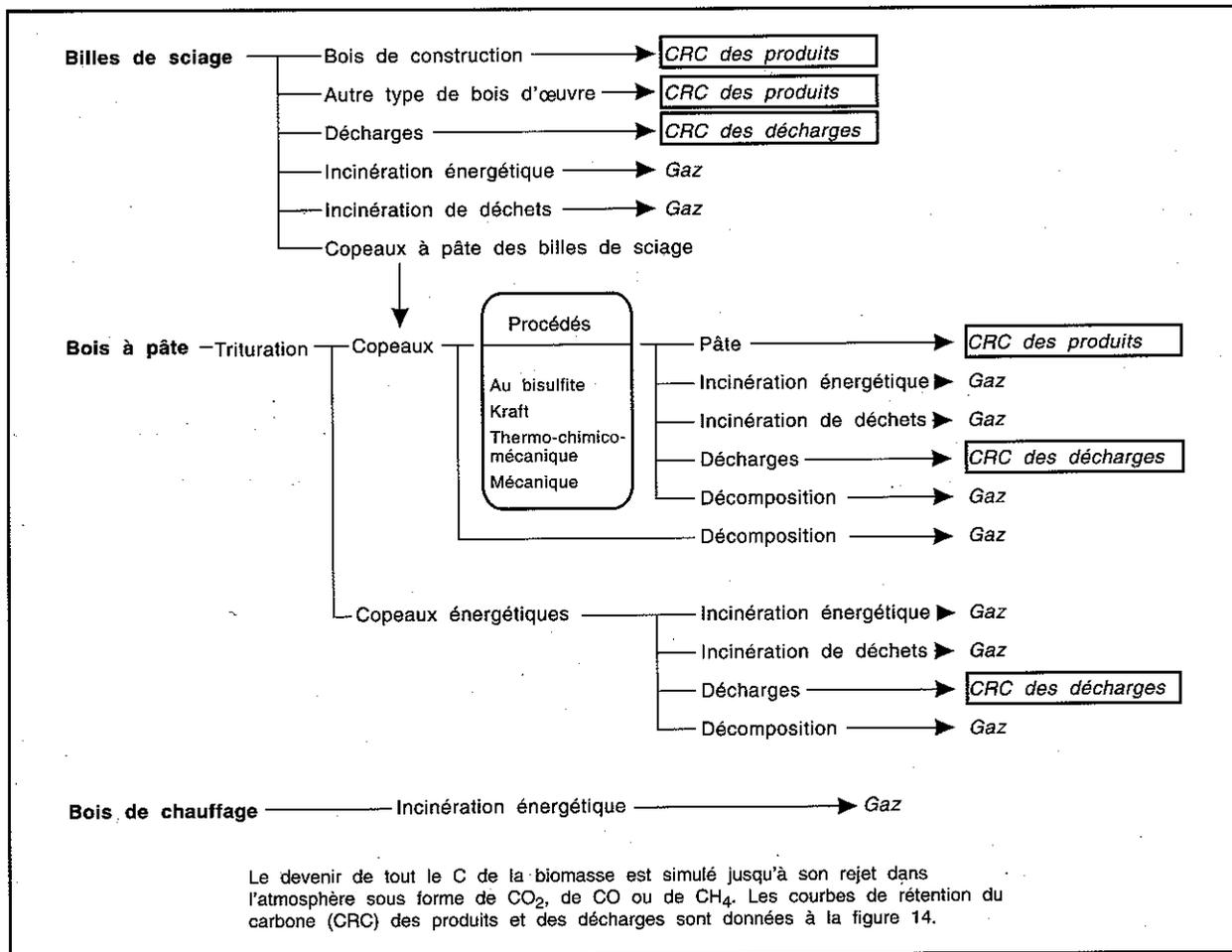


Figure 12. Aperçu des transformations industrielles figurant dans le modèle du secteur des produits forestiers.

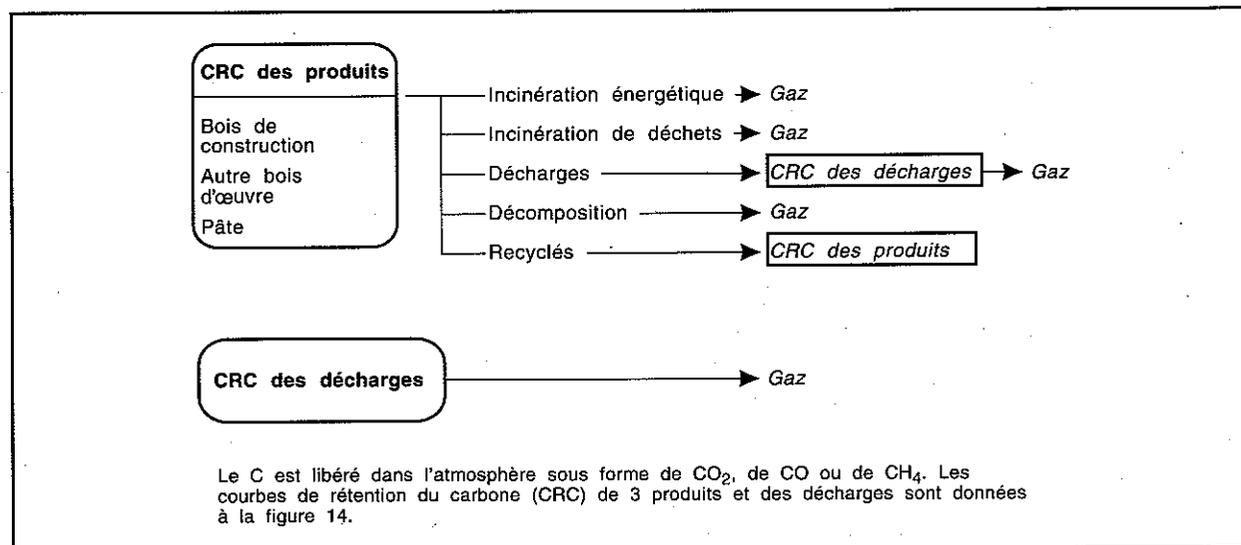


Figure 13. Aperçu du devenir du carbone dans les produits forestiers et les décharges.

Trois réservoirs de C sont engendrés par les produits forestiers : le bois de construction, les autres types de bois d'œuvre et la pâte. Dans chacun de ces réservoirs, les apports de C sont suivis grâce à des classes d'âge annuelles. Une courbe de rétention du C (CRC) est associée à chacun de ces réservoirs de produits forestiers. Ces courbes de rétention servent à décrire la proportion de C qui disparaît annuellement de chacune des classes d'âge d'un réservoir donné de produits forestiers. Le module du secteur des produits forestiers prend également en compte le C (provenant de la biomasse forestière) qui se retrouve dans les décharges en produisant un quatrième réservoir de produits forestiers. Pour chacun de ces quatre réservoirs, une courbe de rétention du carbone est utilisée pour définir quantitativement le rejet de C par ce réservoir (figure 14).

Toute quantité de C quittant un réservoir de produits forestiers peut subir l'un des 5 sorts suivants (figure 13) : la décomposition et l'incinération (de déchets ou à des fins de production d'énergie) rejettent immédiatement du C dans l'atmosphère; on tient pour acquis que le recyclage d'un produit retourne le C à la première classe d'âge du réservoir des produits forestiers; le transfert vers une décharge provoque un

rejet de C dû à la décomposition graduelle. Le taux de perte de C vers l'atmosphère et sa forme ( $\text{CO}_2$ , CO et  $\text{CH}_4$ ) dépendent du type de produit forestier. Soulignons que du C est rejeté par les décharges sous forme gazeuse ( $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$ ) à un rythme décrit par la courbe de rétention particulière aux décharges. Les valeurs choisies pour différents paramètres utilisés dans le module du secteur des produits forestiers sont décrites ci-après. Les tables de données de l'annexe 6 décrivent en détail tous les paramètres utilisés.

Bien que les résultats de la modélisation dont fait état la présente étude soient basés sur la simulation de la dynamique du C d'une seule et même année, les produits forestiers récoltés avant l'année de référence contribuent aux émissions de C dans l'atmosphère pendant cette année. On a fait appel aux rythmes antérieurs d'exploitation et à une simulation du cycle passé de transformation des produits forestiers afin de définir la concentration de C et la structure des classes d'âge des 4 réservoirs de C des produits forestiers. Lors d'une année donnée, une fraction importante du C rejeté dans l'atmosphère par le secteur des produits forestiers provient du bois récolté au cours des années précédentes. Par conséquent, les émissions de C du secteur des produits forestiers réagissent avec un certain retard

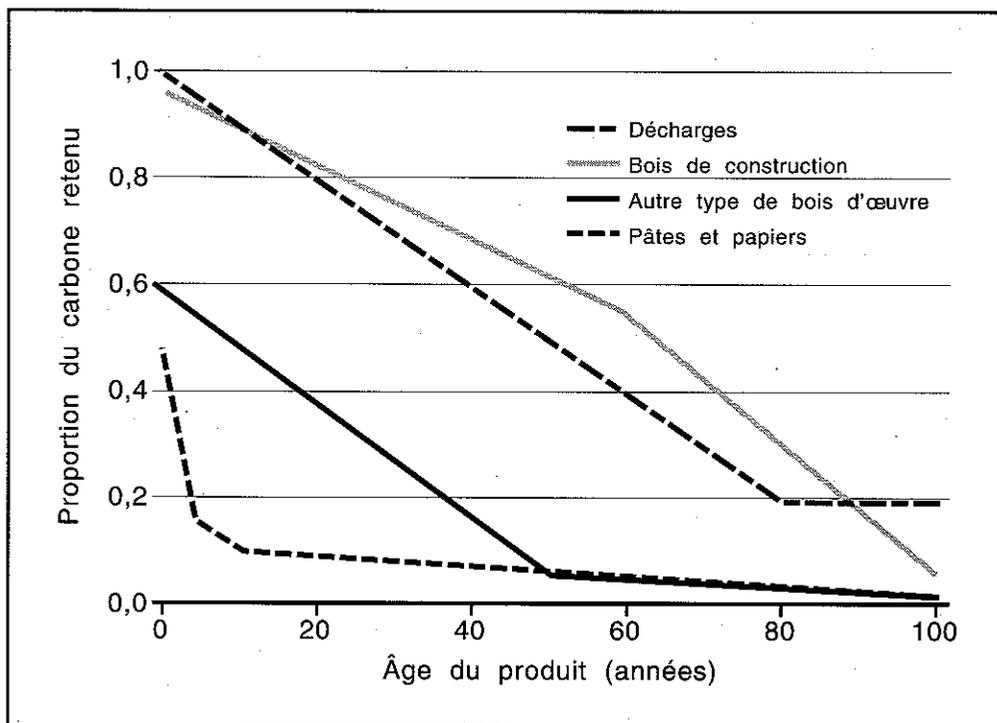


Figure 14. Courbes de rétention du carbone de 3 catégories de produits forestiers (bois de construction, autres types de bois d'œuvre et produits de pâtes et papiers) et des produits forestiers éliminés dans des décharges.

aux modifications des plans de coupe et autres décisions politiques.

Le module du secteur des produits forestiers est doté d'un cadre de comptabilisation qui suit l'évolution du C de la biomasse récoltée. Ce processus prend en compte les facteurs généraux suivants :

**Bois de rebut :** Une certaine proportion du bois extrait de la forêt ne peut être transformée en raison de la présence de pourriture et d'autres facteurs. Ces pertes et le sort de cette matière ligneuse doivent être pris en compte dans le bilan du C. Les matrices de perturbation (voir page 21) tiennent compte du bois de rebut qui reste en forêt puisqu'elles définissent que seule une portion du bois de tige marchand disponible est extraite du peuplement. D'autres pertes de ce type survenant pendant la transformation industrielle sont prises en compte à titre de sous-produits et de déchets par le module du secteur des produits forestiers (figure 12).

**Transport :** Il est important de tenir compte du transport pour 2 raisons : le transport consomme de l'énergie (avec des émissions associées de CO<sub>2</sub>) et des pertes peuvent être associées au transport du bois, comme les billes qui coulent au cours du flottage. De telles pertes, même si elles ont déjà atteint près de 5 %, sont maintenant beaucoup moindres grâce à l'utilisation courante d'allongues de retenue et ne sont donc pas prises en compte par le modèle de la phase I.

**Transformation :** Les billes sont transformées en une variété de produits, comme en bois d'œuvre, en papier mousseline et en contreplaqué. La figure 12 illustre les transferts de C dont il a été question. Le texte ci-dessous décrit plus en détail les étapes de transformation des différents types de produits. Parmi les autres facteurs pris en compte, mentionnons la consommation d'énergie, la production de déchets qui peuvent se retrouver dans les décharges, la production de produits secondaires (comme des copeaux destinés à la fabrication de la pâte), la combustion des déchets ligneux qui produit du CO<sub>2</sub>, du CO et du CH<sub>4</sub> et la production d'énergie à partir de l'incinération de déchets.

**Durée de vie des produits :** La période pendant laquelle un produit est utilisé selon son usage premier est décrite par les courbes de rétention du carbone. Ces courbes et le devenir des produits forestiers, une fois qu'ils ne servent plus à leur utilisation première, ont été décrits ci-dessus.

## Sources des données

Les données utilisées pour le modèle du secteur des produits forestiers proviennent des participants à l'atelier sur le bilan du C (annexe 1) et de publications. Le volume de matière ligneuse récoltée de 1970 à 1986 a été compilé à partir de statistiques de Forêts Canada (Forêts Canada, 1989). Ce rapport divise la production totale de bois rond en 4 catégories, soit les billes et billots, le bois à pâte, le bois de chauffage et les autres types de bois rond.

Seule la Colombie-Britannique disposait de données sur la ventilation du bois rond par feuillus et résineux. Dans le cas des autres provinces, il a été présumé que cette répartition était proportionnelle à celle du bois d'œuvre (production de bois d'œuvre par province et par groupe d'espèces; Forêts Canada, 1989). Les données sur la production de bois à pâte de la Colombie-Britannique étaient en unités de 1000 t. Pour les transformer en milliers de mètres cubes, un facteur de conversion de 2,79 a été établi grâce aux chiffres sur la production de bois à pâte de l'Ontario de 1970, 1980 et 1986 qui étaient exprimés en milliers de tonnes et en milliers de mètres cubes. La production de bois à pâte ainsi estimée a ensuite été soustraite de la proportion de bois de résineux dans les données sur la production de billes et de billots de la Colombie-Britannique.

La production de bois de chauffage de la Colombie-Britannique est incluse dans celle du bois rond; elle a été fixée à zéro pour toutes les années parce qu'il n'était pas facile de la quantifier à partir des données disponibles. Le Conseil des industries forestières de Colombie-Britannique a publié des données sur le volume récolté de 1922 à 1969 dans un tableau intitulé «Canada Log Production, Softwood and Hardwood Combined, Total Logs, Bolts, Pulpwood, Fuelwood and Misc. Roundwood». Cette source a été utilisée pour compiler des statistiques sur le volume récolté pendant la période de 1947 à 1969. La distribution moyenne de la production dans ces 4 catégories (billes et billots, bois à pâte, bois de chauffage et autres types de bois rond) a été calculée pour les années 1970 à 1974 à partir de données de Forêts Canada (1989). Les productions totales antérieures à 1970 ont été compartimentées de la même façon.

## Produits forestiers

La biomasse récoltée est transformée en différents produits et sous-produits (figure 12). Les paramètres

permettant de compartimenter le C dans les diverses étapes de transformation, ainsi que les coefficients de rétention du C décrits ci-après, sont en grande partie basés sur des valeurs déterminées lors de l'atelier sur le bilan du C (annexe 1). Ces données constituent les meilleures estimations disponibles de la situation actuelle et sont censées être valables pour 1986. Toutes les valeurs des paramètres décrits sont situées dans des fichiers extérieurs au modèle et peuvent donc être modifiées pour permettre d'effectuer des analyses de sensibilité et de raffiner le modèle. Des variations historiques de ces taux sont examinées à la page 39. Toutes les quantités de produits forestiers sont exprimées en tonnes de C.

### **Billes de sciage et de placage de résineux**

Les billes de sciage et de placage de résineux sont transformées en bois d'œuvre et leur efficacité de conversion présumée est de 45 %. 70 % du bois d'œuvre produit sert à la construction et les 30 % restants sont utilisés dans la catégorie «autres types de bois d'œuvre» qui regroupe notamment les boîtes et palettes en bois et les boiseries et moulures. Les sous-produits de l'étape de la transformation sont répartis dans 3 catégories désignées par les paramètres suivants :

1. 10 % servent à la production de panneaux (qui se rajoutent à la catégorie «autres types de bois d'œuvre»);
2. 45 % servent de copeaux à pâte et
3. les 45 % restants sont considérés comme des résidus, les deux tiers étant brûlés comme déchets et l'autre tiers à des fins de production d'énergie.

Les courbes de rétention du bois de construction et des autres types de bois d'œuvre sont différentes (figure 14). On présume que 5 % du bois de construction est perdu pendant la première année puisqu'il doit être taillé et profilé lors de la construction. Par la suite, le déclin de la courbe de rétention ralentit, les pertes de C atteignant 50 % lorsque le bois de construction atteint l'âge de 60 ans. Le déclin se poursuit de cette façon jusqu'à ce que seulement 5 % de bois soit encore utilisé de la même façon à l'âge de 100 ans.

Le bois classé dans la catégorie «autres types de bois d'œuvre» perd plus rapidement son utilisation première. Pendant la première année, 40 % du C de cette catégorie disparaît, reflétant sa transformation en produits non réutilisables, comme des palettes et des caisses en bois. Le déclin ralentit par la suite de sorte

que, 50 ans plus tard, seulement 5 % est encore utilisé de la même façon qu'au début.

Le bois de construction et les autres types de bois d'œuvre qui ne sont plus utilisés de la même façon qu'au début sont actuellement répartis entre différentes destinations dans les proportions suivantes : 85 % de ce bois se retrouve dans des décharges, 3 % est brûlé comme déchets, 2 % est brûlé à des fins de production d'énergie, 5 % se décompose, rejetant du C dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> (en unités équivalentes) et 5 % est recyclé.

Dans le modèle, le recyclage est simplement représenté par l'ajout de la quantité recyclée à la première classe d'âge du réservoir de C approprié qui contient la production de l'année en cours. Au cours de la prochaine phase de l'étude, la consommation d'énergie et les pertes de C associées au recyclage des produits seront également prises en compte.

### **Billes de sciage de feuillus**

Dans le modèle, les billes de sciage de feuillus sont transformées en «d'autres types de bois d'œuvre», en copeaux à pâte et en résidus. Même si le bois de peuplier faux-tremble peut être transformé en panneaux de particules et en panneaux gaufrés, matériaux qui sont considérés comme du bois de construction, les données sur la récolte ne font pas de distinction entre les essences feuillues. Par conséquent, le modèle ne fait appel qu'à une seule catégorie de feuillus.

Le sort des billes de sciage de feuillus est décrit par les paramètres suivants : 30 % est transformé en bois d'œuvre qui n'est pas utilisé par l'industrie de la construction, 35 % est transformé en copeaux à pâte et 35 % devient des résidus. 20 % de ces résidus sont utilisés pour la production d'énergie et 80 % sont brûlés comme déchets.

Les courbes de rétention de ces produits feuillus sont présumées être les mêmes que celles du bois de sciage de résineux.

### **Billes à pâte de feuillus et de résineux**

Les billes à pâte sont transformées en copeaux et ont une efficacité d'utilisation présumée de 85 %. Les résidus de ce procédé se composent d'écorce et de matériaux fins qui peuvent être brûlés ou envoyés dans des décharges. Les copeaux issus de ce procédé et les copeaux de sciage produits par les scieries sont stockés jusqu'à leur transformation. Ce stockage entraîne d'autres pertes par décomposition (5 %).

Les billes et copeaux sont transformés en pâte au bisulfite, en pâte kraft, en pâte thermo-chimico-mécanique ou en pâte mécanique. Les 2 premiers procédés ont des taux d'efficacité de transformation relativement faibles (50 et 40 % respectivement) et les résidus qu'ils produisent sont surtout brûlés et rejetés dans l'atmosphère sous forme de  $\text{CO}_2$ . Les taux d'efficacité de la fabrication de la pâte thermo-chimico-mécanique et de la pâte mécanique sont beaucoup plus élevés (85 et 95 % respectivement). Leurs résidus appartiennent à 2 catégories : ceux qui se décomposent rapidement et ceux envoyés dans des décharges. Bien que ce soit des billes et non des copeaux qui servent à la fabrication de la pâte mécanique, l'approche décrite ci-dessus est utilisée afin d'assurer l'uniformité structurale du modèle. Au cours de la prochaine phase de l'étude, on augmentera dans le modèle le nombre d'étapes de transformation et de produits de pâte pour refléter avec plus de précision le processus de transformation du secteur des pâtes et papiers.

La plupart des produits à base de pâte ne durent pas aussi longtemps que le bois d'œuvre, ce qui transparaît dans les courbes de rétention (figure 14). On présume que 50 % d'entre eux disparaissent pendant la première année, étant surtout transformés en produits à faible longévité comme le papier mousseline et le papier journal. Par la suite, le déclin ralentit, de sorte qu'il n'en reste que 15 % après 5 ans et 10 % après 10 ans. La courbe de rétention se rapproche donc lentement de zéro à l'âge de 100 ans, représentant des produits à grande longévité comme les livres, les papiers de construction et les cartons durs.

Les paramètres du modèle répartissent les produits de pâtes et papiers qui ne servent plus à leur utilisation première dans les catégories suivantes : 90 % d'entre eux se retrouvent dans des décharges, 2,5 % sont brûlés sous forme de déchets, 2 % sont brûlés pour produire de l'énergie, 0,5 % se décomposent (rejetant du C dans l'atmosphère sous forme de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{CH}_4$ ) et 5 % sont recyclés.

### **Bois de chauffage**

En brûlant, le bois de chauffage rejette tout le C dans l'atmosphère sous forme de  $\text{CO}_2$ . Dans la version du modèle de la phase I, rien n'a été tenté pour tenir compte des émissions de particules, du C restant dans le charbon et les cendres et de la substitution des combustibles fossiles.

## **Décharges**

Dans les décharges, les taux de décomposition sont assez faibles; ils y seraient d'environ 1 à 2 % par année pour 80 % de la matière qui y est stockée. L'autre 20 % de la matière présente dans les décharges se décompose, croit-on, encore plus lentement, formant en fait un réservoir à long terme de C.

On présume que les produits ligneux se retrouvant dans une décharge rejettent du C dans l'atmosphère sous forme de  $\text{CO}_2$  pendant la première année. Pendant la deuxième année, le C est libéré à moitié sous forme de  $\text{CO}_2$  et à moitié sous forme de  $\text{CH}_4$ . Pendant les autres années, seul du  $\text{CH}_4$  est rejeté. Le méthane produit dans les décharges peut être brûlé et transformé en  $\text{CO}_2$ . Ce procédé peut à son tour servir à produire de l'énergie, même si l'utilisation de l'énergie et la conversion en  $\text{CH}_4$  ne fait actuellement pas partie du sous-modèle du secteur des produits forestiers.

## **État initial des réservoirs des produits forestiers**

Afin de calculer le bilan du C pour une année donnée, il faut déterminer l'état initial de chacun des réservoirs de C des produits forestiers. Il faut donc établir la quantité et la répartition, par classe d'âge, des produits ligneux dans les décharges ainsi que la quantité de bois présente dans les maisons et servant à d'autres fins.

Une façon d'y arriver serait de mener une étude des habitations et des décharges afin d'estimer les quantités de produits ligneux qui s'y trouvent. Cette approche n'est pas réaliste et ce pour 2 raisons : premièrement, il faudrait effectuer une enquête à l'échelle mondiale pour déterminer quelle fraction des produits de bois utilisés dans chaque pays provient du Canada, puisque ce bilan du C porte sur tous les produits forestiers issus des forêts canadiennes, et, deuxièmement, il serait très difficile d'obtenir l'information nécessaire sur chacune des décharges.

Les réservoirs actuels de C sont plutôt modélisés en faisant débiter cette partie du module en un point datant de nombreuses années et en effectuant des passages-machine à l'aide des volumes de récolte historiques afin d'obtenir la teneur en C de chacun des 4 réservoirs de C. Dans le cas du modèle de la phase I, le sous-modèle a commencé la simulation de la dynamique du C 40 ans avant 1986 (1947) et l'a poursuivi jusqu'à l'année de référence 1986. Pour que cette approche fonctionne, il a fallu apporter des

changements aux paramètres de production afin de refléter les conditions historiques. 2 paramètres principaux ont été ajustés au cours de la simulation de 40 ans (annexe 6) :

1. le taux d'efficacité de la conversion des billes de sciage de résineux en bois d'œuvre est graduellement passé de 35 à 45 % pendant cette période de 40 ans et
2. l'utilisation de copeaux de scierie pour la fabrication de pâte est passée de zéro, au cours des années antérieures à 1972, à environ 80 % des niveaux de 1986, en 1982.

### Hypothèses additionnelles

Le module du secteur des produits forestiers constitue une structure de comptabilisation assez simple qui suit le transfert de C. Un certain nombre d'hypothèses ont été formulées, tant à l'égard de la structure du module qu'à l'égard des données utilisées pour estimer les paramètres du modèle. Dans une certaine mesure, tous les paramètres utilisés dans le module (voir annexe 6) sont des hypothèses, mais il semble que les hypothèses suivantes soient les plus importantes :

1. la répartition de la récolte entre les provinces éco-climatiques d'une même province a toujours été stable;
2. la même répartition de la récolte entre les régions éco-climatiques est utilisée pour tous les types de bois (bois de sciage, bois à pâte et bois de chauffage, tant résineux que feuillus);
3. les apports aux divers réservoirs de produits forestiers antérieurs à 1947 n'ont pas affecté, en 1986, les émissions de C dans l'atmosphère provenant des produits forestiers;
4. les profils historiques de rétention des produits dans les divers réservoirs et dans les décharges sont restés stables pendant les 40 années précédant 1986; et
5. les principaux changements qu'a connu le secteur des produits forestiers et ayant rapport au bilan du C pour les années 1947 à 1986 ont été une augmentation du taux d'efficacité de conversion des billes de sciage de résineux en bois d'œuvre et une augmentation de la proportion de copeaux de scierie utilisés pour la fabrication de la pâte.

## Calcul du bilan du carbone

Le module principal d'intégration du C réunit la simulation de la dynamique du C des écosystèmes de toutes les unités spatiales à l'échelle nationale. Chaque unité spatiale comporte de nombreuses strates différentes qui sont identifiées par les combinaisons de classificateurs énumérées au tableau 1. Dans le cas des strates pour lesquelles il existe des valeurs sur la biomasse (Bonnor, 1985), la dynamique du C des réservoirs du sol et de la biomasse est décrite dans les tables à consulter produites par le module de création de tables (figure 2). Ces tables quantifient la carbomasse des réservoirs et le taux annuel de changement des réservoirs du sol et de la biomasse.

Lors de la phase I de la présente étude, le bilan net du C du secteur des forêts du Canada est calculé pour un pas de temps d'une année (1986) (voir également page 8).

Le module principal d'intégration du C exécute les 5 tâches suivantes :

1. le module calcule, pour chacun des 8 réservoirs de C de la biomasse et des 3 réservoirs du sol, le C total de l'écosystème, dans chaque strate de chaque unité spatiale, en multipliant la superficie de chaque strate par les carbomasses du sol et de la biomasse (t/ha de C);
2. le module calcule, pour chacun des 8 réservoirs de C de la biomasse et des 3 réservoirs du sol, les modifications totales du C de l'écosystème associées à la dynamique du C de la biomasse et du sol en multipliant la superficie de chaque strate par le taux annuel de changement net des réservoirs de C de la biomasse et du sol (t/ha de C);
3. le module calcule les échanges nets de C associés aux 5 types de perturbations, au fur et à mesure qu'elles se produisent dans chaque unité spatiale (tel qu'examiné à la page 20);
4. le module calcule la quantité de C de la biomasse qui passe au module du secteur des produits forestiers; et
5. le module présente ses résultats dans un format approprié au module générateur de rapports.

Le module d'intégration se fonde sur plusieurs hypothèses qui reflètent nos connaissances actuelles sur la dynamique du C de l'écosystème. Comme il a

été expliqué à la page 14, les courbes du C de la biomasse représentent les modifications nettes de C. On suppose que toutes les augmentations de l'ensemble des 8 réservoirs de C de la biomasse ont été prélevées dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>, parce que la photosynthèse est la seule voie par laquelle le C peut être au départ séquestré. D'autre part, en l'absence de perturbation, toutes les diminutions du C total de la biomasse sont présumées avoir été causées par le transfert de C vers les réservoirs du sol à cycle moyen ou court. Le réservoir récepteur du sol dépend des réservoirs de la biomasse qui fournissent les détritiques (par exemple, la biomasse des feuilles se joint au réservoir de C du sol à cycle court tandis que la biomasse des tiges se retrouve dans le réservoir à cycle moyen).

On considère que les diminutions de la quantité totale de C présente dans les 3 réservoirs du sol sont des rejets atmosphériques et que les augmentations de la carbomasse totale des réservoirs ont été prélevées dans l'atmosphère, quoique par l'intermédiaire des réservoirs de la biomasse. Par conséquent, un écosystème forestier peut capter du C de l'atmosphère, même lorsque le réservoir de C total de la biomasse est constant (ou même à la baisse), si les réservoirs du sol augmentent assez rapidement.

Outre le transfert annuel de C associé au dépôt de litière et à la mortalité d'arbres (détritiques), un transfert ponctuel de C peut se produire en raison d'une perturbation (voir page 20). Il est important de se rappeler que les arbres sur pied morts (par exemple après un incendie) sont considérés comme faisant partie des

réservoirs de C du sol, qui comprennent les gros débris ligneux et la litière. Par conséquent, les perturbations, en plus de rejeter du C dans l'atmosphère, en transfèrent vers les réservoirs du sol.

La dynamique de la biomasse après une perturbation est présumée indépendante du type de perturbation, mais la dynamique du C du sol varie selon le peuplement et son mode de rétablissement après une perturbation donnée (figure 11). Bonnor (1985) ne présente aucune donnée sur la perturbation qui précède l'établissement d'un peuplement. Il faut donc formuler des hypothèses sur les perturbations antérieures pour déterminer l'état initial des réservoirs de C du sol (voir page 33). Sur le plan des superficies, les incendies de forêt ont toujours été le principal type de perturbation au Canada et il a donc été présumé que tous les peuplements répertoriés devaient leur origine à l'action du feu. Les incidences de cette hypothèse sur la dynamique du C du sol dans le présent bilan sont examinées à la page 55.

Le module du secteur des produits forestiers tient compte du rejet éventuel dans l'atmosphère du C qui s'est accumulé grâce au transfert annuel du C de la biomasse au secteur des produits forestiers. Pour une année donnée (1986 dans la présente analyse), le rejet de C dans l'atmosphère comprend la décomposition de la biomasse forestière résiduelle récoltée pendant les années précédentes. De plus, du C est libéré dans l'atmosphère pendant la transformation et le brûlage de résidus (incinération de déchets ou production d'énergie) associés à la récolte de l'année en cours.

---

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des 6 passages-machine du modèle du bilan du C sont présentés dans le rapport de la phase I. Seul le premier passage-machine (appelé passage-machine standard) est examiné en détail. Les autres passages-machine ont servi à explorer certaines des incertitudes liées aux données actuellement disponibles et aux hypothèses. On trouvera ci-dessous une description du passage-machine standard et des 5 passages-machine d'analyse de la sensibilité.

**Passage-machine standard :** Les résultats de la simulation d'une seule année étaient basés sur les données de l'année de référence 1986.

**Analyse de la sensibilité :** Chacun des passages-machine du modèle comportait des modifications à un seul paramètre principal du modèle ou à un procédé :

1. **Passage-machine avec une forte biomasse :** Afin d'étudier les effets des incertitudes présentes dans les données sur la biomasse, toutes les données répertoriées ont été augmentées de 10 %.
2. **Passage-machine avec un rapport système racinaire/système foliacé élevé :** Afin d'étudier les effets des modifications des hypothèses sur l'apport des fines racines aux réservoirs de C du

sol, les apports au réservoir du sol à cycle court ont été augmentés de 10 % pendant la simulation.

3. **Passage-machine avec une forte action du feu :** Afin d'étudier les effets de régimes de perturbation modifiés, plus précisément les incendies de forêt, la superficie incendiée chaque année a été multipliée par un facteur de 3 par rapport à celle utilisée lors du passage-machine standard.
4. **Passage-machine avec l'origine du peuplement :** Afin d'explorer les effets de l'hypothèse établissant que tous les peuplements du Canada sont issus de l'action du feu, on a également présumé que tous les peuplements s'étaient réimplantés après une coupe à blanc.
5. **Passage-machine avec le réservoir du sol à cycle long :** Afin d'analyser les effets des modifications de la compartimentation du C rejeté par les réservoirs de C du sol à cycle court et moyen, on a fait passer la proportion de C se joignant au réservoir du sol à cycle long de 17 à 5 %.

Les résultats du passage-machine standard sont présentés pour l'ensemble du pays et répartis par province écoclimatique. Ils quantifient le C stocké dans les réservoirs de la biomasse, du sol, des tourbières et du secteur des produits forestiers; suit ensuite une discussion des modifications de ces réservoirs pendant l'année de référence 1986 et l'échange net avec l'atmosphère qui en a été déduit. Les résultats des analyses de sensibilité ne figurent que pour l'ensemble du pays, mais sont examinés un à un, après la présentation détaillée du passage-machine standard.

## Réservoirs de carbone

### Carbomasse du sol et de la biomasse

On a constaté que la carbomasse (t/ha de C) des écosystèmes forestiers canadiens variait énormément d'une province écoclimatique à l'autre (figure 15), reflétant les différentes conditions de croissance. La carbomasse moyenne nationale de la biomasse est de 29,6 t/ha et varie de 5,9 t/ha dans la province écoclimatique de la Cordillère subarctique à 140,6 t/ha dans la province écoclimatique de la Cordillère pacifique. Botkin et Simpson (1990), à l'aide de données empiriques complètement indépendantes, ont estimé la carbomasse des forêts boréales de l'Amérique du Nord (y compris l'Alaska) à  $19 \pm 4$  t/ha, estimation qui concorde étroitement avec l'estimation de la phase I

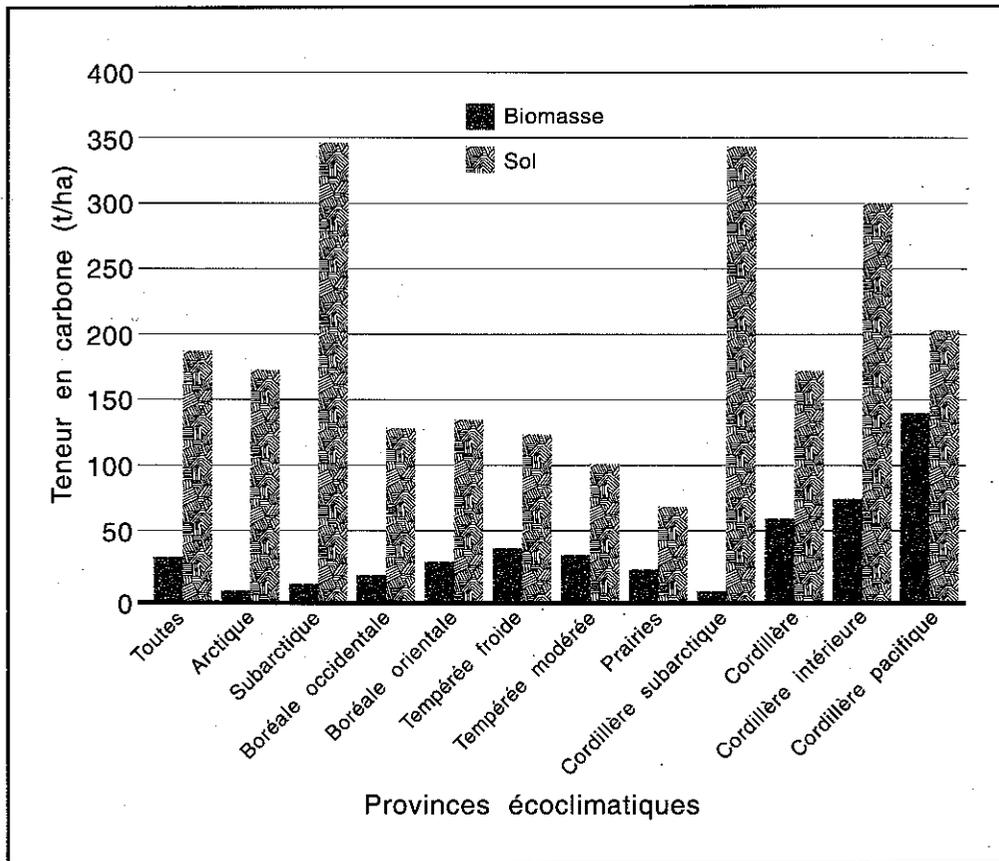
portant sur la forêt boréale occidentale canadienne (19,5 t/ha), mais est quelque peu inférieure à celles portant sur la forêt boréale orientale (26,9 t/ha).

Dans les écosystèmes forestiers canadiens, la carbomasse du sol varie également énormément d'une province écoclimatique à l'autre. La moyenne nationale est de 189 t/ha (figure 15). Les carbomasses les plus élevées du sol ont été découvertes dans les provinces écoclimatiques subarctiques (346 t/ha) et de la Cordillère subarctique (344 t/ha) et reflétaient probablement les faibles taux de décomposition dans ces régions plus froides. Il est important de souligner qu'il existe très peu de données sur la teneur en C du sol dans certaines provinces écoclimatiques (tableau 6); toutefois, un examen national des données disponibles sur la teneur en C du sol des écosystèmes forestiers canadiens a été entrepris (M. Apps, données inédites, 1991).

### Inventaire de la teneur totale en carbone de la biomasse, du sol, des produits forestiers et des tourbières

La modélisation fournit une estimation de la teneur totale en C des réservoirs de la biomasse, des sols et des tourbières dans les écosystèmes forestiers canadiens et du C présent dans les produits forestiers. Sur toutes les superficies de l'inventaire comportant des données sur la biomasse, le C atteignait au total 12 Gt de C (gigatonne =  $10^9$  t =  $10^{15}$  g) (figure 16; tableau 9). Les sols forestiers contiennent environ 76,4 Gt de C. Cette estimation n'englobe pas le C des tourbières, qui a été évalué de façon indépendante à 136 Gt (Gorham, 1988). On estime que les produits forestiers provenant de la biomasse récoltée au Canada de 1947 à 1986 contient une masse supplémentaire 0,6 Gt de C. Chacune des composantes de l'ensemble de cet inventaire est examiné plus en détail ci-après.

Afin d'obtenir des estimations de la teneur totale en C des réservoirs de la biomasse et du sol, il faut multiplier les estimations de la carbomasse par un nombre correspondant à la superficie appropriée. Les superficies forestières répertoriées sont dominées par 4 provinces écoclimatiques, soit la province boréale orientale et occidentale, la province subarctique et la province de la Cordillère, qui représentent 82,3 % de la superficie totale des terres (figure 4). Les 2 provinces écoclimatiques boréales représentent à elles seules 43 % de cette superficie totale. La répartition inégale de la superficie entre les 11 provinces écoclimatiques et les différences de densité de la carbomasse contribuent toutes deux aux différences de l'inventaire de



**Figure 15. Carbone des réservoirs du sol et de la biomasse, dans chacune des 11 provinces écoclimatiques, et moyenne nationale.**

la teneur totale en C de la biomasse et du sol qui ont été observées.

Il a déjà été établi que la valeur de 12 Gt est une sous-estimation de la quantité totale de C de la biomasse des écosystèmes forestiers canadiens parce que la biomasse n'a été quantifiée que sur 70 % du territoire répertorié dans l'inventaire du SDRFC. Cette superficie ne représente toutefois pas un échantillon aléatoire de la superficie forestière totale. Les 30 % restants de l'inventaire sont dominés par des terres non forestières et improductives (tableau 3). À la phase I, il n'a pas été possible de fournir une estimation de la biomasse présente sur la superficie pour laquelle on ne disposait d'aucune donnée, mais une telle estimation serait certainement inférieure à celle que l'on obtiendrait en extrapolant simplement l'estimation de 12 Gt à la totalité des superficies répertoriées dans l'inventaire.

Bonnor (1985) a fait essentiellement appel au même ensemble de données initial, mais à des approches de calcul différentes, pour estimer que les

forêts canadiennes renferment, en poids sec, 26 Gt de biomasse forestière. Ce chiffre équivaut à 13 Gt de C (en supposant une teneur en C de 0,5), une estimation 8 % plus élevée que la valeur obtenue lors de la présente étude. Cette différence peut être attribuable à 3 facteurs :

1. la version de la base de données de l'inventaire de la biomasse de 1984 utilisée dans le cadre de la présente étude a été révisée (par le personnel du SDRFC) afin de corriger des incohérences mineures après la publication des résultats de Bonnor (1985);
2. dans le cadre du présent rapport, une plage d'âge a été attribuée à chacune des classes de maturité de l'inventaire de la biomasse de 1984 à l'aide de rapports classe d'âge/classe de maturité établis par Forêts Canada (1988) (voir page 15); et
3. plutôt que d'utiliser une seule valeur moyenne de biomasse pour chaque classe de maturité des 380 types d'écosystèmes forestiers différents

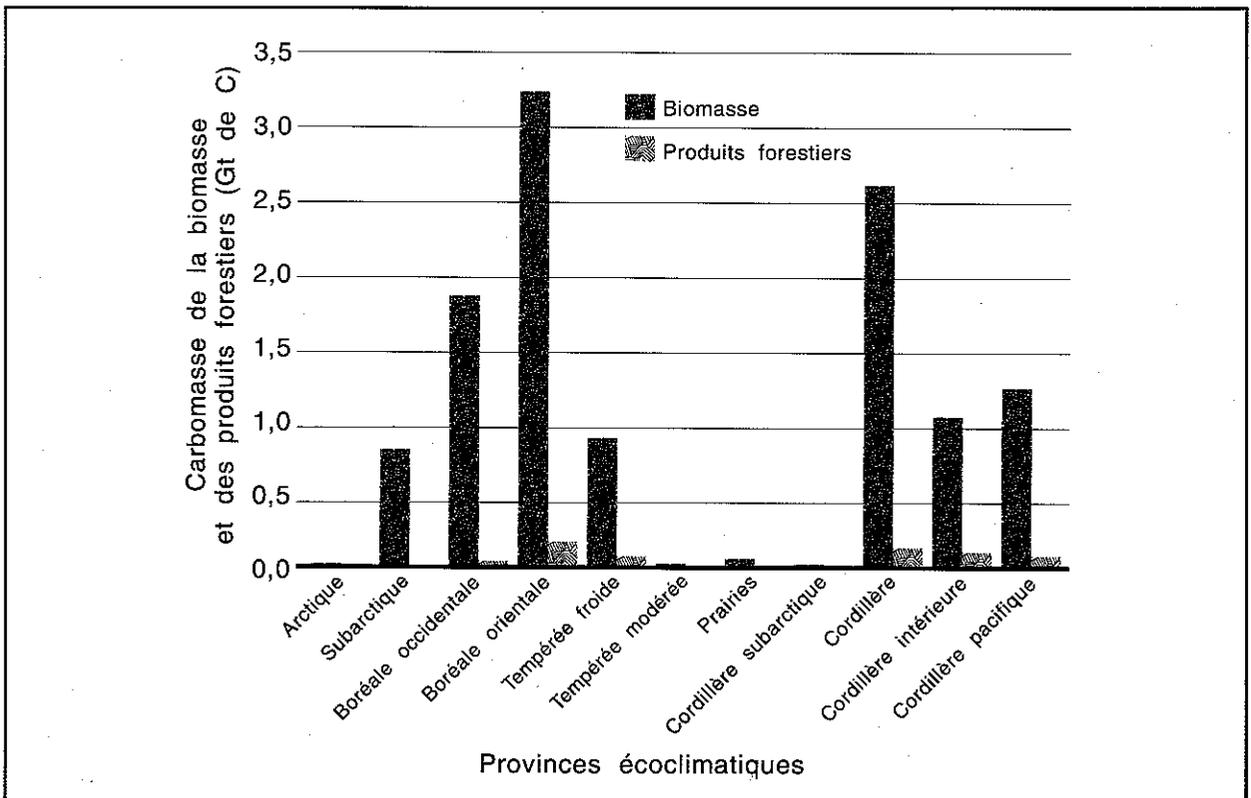
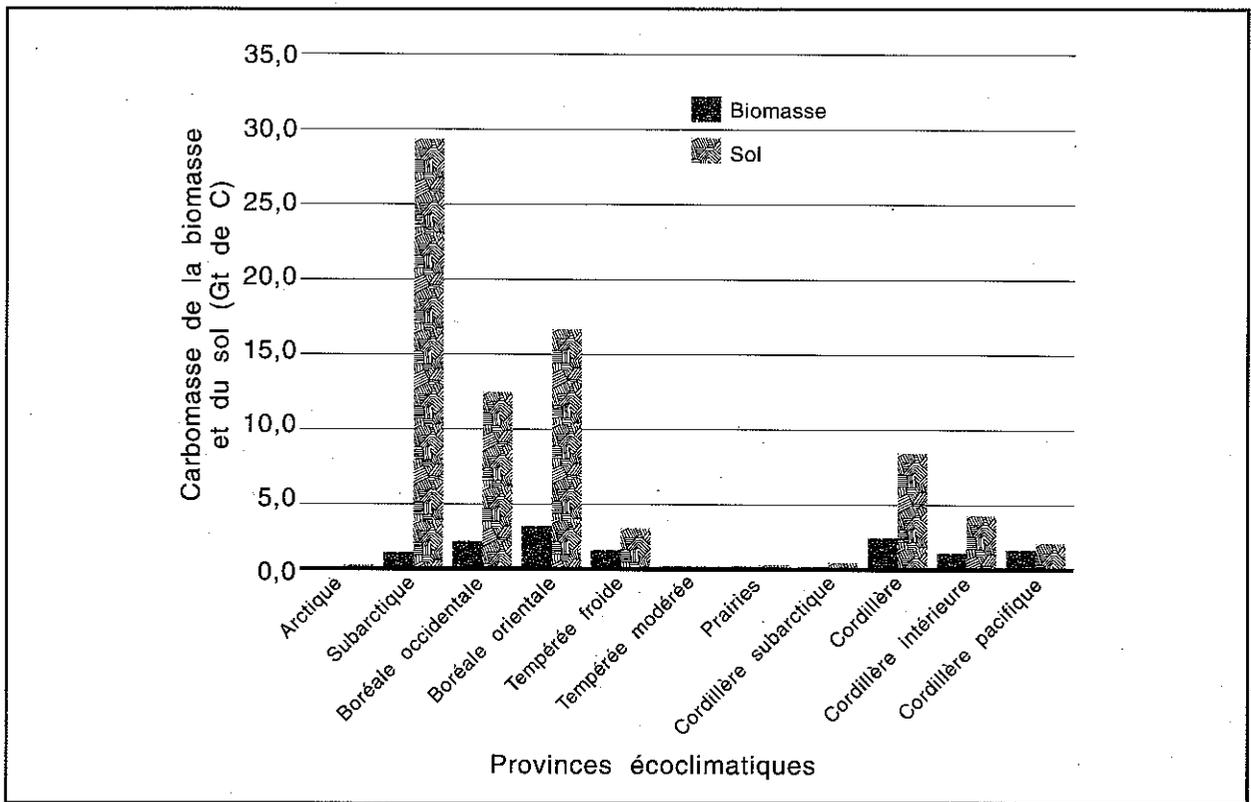


Figure 16. Carbomasse totale des réservoirs de la biomasse et du sol (en haut) et des réservoirs de la biomasse et des produits forestiers (en bas).

**Tableau 9. Inventaire de la carbomasse du secteur des forêts du Canada (Mt de C)**

Variable	Province éoclimatique										Superficie totale	
	Arctique	Subarctique	Boréale occidentale	Boréale orientale	Tempérée froide	Tempérée modérée	Prairies	Cordillère subarctique	Cordillère intérieure	Cordillère pacifique		
C de la biomasse	4	817	1 899	3 232	946	7	54	5	2 604	1 099	1 286	11 952
C du sol	114	29 493	12 543	16 418	2 966	20	174	309	8 129	4 383	1 853	76 404
Sous-total	118	30 310	14 442	19 650	3 912	27	228	314	10 733	5 481	3 139	88 356
C du secteur des produits forestiers	0	0	26	207	64	0	0	0	129	87	51	563
Total	118	30 310	14 468	19 857	3 976	27	228	314	10 862	5 568	3 190	88 918

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

figurant dans Bonnor (1985), des courbes de la biomasse par rapport à l'âge ont été simulées pour ces écosystèmes.

Chacune des différences de données et de méthodes susmentionnées peut avoir contribué à l'écart de 8 % observé entre les 2 estimations. La contribution relative de chacun de ces facteurs ne peut toutefois être quantifiée, parce qu'il n'est pas possible de préciser l'étendue des changements apportés à la base de données de 1984 lors de sa révision.

Les estimations du C de la biomasse dont on fait état ne portent que sur la portion épigée de la biomasse. En ajoutant les estimations de la biomasse formée par les fines et les grosses racines, on ferait augmenter davantage la teneur totale en C de la biomasse, mais les données disponibles étaient insuffisantes pour pouvoir estimer de façon satisfaisante le C présent dans les racines des écosystèmes canadiens. Des études d'écosystèmes individuels laissent supposer qu'un autre 10 à 20 % de la portion épigée de l'ensemble de la biomasse se retrouve dans les systèmes racinaires (Dice, 1970; Kurz, 1989a) et une version ultérieure du modèle incorpore la dynamique de la biomasse des fines et grosses racines.

Il est probable que l'estimation de la teneur totale en C du sol soit également en deçà de la réalité, parce que la dynamique du C du sol n'est calculée que pour les 70 % de la superficie du SDRFC accompagnés de données sur la biomasse. Une partie trop importante des 30 % de la superficie dont la biomasse n'est pas quantifiée est située dans les provinces écoclimatiques subarctique et de la Cordillère subarctique et a des carbomasses élevées dans le sol. La carbomasse totale du sol des écosystèmes forestiers canadiens pourrait donc être supérieure à la valeur qu'on obtiendrait en extrapolant simplement l'estimation du présent rapport à 100 % des superficies inventoriées.

Ce modèle représente de façon quelque peu simpliste les tourbières (voir page 12). Gorham (1988) a estimé la carbomasse en C des tourbières canadiennes à 135 Gt, valeur utilisée partout dans le présent rapport. Les estimations publiées récemment (Gorham, 1991) révèlent une carbomasse variant de 151,6 Gt (pour la superficie de 119 millions d'hectares estimée par Gorham) à 119,1 Gt (pour la superficie approximative de 93,5 millions d'hectares utilisée par le Groupe national de travail sur les terres humides [1986]). Il faut noter, une fois de plus, que les inventaires des tourbières et des forêts se chevauchent dans une mesure inconnue et que les estimations de la teneur en

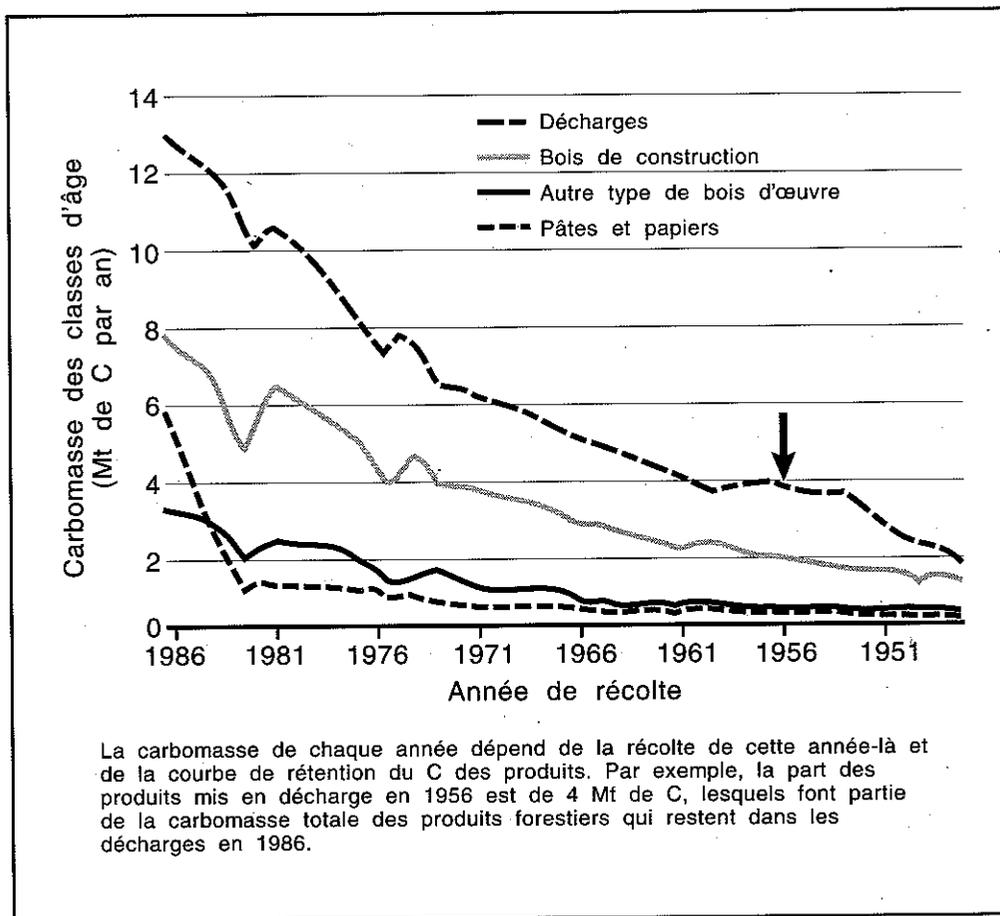
C des réservoirs de la tourbe et du sol peuvent ne pas s'additionner directement. Le réservoir de C des tourbières a été inclus dans l'inventaire global du C du secteur des forêts parce que de nombreuses tourbières du Canada sont boisées. De plus, il est important d'indiquer l'ampleur de la source potentielle de C en cas de modifications des conditions environnementales causées par des changements du régime sylvicole ou du climat.

Les 4 réservoirs de C du secteur des produits forestiers (voir page 37) simulés dans le modèle renferment 0,563 Gt de C, soit l'équivalent d'environ 5 % du C présent dans la biomasse forestière. Le C du secteur des produits forestiers est réparti dans 40 classes d'âge qui représentent les résidus des produits forestiers fabriqués au cours des 40 années précédentes (figure 17). Les volumes de récolte historiques, l'efficacité de la conversion de la biomasse récoltée en produits forestiers et les courbes de rétention du C de ces produits déterminent la proportion de C qui reste dans chacune de ces classes d'âge. Ainsi, les apports annuels au réservoir des pâtes et papiers sont légèrement plus élevés que ceux du réservoir «autres types de bois d'œuvre», mais le rejet de C par le réservoir des pâtes et papiers est beaucoup plus rapide. Toute la biomasse contenue dans ces réservoirs a été récoltée dans des écosystèmes canadiens, mais elle peut maintenant se trouver à l'extérieur du pays (voir page 5).

## **Le bilan du carbone du secteur des forêts du Canada**

Les résultats du passage-machine standard (figure 18; tableau 10) montrent que les forêts canadiennes et les activités du secteur forestier constituaient, en 1986, un puits de 76,8 Mt de C (mégatonne =  $10^6$  t =  $10^{12}$  g), dont 26,2 Mt étaient attribuées aux tourbières. Cette estimation du flux net de C ne tient pas compte du C rejeté par l'utilisation de combustibles fossiles lors des activités d'aménagement forestier ou de la fabrication de produits forestiers.

Dans les secteurs des forêts du Canada, la part des 2 provinces écoclimatiques boréales dans l'assimilation nette du C était de 54 %; par ailleurs, la part des provinces écoclimatiques arctique, de la Cordillère subarctique, des Prairies et tempérée modérée n'était que de 0,94 Mt de C (soit 1,2 % du total); il faut toutefois faire preuve de prudence lors de l'interprétation des résultats car, pour chaque province écoclimatique, seules les superficies recensées par Bonnor (1985) et les tourbières figurant dans l'inventaire national des



**Figure 17. Quantité de carbone présente dans les 4 réservoirs des produits forestiers, dans chacune des 40 classes d'âge.**

tourbières influencent explicitement le bilan du C dans le présent modèle (tableau 3). Toutes les provinces écoclimatiques, notamment subarctique et arctique, contiennent des secteurs qui, dans le présent modèle, doivent être considérés comme «à bilan de C neutre». Les perturbations ne sont attribuées qu'aux superficies pour lesquelles la dynamique du C est simulée (voir page 21).

Dans ce rapport, le bilan net du C provient d'estimations des changements nets survenant dans les réservoirs de C de la biomasse, des sols, des tourbières et du secteur des produits forestiers. Dans les pages suivantes, chaque composante de ce bilan du C sera examinée plus en détail.

### Biomasse forestière

Avant que les perturbations ne soient prises en compte, les réservoirs de C de la biomasse des

écosystèmes forestiers canadiens séquestraient environ 109,3 Mt de C, y compris l'augmentation de 92 Mt de C du réservoir de la biomasse et les 17,3 Mt de C transférées aux réservoirs du sol sous forme de débris (dépôt de litière et mortalité des arbres). L'assimilation de carbone est répartie dans l'ensemble des forêts du Canada.

Chaque année, un faible pourcentage des forêts canadiennes est perturbé par le feu, les insectes ou l'exploitation forestière (annexe 7). Pendant l'année de référence 1986, les perturbations ont rejeté directement dans l'atmosphère 20,3 Mt de C séquestré dans la biomasse forestière. Les perturbations ont également transféré du C de la biomasse au secteur des produits forestiers (44,2 Mt de C de la biomasse récoltée) et aux réservoirs du sol (55,4 Mt de C). Ce dernier transfert provenait des rémanents et des arbres morts restés sur pied après une coupe ou un incendie et de la mortalité causée par les insectes (inclus, dans le présent modèle, aux réservoirs de C du sol).

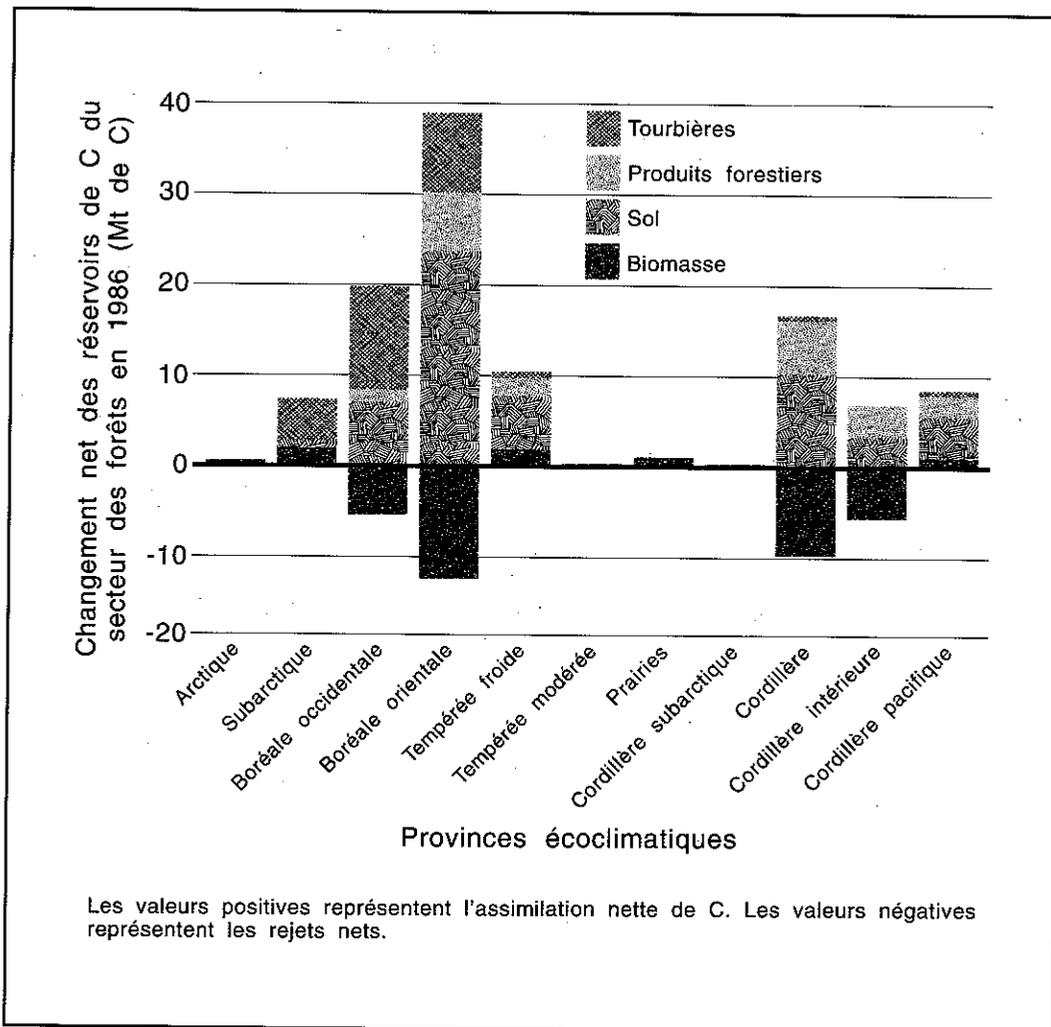


Figure 18. Changement net, par année, dans chacun des 4 réservoirs de carbone du secteur des forêts pour l'année de référence 1986.

La moyenne décennale (1980-1989) des superficies détruites chaque année par le feu au Canada est d'un peu moins de 2,5 millions d'hectares (annexe 7). Les résultats du modèle (tableau 10) révèlent que les incendies de forêt ont rejeté directement dans l'atmosphère 18,7 Mt de C de la biomasse en 1986. De plus, le feu a transféré 21 Mt de C du réservoir de la biomasse aux réservoirs du sol, lesquels libéreront du C par décomposition. Dans les secteurs affectés par des perturbations, une certaine quantité du C de la biomasse reste dans les réservoirs de la biomasse (voir page 21). Au Canada, le brûlage de rémanents a rejeté dans l'atmosphère 1,5 Mt de C. Près de 60 % du C de la biomasse libéré dans l'atmosphère par les incendies provenait de la province écoclimatique boréale occidentale, reflétant les vastes superficies qui y ont été détruites par le feu.

Par suite de la défoliation, environ 0,1 Mt de C a été directement rejetée par la respiration des insectes en 1986 (tableau 10). Les infestations d'insectes à l'origine d'une mortalité ont toutefois principalement eu pour effet de transférer 12,4 Mt de C du réservoir de la biomasse vivante aux réservoirs de C du sol en décomposition.

Pour l'année de référence 1986, le changement net des réservoirs de C de la biomasse était de -27,9 Mt de C. Les activités de récolte ont transféré 44,2 Mt de C de la biomasse au secteur des produits forestiers. Le C de la biomasse qui est resté dans les parterres de coupe (sous forme de rémanents, de bois de rebut, etc., et qui est compris dans les réservoirs de C du sol), constituait 22 Mt de C en 1986. De plus, une certaine proportion de la biomasse vivante est restée dans les parterres de

Tableau 10. Bilan du carbone du secteur des forêts du Canada pour 1986 (milliers de tonnes de C)

Variable	Province écoclimatique										Superficie totale	
	Aérotique	Subarctique	Boréale occidentale	Boréale orientale	Tempérée froide	Tempérée modérée	Prairies	Cordillère subarctique	Cordillère intérieure	Cordillère pacifique		
<b>Biomasse forestière</b>												
Accroissement net avant les perturbations	30	6 558	19 839	29 436	10 370	188	394	55	12 695	5 699	6 762	92 025
Rejets atmosphériques dus aux perturbations	0	-2 523	-11 014	-2 178	-25	0	-9	-8	-2 773	-56	-96	-18 682
Incendies de forêt	0	0	0	-85	-6	0	0	0	-8	-7	0	-105
Insectes	0	0	0	-61	-4	0	0	0	-700	-426	-320	-1 511
Coupes à blanc et brûlages de rémanents	0	-2 523	-11 014	-2 323	-34	0	-9	-8	-3 482	-489	-416	-20 297
Sous-total des rejets dus aux perturbations												
Transferts au sol par les perturbations	0	-2 620	-10 749	-3 811	-107	0	-135	-2	-3 084	-316	-129	-20 953
Incendies de forêt	0	0	0	-9 011	-1 472	0	0	0	-997	-963	0	-12 444
Insectes	0	0	0	-48	-4	0	0	0	-530	-355	-228	-1 165
Coupes à blanc et brûlages de rémanents	0	0	-1 007	-9 280	-2 385	0	-1	0	-3 700	-2 081	-1 432	-19 887
Coupes à blanc	0	0	0	-389	-62	0	0	0	-115	-314	-31	-910
Coupes partielles	0	-2 620	-11 756	-22 539	-4 029	0	-136	-2	-8 426	-4 030	-1 821	-55 359
Sous-total des transferts par les perturbations	0	0	-2 605	-16 289	-4 655	0	-1	0	-10 211	-6 588	-3 875	-44 225
Transferts au secteur des produits forestiers	30	1 415	-5 536	-11 715	1 652	188	248	45	-9 424	-5 408	650	-27 856
Changement net												
<b>Sols forestiers</b>												
Apports nets de débris avant les perturbations	17	881	3 295	2 533	2 480	-23	49	32	5 002	-445	3 446	17 268
Transferts provenant de la biomasse dus aux perturbations	0	2 620	11 756	22 539	4 029	0	136	2	8 426	4 030	1 821	55 359
Rejets atmosphériques dus aux perturbations	0	-2 443	-7 667	-1 472	-29	0	-6	-17	-2 609	-54	-44	-14 342
Incendies de forêt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Insectes	0	0	0	-62	-8	0	0	0	-431	-217	-165	-883
Coupes à blanc et brûlages de rémanents	0	-2 443	-7 667	-1 534	-37	0	-6	-17	-3 040	-271	-209	-15 225
Sous-total des rejets dus aux perturbations	17	1 058	7 384	23 538	6 472	-23	179	17	10 388	3 314	5 058	57 402
Changement net												
<b>Produits forestiers</b>												
Transferts provenant de la biomasse	0	0	2 605	16 289	4 655	0	1	0	10 211	6 588	3 875	44 225
Rejets atmosphériques	0	0	-1 442	-9 467	-2 751	0	-1	0	-4 687	-2 996	-1 762	-23 106
Changement net	0	0	1 163	6 822	1 904	0	0	0	5 524	3 592	2 113	21 119
<b>Tourbières</b>												
Accumulation nette	208	5 041	11 178	8 424	394	6	0	21	511	0	400	26 184
Total (puits net)	254	7 514	14 189	27 070	10 422	172	427	83	6 999	1 498	8 221	76 848

Nota : Les chiffres à signe positif représentent des augmentations des réservoirs de C, les chiffres à signe négatif représentent des rejets de C dans l'atmosphère ou des transferts vers d'autres réservoirs de C. Ils dénotent tous deux les changements survenus pendant l'année de référence 1986. Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

coupe et est calculée dans l'inventaire du C de la biomasse.

## Sols forestiers

Avant que les perturbations ne soient prises en compte, les réservoirs de C du sol des écosystèmes forestiers canadiens (à l'exclusion des tourbières) ont augmenté d'environ 17,3 Mt de C en 1986. Cette augmentation nette correspond au bilan simulé des apports de C par les détritiques (y compris la mortalité des arbres et le taux de renouvellement de la biomasse des fines racines) provenant des réservoirs de la biomasse et des pertes par décomposition vers l'atmosphère dans tous les écosystèmes forestiers canadiens. Il faut souligner, comme dans le cas des estimations de la carbomasse du sol, que les données à partir desquelles on a pu estimer la dynamique du C du sol étaient rares, tout comme celles auxquelles on a pu comparer les estimations de la dynamique du C du sol.

En 1986, un faible pourcentage (0,86 %) des écosystèmes forestiers canadiens a été affecté par des perturbations. Ces perturbations ont rejeté environ 15,2 Mt de C directement dans l'atmosphère. Les incendies de forêt ont entraîné 14,3 Mt de ce rejet; le brûlage de rémanents a libéré dans l'atmosphère un autre 0,9 Mt de C des réservoirs du sol. Les perturbations ont transféré 55,4 Mt de C de la biomasse aux réservoirs du sol.

Pendant l'année de référence 1986, le changement net survenu dans les réservoirs de C du sol était de 57,4 Mt de C. Les réservoirs de C des écosystèmes forestiers canadiens (à l'exclusion des tourbières) ont donc augmenté leur teneur en C de 29,5 Mt, soit la somme des changements survenus dans les réservoirs de C du sol et de la biomasse.

## Produits forestiers

Le C de la biomasse, une fois extrait de l'écosystème, est considéré comme faisant partie du secteur des produits forestiers. La dynamique du réservoir de C du secteur des produits forestiers est attribuée à l'unité spatiale d'où provenait la matière ligneuse récoltée. Celle-ci dégage une certaine quantité de C pendant toute les étapes ultérieures, soit la transformation, l'utilisation du produit et son élimination finale. Le flux net de C provenant du secteur des produits forestiers est la différence entre le C qui est rajouté chaque année par les activités d'exploitation forestière et le rejet de C par la transformation, la combustion et la décomposition des produits forestiers.

Il est possible d'effectuer 2 estimations indépendantes des données sur les volumes de récolte de 1986. La quantité de C fournie par le secteur des produits forestiers peut être estimée à partir des statistiques sur les produits forestiers (voir page 39). On peut obtenir une deuxième estimation à partir du C de la biomasse éliminé des écosystèmes et transféré au secteur des produits forestiers en appliquant les statistiques annuelles sur les superficies récoltées à l'inventaire de la biomasse du bilan du C. On avait prévu une différence entre ces 2 estimations parce que les statistiques sur la biomasse reflètent les conditions moyennes d'un peuplement, tandis que celles sur les activités d'exploitation forestière visent souvent des peuplements abritant des volumes supérieurs à la normale.

Aux fins de la présente étude, on a élaboré des règles de répartition, par type forestier, des superficies récoltées dans chacune des 41 unités spatiales représentées dans l'inventaire du bilan du C. Pour chaque unité spatiale, le volume minimal nécessaire pour qu'un peuplement puisse être exploitable a été déterminé (voir page 21). Les perturbations causées par la récolte et appliquées au modèle se sont traduites par un transfert de 39,5 Mt de C au secteur des produits forestiers.

Les statistiques sur les produits forestiers canadiens révèlent qu'environ 177 millions de mètres cubes de bois se joignent au secteur des produits forestiers chaque année. Ce chiffre représente 44,2 Mt de C (facteur de conversion du volume en C de 0,25). Bien que cette estimation soit d'environ 12 % supérieure à celle obtenue directement par le présent modèle, le transfert approximatif de 44,2 Mt de C a été utilisé dans le bilan du C (tableau 10) par souci de cohérence avec le traitement des données sur la récolte de 1947 à 1986. Dans les modélisations futures, on réexaminera la conversion du volume de bois récolté en unités de C à la lumière de statistiques sur les densités du bois des essences forestières canadiennes qui ont été publiées récemment (Gonzalez, 1990).

Pendant l'année de référence 1986, la transformation des 44,2 Mt de C de biomasse et l'oxydation des produits forestiers provenant de la biomasse récoltée pendant les 40 années précédentes ont entraîné un rejet dans l'atmosphère de 23,1 Mt de C. Néanmoins, les réservoirs des produits forestiers montraient une accumulation nette de 21,1 Mt de C en 1986.

Dans le modèle de la phase I, l'estimation du flux de C provenant du secteur des produits forestiers ne

tient pas compte de l'énergie utilisée pour la transformation et la fabrication, ni du remplacement de combustibles fossiles par des biocombustibles. Une évaluation de la consommation et des besoins énergétiques du secteur forestier sera effectuée dans le futur.

## **Tourbières**

Les tourbières canadiennes sont souvent boisées et ont donc été incluses au présent bilan (voir page 12). En partant de l'hypothèse que les tourbières accumulent actuellement du C au même rythme qu'autrefois (28 g/m<sup>2</sup> par année; voir page 12), il a été établi que les tourbières canadiennes étaient un puits net pour 26,2 Mt de C, ce qui représente environ 34 % de l'assimilation globale nette de C par le secteur des forêts du Canada en 1986. L'annexe 2 du présent rapport précise les contributions des tourbières au modèle du bilan du C.

## **Évolution des réservoirs de carbone, par unité de surface**

Les changements annuels des réservoirs de C sont le résultat net de 2 phénomènes se déroulant à des échelles spatiales différentes. La dynamique incessante des réservoirs de C du sol et de la biomasse de tous les écosystèmes forestiers canadiens entraîne de faibles changements nets par hectare sur un très vaste territoire. Chaque année, des perturbations particulières affectent un faible pourcentage de la superficie boisée, mais elles ont un impact important sur les réservoirs de C de ces régions.

L'augmentation nette du C (à l'exclusion des pertes par dépôt de litière) de la biomasse forestière pré-perturbation était de 92 Mt de C. Cet accroissement d'environ 0,23 t/ha de C par année est à peu près équivalent à un accroissement net en volume de 1 m<sup>3</sup>/ha par année, avec des taux d'assimilation variables selon la province écoclimatique, le type forestier et le stade de développement du peuplement. Après avoir pris en compte les rejets dans l'atmosphère causés par les perturbations et le transfert de C aux réservoirs du sol et des produits forestiers, le réservoir de la biomasse diminuait de 0,07 t/ha de C par année (figure 19). Les perturbations sont à l'origine de la diminution de la carbomasse des réservoirs de la biomasse dans les provinces écoclimatiques boréales orientale et occidentale, de la Cordillère et de la Cordillère intérieure.

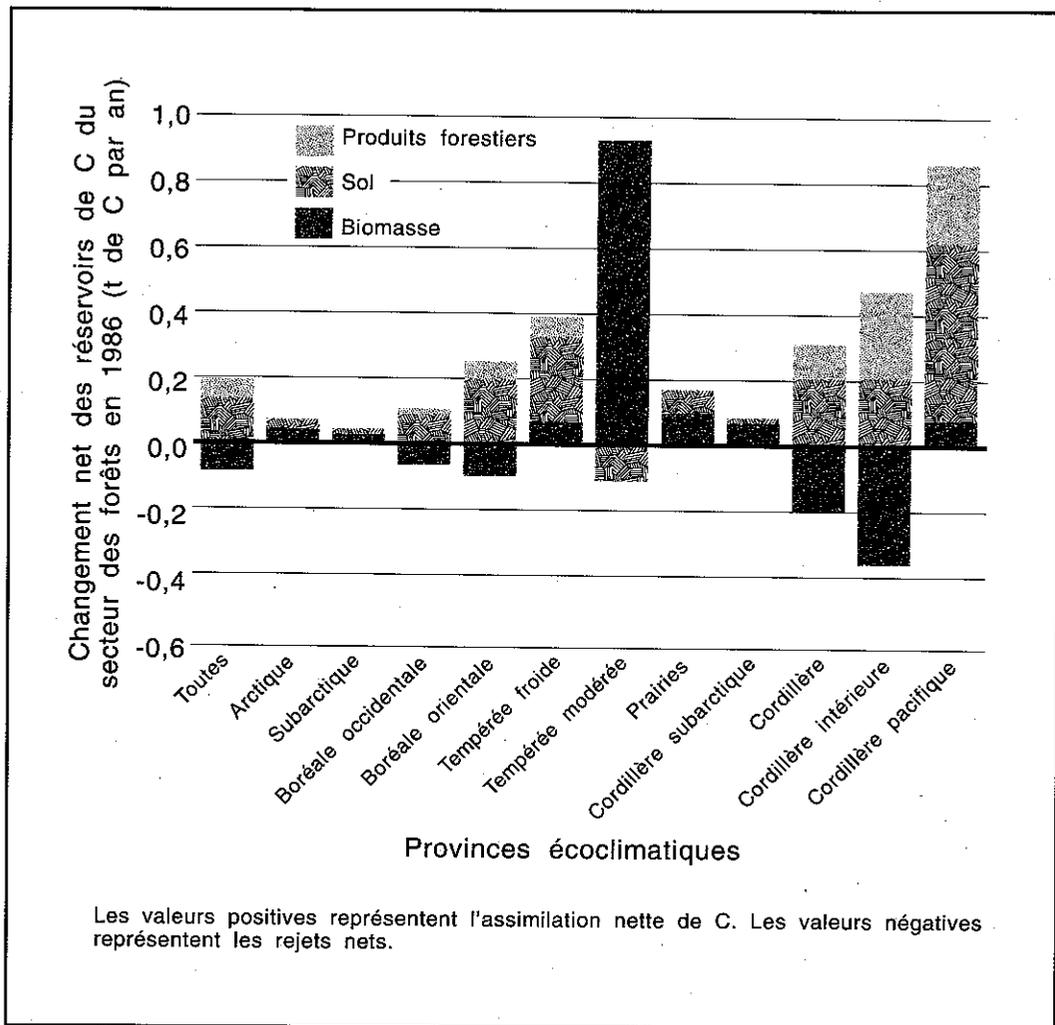
Les sols peuvent être une source ou un puits net de C, selon le stade de développement du peuplement et la période écoulée depuis la dernière perturbation. Les sols forestiers canadiens, à l'exclusion des tourbières, ont accumulé en moyenne environ 0,14 t/ha de C par année. Les tourbières en ont accumulé 0,28 t/ha par an, mais la superficie totale des tourbières est de moins du quart de la superficie totale des forêts.

Les estimations du C rejeté dans l'atmosphère par les incendies de forêt représentent un rejet national moyen de C de 7,5 et 5,7 t/ha par année pour les réservoirs du sol et de la biomasse respectivement. Ces valeurs diffèrent selon la province écoclimatique et concordent avec les estimations actuelles du rejet de C par les incendies de forêt au Canada (B. Lawson, communication personnelle, mai 1990; B. Stocks, communication personnelle, mai 1990).

Le changement net, par unité de surface, des réservoirs de C (à l'exclusion de l'assimilation par le réservoir des tourbières) était en moyenne de 0,125 t/ha par an pour l'ensemble des écosystèmes forestiers du Canada (figure 19). L'augmentation nette la plus élevée à l'hectare (0,855 t/ha par an) a été observée dans la province écoclimatique de la Cordillère pacifique, région où la biomasse était la plus élevée à l'hectare (figure 15). Le taux d'accumulation élevé du C dans le réservoir de la biomasse de la province écoclimatique tempérée modérée est attribuable à l'absence totale (dans le modèle) de statistiques sur les perturbations survenues dans cette petite unité spatiale (0,05 % de la superficie totale répertoriée). C'est pour cette même raison que le réservoir de C du sol diminue dans la province écoclimatique tempérée modérée.

## **Analyse de sensibilité : données sur la biomasse**

Un passage-machine du modèle a été effectué afin d'examiner la sensibilité des résultats du passage-machine standard à des changements des données d'inventaire de la biomasse. Cette analyse a été en partie motivée par le fait que Bonnor (1985), à l'aide d'une version antérieure du même ensemble de données, a estimé la biomasse totale à environ 8 % de plus que les 12 Gt de C obtenues lors du passage-machine standard du présent modèle (voir page 42). Pour cette analyse, toutes les données sur la biomasse que le modèle utilise ont été multipliées par un facteur de 1,1, ce qui a fait augmenter de 10 % les courbes d'accumulation de la biomasse et tous les réservoirs de C de la biomasse.



**Figure 19. Changement net, par hectare, par année, dans chacun des 3 réservoirs de carbone du secteur des forêts (à l'exclusion des tourbières), pour l'année de référence 1986.**

Cette augmentation de 10 % de la biomasse a modifié l'estimation des changements qui surviennent dans les réservoirs de C de la biomasse et du sol (tableau 11). Comme prévu, la carbomasse totale de la biomasse et l'assimilation de C ont augmenté de 10 %. Cette augmentation de la biomasse a eu pour effet d'accroître l'apport du dépôt de litière aux réservoirs de C du sol et a entraîné une augmentation de 10 % de l'assimilation du C par le sol et une hausse de 1 % du C présent dans le sol.

L'augmentation de la carbomasse du sol et de la biomasse s'est également traduite par le rejet de plus fortes quantités de C pendant les perturbations; ce rejet dans l'atmosphère a augmenté de 9,6 % pour la biomasse tandis qu'il n'était que de 2,2 % pour le

réservoir du sol. Le transfert de C du réservoir de la biomasse à celui du sol provoqué par les perturbations a augmenté de 10,6 %.

Les résultats de ce passage-machine concordent avec ce qui était prévu, compte tenu de la structure du modèle et des rapports entre les divers réservoirs et flux de C. Cette analyse de sensibilité révèle que si un biais systématique est présent dans les données sur la biomasse, il se reflétera directement dans la simulation de la carbomasse et dans les rejets atmosphériques modélisés. Les résultats corroborent aussi l'idée que les augmentations de la productivité des forêts (par exemple avec un aménagement forestier approprié) entraînent également une séquestration accrue de C dans l'écosystème.

**Tableau 11. Résultats de l'analyse de sensibilité de l'inventaire et du bilan du carbone du secteur des forêts du Canada lors du passage-machine standard du modèle et de 5 autres passages-machine (les résultats sont exprimés en unités de carbone et en pourcentage de changement par rapport au passage-machine standard)**

Variable	Résultats de l'analyse de sensibilité (Mt de C)					Résultats de l'analyse de sensibilité (%)					
	Passage-machine standard	Biomasse élevée	Rapport r/f élevé <sup>a</sup>	Fréquence élevée des incendies	Origine du peuplement	Réservoir du sol à cycle long	Biomasse élevée	Rapport r/f élevé	Fréquence élevée des incendies	Origine du peuplement	Réservoir du sol à cycle long
<b>BILAN DU CARBONE</b>											
<b>Biomasse forestière</b>											
Accroissement	92,0	101,2	92,0	92,0	92,0	92,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rejets atmosphériques dus aux perturbations											
Incendies de forêt	-18,7	-20,5	-18,7	-18,7	-18,7	-18,7	9,9	0,0	199,9	0,0	0,0
Insectes	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Coupes à blanc et brûlages de rémanents	-1,5	-1,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sous-total des rejets dus aux perturbations	-20,3	-22,2	-20,3	-20,3	-20,3	-20,3	9,6	0,0	184,0	0,0	0,0
Transferts au sol par les perturbations	-55,4	-61,2	-55,4	-55,4	-55,4	-55,4	10,6	0,0	75,7	0,0	0,0
Transferts au secteur des produits forestiers	-44,2	-44,2	-44,2	-44,2	-44,2	-44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Changement net	-27,9	-26,5	-27,9	-107,0	-27,9	-27,9	-5,0	0,0	284,5	0,0	0,0
<b>Sols forestiers</b>											
Apports nets de détritiques	17,3	19,0	20,8	17,3	22,3	18,0	10,0	20,7	0,0	29,2	4,4
Transferts provenant de la biomasse dus aux perturbations	55,4	61,2	55,4	97,3	55,4	55,4	10,6	0,0	75,7	0,0	0,0
Rejets dus aux perturbations											
Incendies de forêt	-14,3	-14,7	-14,4	-43,0	-14,3	-14,4	2,3	0,4	199,8	-0,5	0,4
Insectes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coupes à blanc et brûlages de rémanents	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	1,4	2,4	0,0	-4,0	0,0
Sous-total des rejets dus aux perturbations	-15,2	-15,6	-15,3	-43,9	-15,1	-15,3	2,2	0,5	188,2	-0,7	0,4
Changement net	57,4	64,7	60,9	70,7	62,5	58,1	12,6	6,1	23,1	9,0	1,2
<b>Produits forestiers</b>											
Transfert provenant de la biomasse	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rejets atmosphériques	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Changement net	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Tourbières</b>											
Accumulation nette	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (puits nets)	76,8	85,5	80,4	10,9	82,0	77,6	11,3	4,6	-85,9	6,7	0,9
<b>INVENTAIRE DE LA CARBOMASSE</b>											
C de la biomasse	11 952	13 147	11 952	11 952	11 952	11 952	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C du sol	76 404	77 138	76 553	75 860	76 018	76 818	1,0	0,2	-0,7	-0,5	0,5
Sous-total	88 356	90 285	88 505	87 812	87 970	88 770	2,2	0,2	-0,6	-0,4	0,5
C du secteur des produits forestiers	563	563	563	563	563	563	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	88 918	90 848	89 068	88 375	88 533	89 332	2,2	0,2	-0,6	-0,4	0,5

<sup>a</sup> Rapport r/f = rapport système racinaire/système foliacé. Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

## **Analyse de sensibilité : répartition du carbone de la biomasse (rapport système racinaire/système foliacé)**

Le passage-machine de ce modèle examinait le paramétrage des apports détritiques des fines racines au réservoir de C du sol. L'augmentation de la production de fines racines devrait se traduire par un apport plus important des racines au réservoir de C du sol à cycle court. Si les taux de décomposition ne sont pas modifiés, cet apport accru des racines entraînera une faible extension des réservoirs du sol à cycle court et long, ce dernier recevant la matière humifiée du premier (voir page 24). Le modèle du bilan du C simule l'enrichissement en C de la biomasse des réservoirs à cycle moyen et court en fonction de la portion épigée de la biomasse (voir page 30). La transformation des fines racines en détritiques est simulée comme une fonction de la biomasse des feuilles. Lors de ce passage-machine, l'apport des fines racines au réservoir du sol à cycle court a été augmenté de 10 %.

Une autre raison expliquant l'intérêt porté à la sensibilité du modèle aux paramètres sur l'apport des fines racines est qu'il a été suggéré que des modifications du climat et des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> modifieront la répartition des photosynthétats entre la portion épigée et souterraine de la biomasse. L'un des mécanismes proposés est l'amélioration de la croissance liée à l'effet de fertilisation du CO<sub>2</sub> (Melillo et collab., 1990). Les teneurs plus élevées en CO<sub>2</sub> relevées lors d'expériences en chambre de croissance ont généralement eu pour effet d'augmenter la productivité et de modifier la répartition interne du C dans le système racinaire. Lors de ces expériences, on pense qu'un plus fort pourcentage des ressources étaient consacrées à l'acquisition d'éléments nutritifs et d'eau par les racines à mesure que la surface foliaire devenait une composante moins limitante (Cannell, 1985; Kurz, 1989b). Le modèle a donc servi à explorer les incidences quantitatives potentielles de tels changements de productivité écosystémique sur le bilan du C du secteur des forêts du Canada.

Les résultats de ce passage-machine du modèle n'ont révélé aucun changement de la carbomasse de la biomasse ou de l'accroissement net du réservoir de C de la biomasse. L'assimilation totale de C par les écosystèmes a augmenté de 3,6 Mt de C (tableau 11), ce qui se reflétait entièrement dans l'augmentation de 20,7 % du C des réservoirs du sol (avant que les perturbations ne soient prises en compte). Cette augmentation résultait du plus grand apport des fines racines aux réservoirs de C du sol.

Après que les rejets atmosphériques causés par les perturbations et les transferts de C provenant du réservoir de la biomasse aient été pris en compte dans la dynamique du C du sol, le changement net survenu dans le réservoir du sol était 6,1 % plus élevé que lors du passage-machine standard et le puits avait augmenté au total de 3,5 Mt de C, soit 4,6 %. La plus forte assimilation de C entraînait également une faible augmentation (0,2 %) de la teneur totale en C dans le sol.

L'augmentation de l'apport des fines racines au réservoir du sol à cycle court affectait également le rythme auquel la matière humifiée de ce réservoir était transférée au réservoir à cycle long. Ce processus influait également sur le taux de rejet de C par le réservoir du sol à cycle long (voir page 56).

Ces résultats démontrent que des changements de faible envergure de la répartition interne du C dans l'arbre (en réaction à des modifications de l'environnement) peuvent affecter le bilan du C du secteur des forêts du Canada. Ces modifications de la répartition du C ne pourront être détectées dans les écosystèmes forestiers qu'en faisant sur le terrain des études détaillées des processus.

## **Analyse de sensibilité : superficie incendiée annuellement**

La superficie incendiée annuellement au Canada dépend énormément des conditions climatiques annuelles qui prévalent et varient beaucoup d'une année à l'autre; il a été décidé, compte tenu de cette variabilité, d'avoir recours à la superficie annuelle moyenne de 1980 à 1989 lors du passage-machine standard du modèle (et non de prendre les données d'une année particulière). Les résultats de ce passage-machine montrent les incidences de l'utilisation d'une estimation différente de la superficie incendiée annuellement. Toutes les statistiques sur les incendies ont été multipliées par un facteur de 3, faisant donc ainsi passer la superficie incendiée annuellement de 2,5 à 7,5 millions d'hectares. La répartition spatiale présumée était identique à celle du passage-machine standard; la proportion de la superficie incendiée dans chaque province écoclimatique restait inchangée.

Il convient de noter que l'estimation de la superficie incendiée annuellement utilisée lors de ce passage-machine n'est que légèrement supérieure à la superficie véritablement détruite par le feu en 1989 (environ 7 millions d'hectares). Il est toutefois peu

probable que la répartition spatiale des incendies ait été identique en 1989 à celle utilisée lors de ce passage-machine.

L'impact simulé de l'accroissement des incendies sur le flux net de C concordait avec le comportement prévu du modèle du bilan du C. Le rejet de C par la biomasse et le sol a augmenté de 200 % (tableau 11). Le transfert de C de la biomasse au réservoir du sol, provoqué par les perturbations, a augmenté de 75,7 %. Le changement net survenu dans le réservoir de C de la biomasse et du sol était de -107,1 Mt de C et de +70,7 Mt de C respectivement.

Le bilan global du C du secteur des forêts, en présence de nombreux incendies, représentait un puits de C de 10,8 Mt de C, mais uniquement parce que les tourbières constituaient un puits de 26,2 Mt de C. Pendant une année à risques extrêmes d'incendie — généralement provoqués par une sécheresse prolongée —, la croissance de la biomasse peut également être réduite et la dynamique du C des tourbières affectée. Cette analyse de sensibilité n'étudie que les effets d'une fréquence accrue des incendies, bien que l'on sache que d'autres aspects du bilan du C soient également influencés par les facteurs qui sont à l'origine des risques accrus d'incendie.

Il faut à nouveau souligner que les résultats du modèle du bilan du C, dont la présente étude fait état, proviennent de la simulation d'un seul pas de temps. L'augmentation du rejet de C prédit à la suite du triplement des incendies de forêt ne comporte donc que les conséquences des incidences de la première année. Les perturbations, y compris celles causées par le feu, ne font pas qu'entraîner un transfert de C au moment même où elles surviennent, mais affectent également la dynamique du C de la biomasse et du sol au cours des années suivantes. Les écosystèmes ravagés par le feu contiennent des quantités importantes de matière organique en décomposition (transférées par le feu au réservoir du sol) qui rejettent ultérieurement du carbone. La forêt qui s'y trouvait avant l'incendie retourne à des stades antérieurs de succession qui assimileront au départ moins de C qu'auparavant. Les superficies récemment incendiées peuvent donc continuer à être des sources de C atmosphérique jusqu'à ce que le taux de séquestration du C par la biomasse et l'accumulation du C dans le sol soient supérieurs au rejet de C par la décomposition. Par conséquent, il faut intégrer la dynamique du C de l'écosystème à l'échelle temporelle et spatiale pour évaluer adéquatement les incidences à long terme des modifications des régimes de perturbation.

Des statistiques récentes sur les incendies, qui montrent que la superficie décennale moyenne des incendies de forêt au Canada est passée d'environ 1 million d'hectares pour la période de 1950 à 1970 à 2,5 millions d'hectares pour 1980 à 1989 (Van Wagner, 1988), font ressortir la nécessité d'une telle intégration. De nombreux chercheurs s'entendent pour dire que les changements climatiques prévus au Canada pourraient faire augmenter davantage l'étendue et l'intensité des incendies (Flannigan et Van Wagner, 1991). Une analyse des incidences de tels changements sur les régimes de perturbation est actuellement en cours.

### **Analyse de sensibilité : hypothèses sur l'origine du peuplement**

Ce passage-machine du modèle servait à étudier les incidences de l'état initial du peuplement. On a posé comme hypothèse que tous les peuplements figurant dans l'inventaire du bilan du C s'étaient établis à la suite d'une coupe à blanc plutôt que d'un incendie (comme lors du passage-machine standard).

Tout peuplement forestier du Canada se ré-établit après une forme quelconque de perturbation. Même les vieilles forêts de la côte ouest du pays ont été victimes d'incendies, comme le laisse voir le charbon enfoui dans l'épaisse couverture morte. La fréquence des perturbations antérieures affecte la répartition par classe d'âge des forêts canadiennes et se reflète dans l'inventaire des forêts du Canada. Les perturbations influent également sur la dynamique ultérieure des réservoirs de C de la biomasse et du sol. Ainsi, les incendies détruisent la majeure partie de la biomasse vivante et brûlent bon nombre des composantes de petite taille de la biomasse, comme le feuillage, les branches et les petites tiges. Les tiges plus grosses persistent dans la station et se rajoutent au réservoir du sol qui rejette du C dans l'atmosphère par l'intermédiaire de la décomposition. Par ailleurs, l'exploitation forestière élimine la majeure partie de la biomasse de la tige, ne laissant dans la station que le feuillage, les branches et les cimes des arbres qui se joignent aux réservoirs de C du sol. Cette différence de carbomasse des réservoirs du sol à cycle moyen et court est visible dans les 2 graphiques de la figure 11 (incendies de forêt et coupes à blanc).

Dans le modèle de la phase I, les courbes d'accumulation du C de la biomasse sont présumées indépendantes du type de perturbation qui a précédé l'établissement du peuplement. L'hypothèse sur la

perturbation à l'origine d'un peuplement n'affecte donc que la carbomasse initiale du réservoir du sol lors de la simulation de la dynamique du C pour 1986.

Dans l'étude de la phase I, il a été présumé, pour le passage-machine standard, que tous les peuplements forestiers s'étaient établis à la suite d'un incendie (voir page 41). De toute évidence, d'autres perturbations ont contribué à la structure existante des classes d'âge des forêts du Canada, mais Bonnor (1985) ne fournit aucune donnée sur le type de perturbation qui a précédé l'établissement du peuplement. L'analyse de sensibilité est fondée sur l'hypothèse radicale contraire, c'est-à-dire que tous les peuplements se sont établis à la suite d'une coupe à blanc. Par conséquent, une dynamique différente du C du sol a été simulée pour chaque peuplement forestier (voir page 33). Dans cette analyse, rien n'a été tenté pour quantifier les activités historiques d'exploitation forestière (comme calculer le pourcentage de la biomasse des tiges qui a été extrait). La même matrice des perturbations causées par une coupe à blanc utilisée pour le passage-machine standard pour l'année 1986 a servi à l'analyse de sensibilité. De plus, rien n'a été tenté pour prendre en compte le rejet de C par les réservoirs du secteur des produits forestiers, bien qu'il soit admis que ces réservoirs seraient beaucoup plus importants si les perturbations antérieures ne résultaient que de coupes à blanc.

Les résultats de cette analyse de sensibilité révèlent que les sols deviennent un puits de C plus important lorsqu'ils sont intégrés pour l'ensemble du Canada, assimilant 5,1 Mt de C de plus — une augmentation de 29,2 % par rapport au passage-machine standard (tableau 11). Le total (puits net) n'augmente toutefois que de 6,7 %.

Cette modification de l'hypothèse au sujet de l'origine du peuplement — coupe à blanc au lieu d'incendie — ne fait que modifier l'époque à laquelle du C est rejeté par les écosystèmes forestiers. Une coupe à blanc élimine de l'écosystème forestier la biomasse à décomposition lente (grosses tiges). Le ralentissement de la décomposition dans le sol se traduit par un plus fort taux d'assimilation nette du C par les réservoirs du sol. Tel que mentionné précédemment, cette analyse de sensibilité ne tient pas compte du fait que, si tous les peuplements s'étaient établis à la suite d'une coupe à blanc, il existerait quelque part un réservoir de produits forestiers beaucoup plus important et le C qu'il rejetterait par décomposition contrebalancerait en partie ou en totalité l'assimilation de C par le sol.

## **Analyse de sensibilité : modification des transferts de carbone vers le réservoir du sol à cycle long**

Le réservoir de C du sol à cycle long n'est alimenté que par les réservoirs à cycle moyen et court (voir page 30). Lors du passage-machine standard du modèle, on a présumé que 17 % du C exporté hors du réservoir à cycle moyen et court était transféré au réservoir à cycle long. Le reste (83 %) étant immédiatement libéré dans l'atmosphère, il a été décidé d'étudier la sensibilité des résultats du modèle à des changements apportés à l'hypothèse de compartimentation du carbone en ramenant à 5 % la quantité de C se joignant au réservoir à cycle long.

Au premier abord, la modification du paramètre de compartimentation allait à l'encontre de nos intuitions; son effet premier est de modifier l'amplitude des changements dans le réservoir à cycle long au cours d'une révolution. Contrairement à tous les autres paramètres sur le taux de décomposition (dont les valeurs particulières sont attribuées par des facteurs externes), la vitesse de rejet du C par le réservoir à cycle long est calculée par le modèle en regard d'une condition limite présumée (voir page 25). Plus précisément, les pertes sont calculées pour chaque type d'écosystème de façon à empêcher tout changement net dans le réservoir à cycle long au cours d'une révolution.

Dans cette analyse de sensibilité, la modification de l'hypothèse a entraîné une diminution de l'apport de C au réservoir à cycle long et le modèle a recalculé un rejet inférieur de C par ce réservoir afin de satisfaire à l'hypothèse d'un état de stabilité dynamique. La diminution des pertes de C par le réservoir à cycle long a affecté la dynamique du C du réservoir. La diminution de la carbomasse de ce réservoir est moindre pendant les premiers stades de développement du peuplement (pendant lequel l'apport de C aux réservoirs à cycle moyen et court est faible), atténuant ainsi l'amplitude de la dynamique (figure 20). Cet effet est plus marqué dans une forêt de feuillus où l'apport annuel du dépôt de litière (feuillage) entraîne un taux de renouvellement du C plus élevé.

Les résultats de cette analyse de sensibilité montrent un effet net étonnamment faible sur le budget du C, puisque l'assimilation totale nette de C n'augmentait que de 0,7 Mt, soit 0,9 % (tableau 11). L'assimilation nette de C par le sol a augmenté de 4,4 % et la

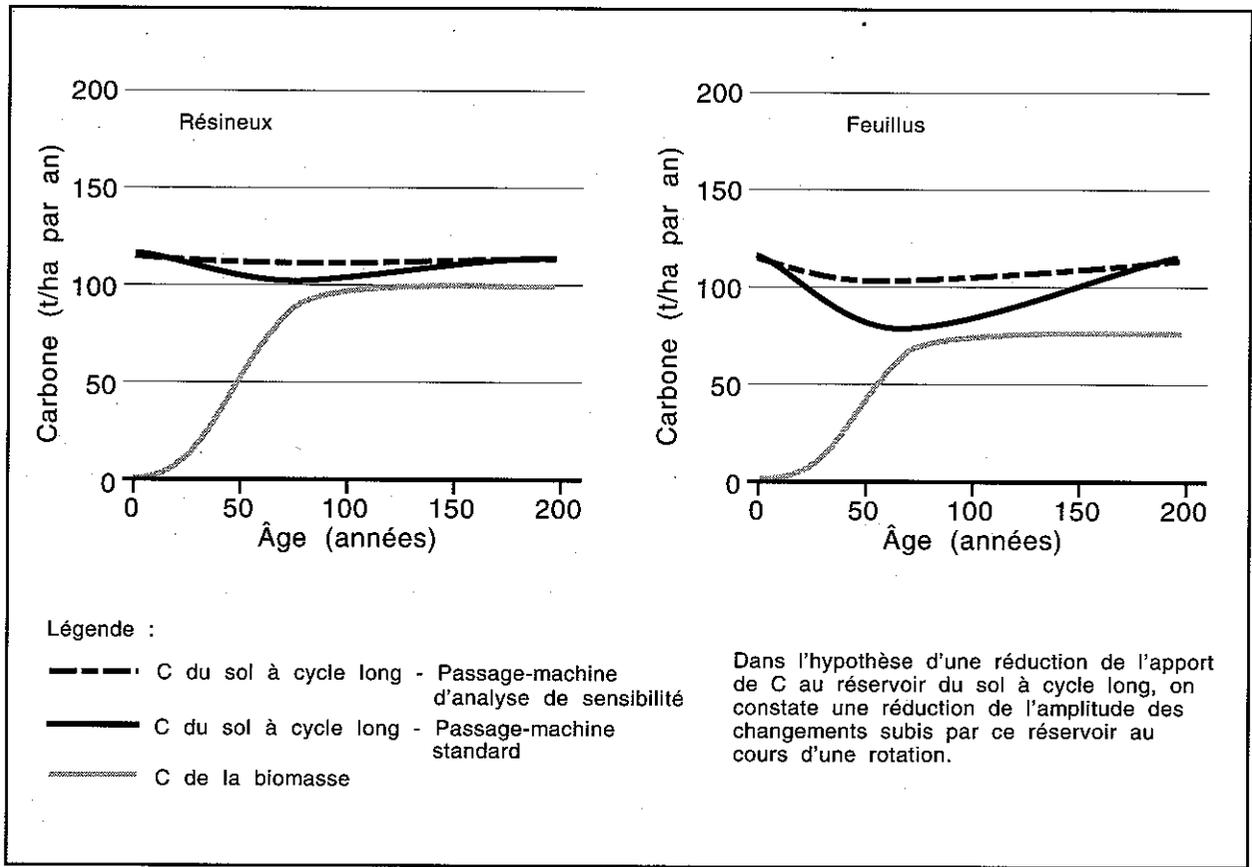


Figure 20. Dynamique du réservoir de carbone du sol à cycle long lors du passage-machine standard et de l'analyse de sensibilité.

carbomasse totale de 0,5 % par rapport au passage-machine standard. Comme prévu, aucun effet sur la dynamique nette du C de la biomasse ne s'est fait sentir.

Dans le module des sols, on a introduit l'hypothèse que le réservoir de C du sol à cycle long était dans un état de stabilité dynamique. Les résultats de cette analyse de sensibilité font ressortir l'importance potentielle de cette hypothèse qui vient essentiellement contrebalancer l'effet des modifications apportées aux paramètres pour l'analyse de sensibilité.

Les changements climatiques, les activités d'aménagement forestier et les modifications du régime de perturbation peuvent entraîner un écart par rapport à l'état de stabilité dynamique présumé. Il est impératif de mieux quantifier au plus tôt la dynamique du réservoir du sol à cycle long et d'identifier les effets d'un changement mondial sur cette dynamique. Au cours de la prochaine phase du présent projet, la dynamique du réservoir de C du sol à cycle long sera représentée de

façon indépendante de l'hypothèse sur l'état de stabilité dynamique.

## Discussion

Les résultats du modèle du bilan du C révèlent que, d'après les données existantes et les hypothèses utilisées dans le modèle, le secteur des forêts du Canada a constitué pour le C un puits net de 76,8 Mt pendant l'année de référence 1986, dont 26,2 Mt ont été assimilées par les tourbières. Cette estimation ne tient pas compte de l'utilisation des combustibles fossiles nécessaires à l'aménagement des écosystèmes forestiers et à la transformation de la matière ligneuse, pas plus que du remplacement de l'énergie fossile par des biocombustibles dans le secteur des produits forestiers.

L'assimilation annuelle nette de C par les écosystèmes forestiers canadiens, au cours de l'année de référence 1986, équivaut à 0,034 % du C déjà stocké

dans ces écosystèmes, ou 0,057 %, si l'on exclut les tourbières du calcul de la dynamique et de la carbo-masse. Il peut sembler étonnant que, malgré les rejets de C provoqués par les incendies de forêt, l'exploitation forestière et les autres types de perturbation, le secteur des forêts reste un puits net de C. Deux raisons principales expliqueraient ce phénomène : la première est que la superficie perturbée chaque année ne représente qu'un faible pourcentage (0,86 %) de la superficie forestière totale et la seconde est que la structure actuelle des classes d'âge de la forêt est asymétrique et tend vers des stades plus antérieurs de développement (régénération, jeune et mûr) qui constituent des puits actifs de C (Forêts Canada, 1988).

La distribution asymétrique des classes d'âge reflète les perturbations passées. Elle laisse entendre que la quantité totale de C actuellement stockée dans la biomasse forestière est légèrement inférieure à celle que l'on trouverait si la distribution des classes d'âge était symétrique, ou si elle tendait vers les vieilles classes d'âge.

L'accroissement net du C stocké, qui est de 0,034 à 0,057 % de la carbo-masse, représente un apport si faible de C qu'il est peu probable que ce changement serait détecté dans les écosystèmes individuels s'il était bien réparti entre tous les écosystèmes et si la période de mesure n'était que d'un an. L'évolution d'un écosystème individuel est toutefois généralement beaucoup plus importante, certains rejetant du C pendant et après les perturbations et d'autres l'accumulant pendant la période de développement du peuplement. De plus, les données chronoséquentielles utilisées pour établir les courbes de croissance du modèle sont basées sur de nombreuses décennies de croissance et non pas sur une période d'observation d'un an. C'est grâce à l'intégration spatiale et temporelle de ces processus que le bilan net du C a été calculé.

Il a fallu établir de nombreuses hypothèses pour calculer le bilan du C. Les meilleures données disponibles ont été utilisées, dans la mesure du possible, mais il a fallu faire appel à l'opinion d'experts dans de nombreux cas. Après un examen détaillé des données et des hypothèses ayant servi à la présente analyse, il faudra effectuer d'autres analyses de sensibilité afin d'explorer les incertitudes liées aux résultats du modèle.

Les insectes affectent le bilan du C, car ils réduisent la croissance du peuplement (et par conséquent les taux d'accumulation de C) par leur action défoliatrice, mais ce phénomène n'est pas représenté

explicitement dans le modèle. Les perturbations attribuables à des niveaux endémiques de populations d'insectes se reflètent toutefois dans Bonnor (1985), qui se base sur des données historiques sur les peuplements montrant les effets de tels niveaux endémiques. Les changements climatiques et les programmes de répression des ravageurs peuvent affecter la dynamique future des populations d'insectes et il faudrait tenir compte de leurs effets sur la croissance des forêts lors de l'évaluation de l'impact des changements climatiques et des programmes de répression sur le bilan du C.

Les résultats du passage-machine qui modélisait un triplement des incendies ont démontré qu'il existait au moins un scénario qui réduirait de façon spectaculaire le rôle du secteur des forêts comme puits de C. Il faut toutefois noter que les résultats de la phase I dont il est fait état n'évaluent qu'un seul pas de temps et ne tiennent pas compte du rôle du feu dans la dynamique à long terme de la séquestration du C, c'est-à-dire en tenant compte du développement du peuplement après la perturbation.

La simulation d'un seul pas de temps annuel empêche toute comparaison des résultats de l'année de référence 1986 à ceux d'années précédentes ou ultérieures. Même en écartant les variations des niveaux de perturbation d'une année à l'autre, il n'est pas possible d'obtenir une réponse en se basant uniquement sur les résultats du passage-machine standard du modèle de la phase I. On ne pourra élucider cette question que lorsque de nouvelles affectations des terres et de nouvelles courbes d'accumulation de la biomasse auront été attribuées à tous les secteurs affectés par des perturbations. Ainsi, si tous les secteurs perturbés cessaient d'accumuler le C de la biomasse forestière (en raison d'un échec permanent de la régénération ou de leur conversion à une affectation urbaine ou agricole), les forêts resteraient un puits de C, quoiqu'à un taux sans cesse décroissant, jusqu'à ce que le rejet de C dépasse la quantité séquestrée par les forêts toujours existantes. À l'inverse, l'amélioration de la productivité des forêts, qui augmenterait la quantité de C stocké dans les écosystèmes forestiers, ou l'extension de la superficie boisée entraînerait une lente augmentation de l'assimilation annuelle de C.

Les résultats des présents travaux font ressortir la nécessité d'intégrer avec soin, dans l'espace et le temps, la dynamique du C afin d'évaluer l'impact futur des changements climatiques et des décisions d'aménagement forestier sur le bilan du C du secteur des forêts du Canada.

Ce projet avait pour but de fournir une première approximation du bilan actuel du C des forêts et du secteur forestier du Canada et de mettre au point un outil de calcul de tels bilans. Le point fort de ce modèle est qu'il est capable de simuler l'ensemble du secteur des forêts et de donner des résultats qui mettent en perspective les flux et les carbomasses. Certains des détails du modèle, comme pour tout autre modèle, sont simplifiés à l'extrême par rapport au système réel. Il faut toutefois effectuer une analyse de l'ensemble du système afin d'orienter les efforts de recherche en vue d'obtenir de meilleures données et afin de revoir les hypothèses ou de raffiner la structure du modèle. Une première évaluation des principaux réservoirs et flux du modèle fait ressortir les domaines où un raffinement des données pourrait le plus toucher les résultats procurés par le bilan du C.

L'un des points faibles du modèle de la phase I est le pas de temps unique qu'il simule. Bien que les résultats d'une année donnent un « aperçu ponctuel » du bilan du C de 1986, ils ne permettent pas de comparer les résultats avec ceux d'autres années, ni d'explorer l'impact sur le bilan du C des décisions politiques dans le secteur des forêts. L'un des objectifs des recherches actuellement en cours dans le cadre de ce projet consiste à modifier le modèle du bilan du C afin qu'il puisse permettre des simulations portant sur de nombreuses décennies.

### Biomasse

Les données sur les réservoirs de C de la biomasse du secteur des forêts du Canada sont nettement les meilleures du modèle. Elles sont toutefois insuffisantes dans certains types d'écosystèmes, comme les terrains forestiers improductifs ou à densité relative nulle. L'ajout de telles données à l'inventaire améliorera notre compréhension de la dynamique du C des terrains forestiers marginaux. Bien que les flux de C puissent être réduits par unité de surface, ils peuvent avoir une grande influence sur le bilan du C en raison des vastes superficies en cause. À l'avenir, on pourra peut-être utiliser des données de télédétection et autres pour compléter les inventaires des forêts et améliorer notre compréhension de la répartition et de la dynamique de la végétation.

À l'heure actuelle, les courbes d'accumulation de la biomasse sont établies à partir de données

chronoséquentielles tirées de l'inventaire de la biomasse en se basant sur l'hypothèse que les données sur la biomasse des peuplements à classifieurs similaires (par exemple, le type forestier et la classe de station), mais à classes de maturité différentes, peuvent être combinées pour obtenir la courbe de la biomasse par rapport à l'âge de tels peuplements. On présume également que les conditions de croissance antérieures et actuelles sont similaires — cette hypothèse ne peut être valable lors d'un futur changement climatique et peut être mise en doute pour l'année de référence 1986. Lors des phases ultérieures de la présente étude, les courbes d'accumulation de la biomasse établies à partir de données devront être remplacées par une approche de modélisation qui tienne explicitement compte de l'impact des variables climatiques et de l'aménagement forestier.

Les grosses et fines racines qui composent la biomasse forestière devront être entièrement représentées dans le modèle du bilan du C. Le présent modèle comporte une certaine représentation de la dynamique des fines racines afin de tenir compte de la contribution que leurs détritiques apportent à la dynamique de la matière organique du sol. Il faudra définir les pourcentages de la portion épigée ou du bois de tige de la biomasse qui équivaut à la biomasse des fines et grosses racines pour les divers types d'écosystèmes forestiers et stades de développement des peuplements.

Il faudra étudier plus en détail l'accumulation postperturbation de la biomasse dans les peuplements forestiers. Selon l'hypothèse actuelle, l'accumulation de la biomasse dans des peuplements à classifieurs similaires, mais à régime différent de perturbation, est la même. Il s'ensuit donc que l'actuelle simulation de 1 an ne peut tenir compte des améliorations du taux de croissance procurées par des activités sylvicoles intensives ainsi que des programmes d'amélioration des arbres et de répression des ravageurs, pas plus que des effets nuisibles de la dégradation de la station. Il n'y a tout simplement pas de données à l'échelle nationale à partir desquelles identifier le taux d'accumulation du C de la biomasse après une perturbation donnée. Un deuxième problème est posé par des incertitudes à l'égard de la quantité de la biomasse vivante qui persiste dans une station après une perturbation. Ce problème est particulièrement aigu sur les terrains forestiers où des coupes partielles sont couramment pratiquées.

## Sols et tourbières

L'identification, à l'échelle nationale, de l'origine des peuplements (c'est-à-dire de la perturbation qui a précédé l'établissement du peuplement) sera une tâche ingrate. Les inventaires des forêts du pays ne précisent pas l'origine des peuplements; il faudra l'identifier si l'on veut que la dynamique de la biomasse après une perturbation puisse être établie en fonction du type de perturbation. L'analyse de sensibilité préliminaire a montré que les hypothèses à l'égard de l'origine du peuplement peuvent avoir certains effets sur les réservoirs du sol; il faudra toutefois effectuer d'autres études afin de mieux identifier les incidences quantitatives des différentes hypothèses à l'égard de l'origine des peuplements.

Aucune hypothèse à l'égard de la durée des retards de régénération n'a été formulée puisque le présent modèle ne simulait qu'un seul pas de temps. Les activités futures quantifieront ce retard de régénération à la suite de perturbations et les taux d'accumulation du C pendant la régénération. L'analyse de l'impact des changements climatiques doit se fonder sur une compréhension approfondie du rôle des retards de régénération, car une plus grande fréquence des incendies peut énormément retarder la régénération des écosystèmes forestiers boréaux et autres; un aménagement forestier efficace peut toutefois les raccourcir énormément, voire les éliminer. Il est donc important de bien représenter ces retards pour analyser les options politiques du secteur forestier.

L'inventaire national des forêts est constitué de données provenant d'un grand nombre d'inventaires régionaux et provinciaux et contient donc des données d'âges différents sur les peuplements. Plus important encore, l'évolution des peuplements forestiers depuis le dernier relevé ne peut être identifiée à partir de l'inventaire national et, à mesure que les données qu'il contient vieillissent, la proportion de peuplements mal décrits augmente. L'inventaire de la biomasse de Bonnor (1985) se fonde sur l'inventaire des forêts de Bonnor (1982) et sur les inventaires provinciaux de la biomasse. Aucun rapport de ce genre sur la biomasse n'a été établi à partir de l'inventaire de 1986 (Forêts Canada, 1988; Gray et Nietmann, 1989), et rien n'est officiellement prévu pour établir l'inventaire de la biomasse à partir des futurs inventaires des forêts. Si l'on tient à jour les estimations de la biomasse des forêts du Canada, on contribuera énormément à l'inventaire national et international du C terrestre et aux études des changements climatiques planétaires. La mise à jour de l'inventaire de la biomasse de Forêts Canada constituera toutefois un défi de taille — bien au-delà de la portée du projet de modélisation du bilan du C.

Pour ce qui est des sols canadiens, les données disponibles sur le réservoir et la dynamique du C sont beaucoup moins complètes que pour la biomasse. C'est notamment le cas dans certaines provinces écoclimatiques moins accessibles du Canada, comme la province arctique, subarctique et de la Cordillère subarctique. Compte tenu des carbomasses en cause, de leur contribution au bilan du C et des possibilités d'impact des changements climatiques sur les flux de C du sol, il est urgent d'améliorer la qualité des bases de données disponibles sur la teneur en C des sols forestiers au Canada. Forêts Canada a entrepris un processus d'examen afin d'identifier et de compiler les données existantes sur la teneur en C du sol des écosystèmes forestiers canadiens.

La dynamique postperturbation du C du sol est encore plus mal connue. Elle a été simulée pour chacun des 5 types de perturbation décrits précédemment en raison de leurs incidences évidentes sur la biomasse des réservoirs du sol et la dynamique postperturbation. L'hypothèse et les données utilisées lors de ces simulations devraient être examinées avec soin. Il est notamment important de mieux représenter la dynamique du réservoir de C du sol à cycle long afin que l'hypothèse d'un état de stabilité dynamique à long terme soit remplacée par une modélisation liant la dynamique du réservoir du sol à cycle long à celle du climat et du peuplement. Une telle approche est actuellement en cours d'élaboration.

Pour l'instant, les tourbières ne sont pas bien représentées dans le modèle du bilan du C, car elles ne sont pas pointées géographiquement en fonction des données sur les superficies forestières figurant dans l'inventaire de la biomasse. De nombreuses tourbières du Canada sont boisées, mais il ne semble exister aucune donnée sur leur étendue. Leur rôle devrait être modélisé de façon plus détaillée en raison des importantes quantités de C qui y sont stockées ainsi que de la vulnérabilité possible de ces milieux à des modifications des conditions climatiques. Pour que les interactions entre les tourbières et les forêts soient représentées dans le modèle, il faudra identifier, parmi les écosystèmes forestiers qui sont répertoriés dans l'inventaire national, ceux qui occupent des tourbières. Les effets des changements climatiques sur les tourbières non boisées pourraient toutefois être simulés dans un module distinct du modèle du bilan du C.

Dans le modèle actuel, on ne fait aucune distinction entre les apports de matière organique de feuillus

et de résineux aux réservoirs de C du sol, même si les taux de décomposition sont affectés par le type forestier. Il faudra vérifier s'il existe des résultats d'expériences sur le terrain qui laissent supposer qu'on doit faire une distinction entre les réservoirs de C du sol alimentés par des résineux et des feuillus.

## Perturbations

On a découvert que les perturbations jouaient un rôle important dans la dynamique du C des forêts du Canada, tant au moment où elles surviennent que plus tard, lors du rétablissement du peuplement. (Bien que le modèle ne simule qu'un seul pas de temps, il a été présumé que tous les peuplements forestiers du modèle s'étaient réimplantés à la suite d'une perturbation qui se serait produite immédiatement avant.) L'emplacement géographique des superficies perturbées chaque année n'est actuellement défini que par les 41 unités spatiales représentées dans le modèle du bilan du C. Dans chaque unité spatiale, les perturbations sont réparties entre les peuplements répertoriés selon un ensemble de règles qui précisent les caractéristiques d'un peuplement (par exemple, le type forestier, la classe de station, l'âge et le volume) qui le rendent vulnérable à une perturbation. Il faudra à l'avenir établir un lien entre l'étendue et l'emplacement géographique des perturbations annuelles d'une part et les conditions du climat et du peuplement ainsi que les efforts de protection des forêts d'autre part.

Des matrices de perturbation ont servi à redistribuer le C entre les différents réservoirs, l'atmosphère et le secteur des produits forestiers. Ces quantités redistribuées sont définies comme des pourcentages de la carbomasse des réservoirs; il s'ensuit que les flux absolus sont variables parce que les carbomasses diffèrent entre les types d'écosystème et les stades de développement. Suivant la structure du modèle, il pourrait y avoir 1 matrice de perturbation pour chaque unité spatiale et type de perturbation ( $41 \times 5 = 205$  matrices). Pour l'instant, les matrices des perturbations causées par les incendies de forêt et les coupes à blanc avec brûlage de rémanents diffèrent d'une province écoclimatique à l'autre, reflétant des différences connues de rejet de C par les incendies. Une seule matrice est utilisée pour chacun des 3 autres types de perturbation, quelle que soit la province écoclimatique. Les matrices de perturbation devraient être examinées attentivement, car elles ont un impact important sur les résultats du bilan du C. Plus précisément, il faut déterminer si les différences régionales au niveau des méthodes de récolte sont adéquatement représentées par les matrices actuelles de perturbation.

## Secteur des produits forestiers

Bon nombre des paramètres utilisés dans le modèle des produits forestiers sont actuellement basés sur un nombre très limité d'analyses ou sur l'opinion d'experts. L'obtention de meilleures estimations de tous les paramètres utilisés serait une tâche colossale. Une approche plus réaliste consisterait à effectuer des analyses de sensibilité avec le modèle et à raffiner les paramètres qui influent le plus sur les résultats du modèle. On peut citer plusieurs ensembles de paramètres qui sont moins bien compris que d'autres :

1. **Dynamique des décharges :** Les paramètres définissant la dynamique à grande échelle de la décomposition dans les décharges ne sont que très approximatifs dans le modèle des produits forestiers. Une étude approfondie de la documentation devrait permettre de mieux cerner cette dynamique, même s'il peut être nécessaire d'entreprendre des travaux sur le terrain afin d'estimer certains paramètres essentiels.
2. **Valeurs historiques des paramètres :** Le modèle des produits forestiers fait appel à des données historiques sur la récolte et aux valeurs historiques de divers paramètres de répartition afin de calculer la carbomasse des décharges et des produits forestiers en place. Une étude attentive de la documentation pertinente pourrait améliorer substantiellement l'estimation actuelle de ces paramètres.
3. **Courbes de rétention du carbone :** Une courbe de rétention du carbone est établie pour chaque catégorie de produits forestiers et elle définit la proportion de C restant dans ce réservoir à mesure que vieillit le produit forestier. Il faudrait effectuer une analyse de sensibilité afin d'explorer la réaction du bilan du C à des changements de ces paramètres. En apportant de tels changements, on pourrait également explorer les orientations possibles dans ce secteur, y compris la production de produits forestiers plus durables qui stockent le C pendant une plus longue période.

Dans le cadre d'activités futures, on élaborera une représentation plus globale du secteur des produits forestiers, pour mieux tenir compte du grand nombre de procédés de transformation et de catégories de produits qu'on y trouve, notamment pour améliorer la comptabilisation des flux de C ainsi que la consommation et les besoins énergétiques.

## Consommation d'énergie

La version de la phase I du modèle du bilan du C comporte une simulation limitée de la consommation d'énergie par le secteur des forêts, mais le présent rapport ne fait pas mention des résultats obtenus en raison du manque de données d'étalonnage. Il faudra relever 2 défis afin de mieux quantifier la consommation d'énergie par le secteur des forêts et son incidence sur le budget du C. Il faudra identifier les besoins en énergie des différentes étapes de la transformation et de l'aménagement forestier. Il faut également déterminer si les sources d'énergie utilisées rejettent du C dans l'atmosphère et s'il s'agit de combustible fossile ou de biomasse.

Les biocombustibles peuvent remplacer les sources d'énergie fossile dans le secteur des forêts. Cela semble l'une des façons les plus efficaces de réduire l'apport de C fossile dans l'atmosphère de la planète, pourvu que le rétablissement des peuplements récoltés garantisse un approvisionnement durable en bois. Les incidences sur le bilan du C des décisions en matière de consommation d'énergie seront analysées au cours de la prochaine phase de la présente étude.

## Validation et vérification

Un modèle est extrêmement difficile à valider et à vérifier avec des échelles spatiales et temporelles comme celles du modèle du bilan du C. Il existe toutefois des moyens susceptibles de résultats.

Un exemple de validation est l'application de la même structure de modélisation — à une échelle spatiale réduite — à un système bien connu, comme un écosystème ou une région forestière et la comparaison des extrants du modèle avec les données disponibles sur la dynamique du C pour ce système. Le modèle du bilan du C fait actuellement l'objet d'un examen pour rendre l'échelle spatiale plus flexible. Le modèle du bilan du C sera interconnecté à un système d'information géographique (SIG) afin qu'on puisse intégrer l'information provenant de divers ensembles de données spatiales.

## Impacts des changements climatiques

Les changements climatiques affecteront le bilan du C sur de nombreux plans. L'accumulation du C de la biomasse sera affectée par des modifications des conditions climatiques, tout comme la dynamique du C du sol et les régimes de perturbation. Le système comporte plusieurs boucles potentielles de rétroactions positives et négatives. Ainsi, des augmentations de la température peuvent provoquer un plus grand nombre d'incendies, ce qui affectera la quantité de CO<sub>2</sub> rejetée dans l'atmosphère et assurera ainsi une rétroaction positive à d'autres changements climatiques. Il peut exister une rétroaction négative entre la température, la teneur en CO<sub>2</sub> et les taux de croissance des arbres. Le défi consistera à intégrer adéquatement ces divers processus à des échelles temporelles et spatiales appropriées. Il semble n'y avoir aucune autre alternative à l'utilisation d'un cadre de modélisation intégré, comme celui décrit dans le présent rapport, pour effectuer l'analyse des futurs bilans du C à l'échelle nationale.

## Politique forestière

La mise en œuvre de différentes politiques forestières peut affecter de diverses façons le bilan du C du secteur des forêts du Canada. Le reboisement et l'extension forestière modifient les superficies qui séquestrent du C ou le rythme auquel le C y est séquestré. Toute modification des activités de lutte contre le feu ou les ravageurs forestiers aura un effet sur le rejet de C en raison des perturbations, ainsi que sur la structure d'âge des forêts. Les décisions politiques adoptées dans le secteur des produits forestiers peuvent entraîner une diminution des rejets de C fossile dans l'atmosphère si elles prévoient le recours à des biocombustibles pour satisfaire les besoins en énergie. Si on rallonge la durée de stockage du C dans un produit forestier, on peut augmenter le réservoir de C des produits forestiers et ainsi réduire les émissions de carbone dans l'atmosphère. La structure du modèle est actuellement réexaminée afin de permettre des analyses quantitatives des impacts combinés de telles décisions sur le bilan du C des forêts canadiennes et des activités du secteur forestier.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier les 26 experts (dont les noms figurent à l'annexe 1) de Forêts Canada, de plusieurs universités et de l'industrie forestière qui ont gracieusement fait connaître leurs idées et fourni des données lors de l'atelier de 3 jours parrainé par Forêts Canada. Les auteurs veulent également remercier sincèrement de leur aide les personnes suivantes : J.J. Lowe, K. Power, S.L. Gray et O.Q. Hendrickson (Institut forestier national de Petawawa); S.C. Zoltai et W.J.A. Volney (Centre de foresterie du Nord); J.A. Trofymow et B.D. Lawson (Centre de foresterie du Pacifique) et B.J. Stocks (Centre de foresterie des Grands Lacs); ainsi que toutes les autres personnes qui ont fourni des données pour le modèle. De nombreux représentants des organismes provinciaux de gestion des ressources ont répondu aux lettres et demandes téléphoniques des auteurs. Nous voulons remercier tout particulièrement de leur aide M.G. Deering et

D.C.E. Robinson pour l'aide qu'ils ont fournie lors de la programmation et T. Leckstrum et C. Trethewey pour leur assistance dans la recherche. Les auteurs désirent remercier tout particulièrement de son aide et de son encouragement J.S. Maini, sous-ministre adjoint, Forêts Canada, dont la perspicacité à l'égard des questions environnementales a été déterminante pour la mise en marche de ce projet.

Les personnes suivantes ont revu une version antérieure du présent rapport et formulé de nombreuses suggestions fort utiles. Ce sont C.S. Binkley, R.A. Birdsey, G.M. Bonnor, L.G. Brace, P.G. Comeau, J. Dobie, J.P. Hall, M.E. Harmon, O.Q. Hendrickson, R.A. Houghton, J.J. Lowe, J.P. Martell, J.C. Mercier, D.F.W. Pollard, J. Richardson, H.I. Simonson, B.J. Stocks, J.A. Trofymow et M.T. Wellish.

## OUVRAGES CITÉS

- Agee, J.K.; Huff, M.H. 1987. Fuel succession in a western hemlock/Douglas-fir forest. *Can. J. For. Res.* 17:697-704.
- Anderson, D.W.; Coleman, D.C. 1985. The dynamics of organic matter in grassland soils. *J. Soil Water Conserv.* 40:211-216.
- Bonnor, G.M. 1982. Inventaire des forêts du Canada 1981. Environnement Canada, Service canadien des forêts, Direction de la statistique forestière et des systèmes, Ottawa (Ontario).
- Bonnor, G.M. 1985. Inventaire de la biomasse forestière du Canada. Service canadien des forêts, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario).
- Botkin, D.B.; Simpson, L.G. 1990. Biomass of the North American boreal forest, a step toward accurate global measures. *Biogeochem.* 9:161-174.
- Bray, J.R.; Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. *Adv. Ecol. Res.* 2:101-157.
- Cannell, M.G.R. 1985. World forest biomass and primary production data. Academic Press, New York, New York.
- Dice, S.F. 1970. The biomass and nutrient flux in a second-growth Douglas-fir ecosystem (a study in quantitative ecology). Ph.D. Thesis, Univ. Washington, Seattle, Washington.
- Edmonds, R.L. 1984. Long-term decomposition and nutrient dynamics in Pacific silver fir needles in western Washington. *Can. J. For. Res.* 14:395-400.
- Emanuel, W.R.; Killough, G.C.; Post, W.M.; Shugart, H.H. 1984. Modeling terrestrial ecosystems in the global carbon cycle with shifts in carbon storage capacity by land-use change. *Ecology* 65:970-983.
- Flannigan, M.D.; Van Wagner, C.E. 1991. Climate change and wild-fire in Canada. *Can. J. For. Res.* 21:66-72.
- Forêts Canada. 1988. Inventaire des forêts du Canada 1986. Forêts Canada, Ottawa (Ontario).
- Forêts Canada. 1989. Recueil de statistiques forestières canadiennes 1988. Forêts Canada, Direction des politiques et de l'économie, Ottawa (Ontario). Rapport d'information E-X-41F.
- Gammon, R.H.; Sundquist, E.T.; Fraser, P.J. 1985. History of carbon dioxide in the atmosphere. Pages 25-62 in J.R. Trabalka, editor. Atmospheric carbon dioxide and the global carbon cycle. U.S. Dep. Energy, Washington, D.C. DOE/ER-0239.
- Gessel, S.P.; Turner, J. 1976. Litter production in western Washington Douglas-fir stands. *For.* 49:63-72.

- Gonzalez, J.S. 1990. Wood density of Canadian tree species. For. Can., Northwest Reg., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-315.
- Gorham, E. 1988. Canada's peatlands: their importance for the global carbon cycle and possible effects of "greenhouse" climatic warming. *Transact. Royal Soc. Can.* V, 3:21-23.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.* 1(2):182-195.
- Gray, S.L.; Nietmann, K. 1989. Inventaire des forêts du Canada 1986 — Supplément technique. Forêts Canada, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario). Rapport d'information PI-X-86F.
- Grier, C.C. 1988. Foliage loss due to snow, wind, and winter drying damage: its effects on leaf biomass of some western conifer forests. *Can. J. For. Res.* 18:1097-1192.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1986. Les terres humides du Canada. a) Les régions à terres humides du Canada; b) Répartition des terres humides du Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario) et Environnement Canada, Ottawa (Ontario). Dossier cartographique.
- Groupe de travail sur les écorégions. 1989. Régions écoclimatiques du Canada, première approximation. Environnement Canada, Conservation et Protection, Service canadien de la faune, Direction du développement durable, Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire, Ottawa (Ontario). Série de la classification écologique no 23.
- Hansen, J.; Fung, I.; Lacis, A.; Rind, D.; Lebedeff, S.; Ruedy, R.; Russell, G. 1988. Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three dimensional model. *J. Geophys. Res.* 93:9341-9364.
- Harcombe, P.A.; Harmon, M.E.; Greene, S.E. 1990. Changes in biomass and production over 53 years in a coastal *Picea sitchensis* - *Tsuga heterophylla* forest approaching maturity. *Can. J. For. Res.* 20:1602-1610.
- Harmon, M.E.; Franklin, J.F.; Swanson, F.J.; Sollins, P.; Gregory, S.V.; Lattin, J.D.; Anderson, N.H.; Cline, S.P.; Aumen, N.G.; Sedell, J.R.; Lienkaemper, G.W.; Cromack, K., Jr.; Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 15:133-302.
- Harmon, M.E.; Baker, G.A.; Spycher, G.; Greene, S.E. 1990. Leaf-litter decomposition in the *Picea/Tsuga* forests of Olympic National Park, Washington, U.S.A. *For. Ecol. Manage.* 31:55-66.
- Holling, C.S., editor. 1979. Adaptive environmental assessment and management. International series on applied systems analysis. 3. IIASA. John Wiley and Sons, New York, New York.
- Honer, T.G.; Bickerstaff, A. 1985. Canada's forest area and wood volume balance 1977-1981; an appraisal of change under present levels of management. *Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Victoria, British Columbia. Inf. Rep. BC-X-272.*
- Houghton, R.A. 1986. Estimating changes in the carbon content of terrestrial ecosystems from historical data. Pages 175-193 in J.R. Trabalka and D.E. Reichle, editors. *The changing carbon cycle: a global analysis.* Springer Verlag, New York, New York.
- Houghton, R.A.; Hobbie, J.E.; Melillo, J.M.; Moore, B.; Peterson, B.J.; Shaver, G.R.; Woodwell, G.M. 1983. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Ecol. Monogr.* 53:235-262.
- Keeling, C.D.; Bacastow, R.B.; Whorf, T.P. 1982. Measurements of the concentration of carbon dioxide at Mauna Loa observatory, Hawaii. Pages 377-385 in W.C. Clark, editor. *Carbon dioxide review: 1982.* Oxford University Press, New York, New York.
- Kling, G.W.; Kipphut, G.W.; Miller, M.C. 1991. Arctic lakes and streams as gas conduits to the atmosphere: implications for tundra carbon budgets. *Sci.* 251:298-301.
- Kurz, W.A. 1989a. Net primary production, production allocation, and foliage efficiency in second growth Douglas-fir stands with differing site quality. Ph.D. Thesis, Univ. British Columbia, Vancouver, British Columbia.
- Kurz, W.A. 1989b. Significance of shifts in carbon allocation patterns for long-term site productivity research. Pages 149-164 in W.J. Dyck and C.A. Mees, editors. *Research strategies for long-term site productivity.* Proc., IEA/BE A3 Workshop, August 1988, Seattle, Washington. *For. Res. Inst., New Zealand. IEA/BE A3 Rep. 8. Bull.* 152.
- McClougherty, C.A.; Aber, J.D.; Melillo, J.M. 1984. Decomposition dynamics of fine roots in forested ecosystems. *Oikos* 42:378-386.
- Melillo, J.M.; Aber, J.D.; Muratore, J.F. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecol.* 63:621-626.
- Melillo, J.M.; Callaghan, T.V.; Woodward, F.I.; Salati, E.; Sinha, S.K. 1990. Effects on ecosystems. Pages 284-310 in J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums, editors. *Climate change, the IPCC scientific assessment.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Moore, T.R. 1989. Plant production, decomposition, and carbon efflux in a subarctic patterned fen. *Arctic Alp. Res.* 21:156-162.

- Piense, H.; Van Cleve, K. 1978. Weight loss of litter and cellulose bags in a thinned white spruce forest in interior Alaska. *Can. J. For. Res.* 8:42-46.
- Rizzo, B.; Wiken, E. 1989. Assessing the sensitivity of Canada's ecosystems to climate change. Pages 94-111 in E.A. Koster and M.M. Boer, compilers. *Landscape ecological impacts of climatic change on boreal/(sub)arctic regions, with emphasis on Fennoscandia*. LLIC Proj.
- Rotty, R.M.; Marland, G. 1986. Fossil fuel combustion: recent amounts, patterns and trends of CO<sub>2</sub>. Pages 474-490 in J.R. Trabalka and D.E. Reichle, editors. *The changing carbon cycle: a global analysis*. Springer Verlag, New York, New York.
- Schlesinger, M.E.; Mitchell, J.F.B. 1985. Model projections of the equilibrium climate response to increased carbon dioxide. Pages 81-147 in M.C. MacCracken and F.M. Luther, editors. *Projecting the climatic effects of increasing carbon dioxide*. U.S. Dep. Energy, Washington, D.C. DOE/ER-0237.
- Turner, J.; Long, J.N. 1975. Accumulation of organic matter in a series of Douglas-fir stands. *Can. J. For. Res.* 5:681-690.
- Van Wagner, C.E. 1988. The historical pattern of annual burned area in Canada. *For. Chron.* 64(3):182-185.
- Vogt, K.A.; Grier, C.C.; Vogt, D.J. 1986. Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.* 15:303-377.
- Zinke, P.J.; Stangenberger, A.G.; Post, W.M.; Emanuel, W.R.; Olson, J.S. 1986. Worldwide organic soil carbon and nitrogen data. In R.E. Millemann and T.A. Boden, compilers. *CDIC numeric data collection*. U.S. Dep. Energy, Carbon Dioxide Inf. Cent., Environ. Sci. Div., Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge, Tennessee. ORNL/CDIC-18. NDP-018.
- Zoltai, S.C. 1988. Ecoclimatic provinces of Canada and man-induced climatic change. *Can. Comm. Ecol. Land. Classif. Newsl.* 17:12-15.



# ANNEXE 1

## LISTE DES PARTICIPANTS À L'ATELIER

Participant	Affiliation
Mike Apps	Forêts Canada, Centre de foresterie du Nord, Edmonton
John Balatinecz	Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto
Mike Bonnor	Forêts Canada, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria
Lorne Brace	Forêts Canada, Centre de foresterie du Nord, Edmonton
Josef Cihlar	Centre canadien de télédétection, Ottawa
Jock Dobie	Statistique Canada, B.C. Forestry and Forest Industries, Vancouver
Peter Hall	Forêts Canada, Direction des sciences, Hull
Mark Harmon	Department of Forest Sciences, Oregon State University, Corvallis
Ole Hendrickson	Forêts Canada, Direction des sciences, Hull
Werner Kurz	ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd., Vancouver
Ken Lertzman	Programme de gestion des ressources naturelles, Université Simon Fraser, Burnaby
Tamara Lekstrum	ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd., Vancouver
Joe Lowe	Forêts Canada, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River
Vishwa Mathur	Forêts Canada, Direction de l'industrie, du commerce et de la technologie, Hull
Peter McNamee	ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd., Vancouver
John Nyboer	Programme de gestion des ressources naturelles, Université Simon Fraser, Burnaby
Dennis Parkinson	Département de sciences biologiques, Université de Calgary, Calgary
Doug F.W. Pollard	Forêts Canada, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria
Jim Richardson	Forêts Canada, Direction des sciences, Hull
Brian Stocks	Forêts Canada, Région de l'Ontario, Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie
Iver Simonsen	Institut canadien de recherche sur les pâtes et papiers, Pointe Claire
Tony Trofymow	Forêts Canada, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria
Tim Webb	ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd., Vancouver
Jan Volney	Forêts Canada, Centre de foresterie du Nord, Edmonton
Steve Zoltai	Forêts Canada, Centre de foresterie du Nord, Edmonton

---

**ANNEXE 2**  
**SUPERFICIE DES TOURBIÈRES, ESTIMATIONS**  
**DE L'ACCUMULATION NETTE DE CARBONE**  
**ET REJET DE MÉTHANE**

## Superficie totale des tourbières

Province éoclimatique	Superficie totale des tourbières par compétence administrative (milliers d'hectares)										Total		
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique		Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	1	0	0	0	18	0	1	0	0	0	10	711	741
Subarctique	1 474	0	0	0	2 517	3 492	4 077	137	0	0	504	5 803	18 005
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	2 558	12 958	6 751	11 418	982	5	7 808	42 480
Boréale orientale	2 911	94	0	367	6 090	18 069	0	0	0	0	0	0	27 529
Tempérée froide	0	59	3	118	846	381	0	0	0	0	0	0	1 407
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	23
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	25	75
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	962	597	267	0	1 825
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 429	0	0	1 429
Total	4 386	152	3	485	9 470	24 524	17 036	6 888	12 380	3 007	836	14 347	93 513

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

## Accumulation nette de carbone

Province éoclimatique	Accumulation nette de carbone par compétence administrative (milliers de tonnes de C)										Total		
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique		Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	199	208
Subarctique	413	0	0	0	705	978	1 142	38	0	0	141	1 625	5 041
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	3 628	1 890	3 197	275	2	2 186	11 178
Boréale orientale	815	26	0	103	1 705	5 776	0	0	0	0	0	0	8 424
Tempérée froide	0	16	1	33	237	107	0	0	0	0	0	0	394
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7	21
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	269	167	75	0	511
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	400
Total	1 228	43	1	136	2 652	6 867	4 770	1 929	3 466	842	234	4 017	26 184

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

## Rejet de méthane

Province écoclimatique	Rejet de méthane par compétence administrative (milliers de tonnes de C)											Total	
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique	Yukon		Territoires du Nord-Ouest
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Subarctique	9	0	0	0	15	21	24	1	0	0	3	35	108
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	78	41	69	6	0	47	240
Boréale orientale	17	1	0	2	37	124	0	0	0	0	0	0	181
Tempérée froide	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	8
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	2	0	11
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>57</b>	<b>147</b>	<b>102</b>	<b>41</b>	<b>74</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>86</b>	<b>561</b>

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

---

## ANNEXE 3

# RAPPORTS ENTRE LES CLASSES DE MATURITÉ ET LES CLASSES D'ÂGE DANS LE MODÈLE DU BILAN DU CARBONE

On trouvera ici 12 ensembles de données, soit 1 pour chaque compétence administrative, qui décrivent le rapport entre les classes de maturité et les classes d'âge utilisées dans le modèle du bilan du C. Les rapports sont dérivés de Forêts Canada (1988).

### Codes

Type forestier	Classe de maturité
1 = Résineux	1 = Régénération
2 = Mixte	2 = Jeune
3 = Feuillu	3 = Mûr
4 = Indéterminé	4 = Suranné
	5 = Inéquienne
	6 = Indéterminé

### Notes et hypothèses

La valeur -1 signifie qu'il n'existe aucune donnée sur la classe de maturité, généralement parce que l'inventaire n'englobe pas cette classe.

**Manitoba** : Forêts Canada (1986) ne comporte aucune donnée sur la classe d'âge permettant d'établir un rapport entre la classe de maturité et la classe d'âge. Les définitions des classes d'âge de l'Alberta ont plutôt été utilisées.

**Saskatchewan** : Bien que la table exposant les classes de maturité par rapport aux classes d'âge contienne les définitions, la biomasse de l'inventaire ne comporte que la classe de maturité dite «indéterminée». Par conséquent, l'âge maximal de cette classe de maturité est le seul utilisé par le modèle.

**Yukon** : Seule une petite partie de la superficie est répertoriée par classe de maturité et ce qui est présenté a été reclassé comme étant «indéterminé» (voir page 16).

### Ensemble de données : Terre-Neuve

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	-1	-1	-1,00
1	2	1	40	19,86
1	3	41	80	66,88
1	4	81	200	98,28
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	-1	-1	-1,00
2	2	1	40	26,24
2	3	41	80	66,53
2	4	81	200	90,69
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	-1	-1	-1,00
3	2	1	40	24,80
3	3	41	80	67,72
3	4	81	200	90,74
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	-1	-1	-1,00
4	2	1	40	20,05
4	3	41	80	66,86
4	4	81	200	97,38
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Nouvelle-Écosse

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	11,22
1	2	21	60	47,46
1	3	61	100	74,04
1	4	101	120	109,80
1	5	1	120	60,00
1	6	1	120	60,00
2	1	1	20	11,06
2	2	21	60	47,02
2	3	61	100	73,81
2	4	101	120	110,00
2	5	1	120	60,00
2	6	1	120	60,00
3	1	1	20	11,85
3	2	21	60	55,65
3	3	61	100	75,43
3	4	101	120	110,00
3	5	1	120	60,00
3	6	1	120	60,00
4	1	1	20	11,32
4	2	21	60	49,72
4	3	61	100	74,32
4	4	101	120	109,86
4	5	1	120	60,00
4	6	1	120	60,00

### Ensemble de données : Île-du-Prince-Édouard

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	-1	-1	-1
1	2	-1	-1	-1
1	3	-1	-1	-1
1	4	-1	-1	-1
1	5	-1	-1	-1
1	6	1	200	100
2	1	-1	-1	-1
2	2	-1	-1	-1
2	3	-1	-1	-1
2	4	-1	-1	-1
2	5	-1	-1	-1
2	6	1	200	100
3	1	-1	-1	-1
3	2	-1	-1	-1
3	3	-1	-1	-1
3	4	-1	-1	-1
3	5	-1	-1	-1
3	6	1	200	100
4	1	-1	-1	-1
4	2	-1	-1	-1
4	3	-1	-1	-1
4	4	-1	-1	-1
4	5	-1	-1	-1
4	6	1	200	100

### Ensemble de données : Nouveau-Brunswick

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	10,00
1	2	21	60	48,58
1	3	61	100	83,76
1	4	101	200	109,97
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	1	20	10,00
2	2	21	60	48,40
2	3	61	100	89,35
2	4	101	200	124,35
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	1	20	10,00
3	2	21	60	47,01
3	3	61	100	96,94
3	4	101	200	154,85
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	1	20	10,00
4	2	21	80	47,94
4	3	81	120	88,24
4	4	121	200	127,38
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Québec

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	10,00
1	2	21	60	49,49
1	3	61	120	98,97
1	4	121	140	130,00
1	5	1	140	70,00
1	6	1	140	70,00
2	1	1	20	10,00
2	2	21	60	48,22
2	3	61	90	81,59
2	4	91	120	92,47
2	5	1	120	60,00
2	6	1	120	60,00
3	1	1	20	10,00
3	2	21	60	55,92
3	3	61	100	83,77
3	4	101	120	95,90
3	5	1	120	60,00
3	6	1	120	60,00
4	1	1	20	10,00
4	2	21	60	51,51
4	3	61	100	88,08
4	4	101	120	95,04
4	5	1	120	60,00
4	6	1	120	60,00

### Ensemble de données : Ontario

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	12,20
1	2	21	60	48,77
1	3	61	120	92,09
1	4	121	200	127,61
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	1	20	11,01
2	2	21	60	43,16
2	3	61	90	71,99
2	4	91	200	94,44
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	1	20	8,48
3	2	21	60	42,54
3	3	61	90	65,77
3	4	91	200	97,38
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	1	20	11,60
4	2	21	60	45,88
4	3	61	100	82,78
4	4	101	200	107,37
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Manitoba

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	0	22,24
1	2	41	80	58,76
1	3	81	140	98,86
1	4	141	200	144,56
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	1	40	22,86
2	2	41	80	56,66
2	3	81	120	101,24
2	4	121	200	135,61
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	1	20	10,00
3	2	21	60	49,47
3	3	61	100	79,91
3	4	101	200	118,98
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	1	40	19,68
4	2	41	80	54,55
4	3	81	120	92,96
4	4	121	200	135,78
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Saskatchewan

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	-1	-1	-1,00
1	2	1	60	49,19
1	3	61	100	84,39
1	4	101	200	109,15
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	-1	-1	-1,00
2	2	1	60	39,92
2	3	61	80	70,00
2	4	81	200	99,44
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	-1	-1	-1,00
3	2	1	60	36,23
3	3	61	80	70,00
3	4	81	200	85,46
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	-1	-1	-1,00
4	2	1	60	43,63
4	3	61	90	77,26
4	4	91	200	98,05
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Alberta

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	40	22,24
1	2	41	80	58,76
1	3	81	140	98,86
1	4	141	200	144,56
1	5	1	200	100,00
1	6	1	200	100,00
2	1	1	40	22,86
2	2	41	80	56,66
2	3	81	120	101,24
2	4	121	200	135,61
2	5	1	200	100,00
2	6	1	200	100,00
3	1	1	20	10,00
3	2	21	60	49,47
3	3	61	100	79,91
3	4	101	200	118,98
3	5	1	200	100,00
3	6	1	200	100,00
4	1	1	40	19,68
4	2	41	80	54,55
4	3	81	120	92,96
4	4	121	200	135,78
4	5	1	200	100,00
4	6	1	200	100,00

### Ensemble de données : Colombie-Britannique

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	10,00
1	2	21	100	67,31
1	3	101	140	110,93
1	4	141	260	213,41
1	5	1	260	130,00
1	6	1	260	130,00
2	1	1	20	10,00
2	2	21	90	56,14
2	3	91	140	104,58
2	4	141	260	196,41
2	5	1	260	130,00
2	6	1	260	130,00
3	1	1	20	10,00
3	2	21	80	53,57
3	3	81	140	102,10
3	4	141	260	195,33
3	5	1	260	130,00
3	6	1	260	130,00
4	1	1	20	10,00
4	2	21	100	64,38
4	3	101	140	109,38
4	4	141	260	213,90
4	5	1	260	130,00
4	6	1	260	130,00

### Ensemble de données : Yukon

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	-1	-1	-1
1	2	-1	-1	-1
1	3	-1	-1	-1
1	4	-1	-1	-1
1	5	-1	-1	-1
1	6	1	150	75
2	1	-1	-1	-1
2	2	-1	-1	-1
2	3	-1	-1	-1
2	4	-1	-1	-1
2	5	-1	-1	-1
2	6	1	150	75
3	1	-1	-1	-1
3	2	-1	-1	-1
3	3	-1	-1	-1
3	4	-1	-1	-1
3	5	-1	-1	-1
3	6	1	150	75
4	1	-1	-1	-1
4	2	-1	-1	-1
4	3	-1	-1	-1
4	4	-1	-1	-1
4	5	-1	-1	-1
4	6	1	150	75

### Ensemble de données : Territoires du Nord-Ouest

Type forestier	Classe de maturité	Classe d'âge (années)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
1	1	1	20	10
1	2	21	100	60
1	3	101	160	130
1	4	161	180	170
1	5	1	180	90
1	6	1	180	90
2	1	1	20	10
2	2	21	100	60
2	3	101	160	130
2	4	161	180	170
2	5	1	180	90
2	6	1	180	90
3	1	1	20	10
3	2	21	60	40
3	3	61	80	70
3	4	81	120	100
3	5	1	120	60
3	6	1	120	60
4	1	1	20	10
4	2	21	100	60
4	3	101	160	130
4	4	161	180	170
4	5	1	180	90
4	6	1	180	90

## ANNEXE 4

# SOURCES DES DONNÉES SUR LES RÉGIMES DE PERTURBATION UTILISÉES DANS LE MODÈLE DU BILAN DU CARBONE

### Insectes

Dans les bases de données provinciales et nationales, les estimations des superficies ravagées par les insectes correspondent généralement aux superficies défoliées pendant plusieurs années consécutives. Il ne s'agit donc pas toujours de nouveaux foyers d'infestation, mais des superficies qui peuvent avoir été affectées

au cours de l'année précédente. Il est donc difficile d'établir une estimation qui tienne compte des infestations qui provoquent une mortalité dans les peuplements. De telles estimations ont été établies par Honer et Bickerstaff (1985). W.J.A. Volney (communication personnelle, février 1990) a prêté son concours à la répartition des estimations des superficies entre les différentes provinces écoclimatiques énumérées ci-dessous.

Compétence administrative	Superficie affectée par les insectes (milliers d'hectares)	Répartition proportionnelle par province écoclimatique			
		Boréale orientale	Tempérée froide	Cordillère	Cordillère intérieure
Terre-Neuve	47,790	1,000	— <sup>a</sup>	—	—
Nouvelle-Écosse	49,236	0,950	0,050	—	—
Île-du-Prince-Édouard	—	—	—	—	—
Nouveau-Brunswick	17,659	0,400	0,600	—	—
Québec	145,564	0,800	0,200	—	—
Ontario	98,654	0,984	0,016	—	—
Manitoba	—	—	—	—	—
Saskatchewan	—	—	—	—	—
Alberta	0,503	—	—	1,000	—
Colombie-Britannique	28,168	—	—	0,493	0,507
Yukon	—	—	—	—	—
Territoires du Nord-Ouest	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> Données non pertinentes.

## Incendies de forêt

B.J. Stocks (communication personnelle, les 25 et 29 mai 1990) a fourni les estimations de la superficie incendiée annuellement par province éoclimatique, et par compétence administrative. La répartition de la superficie incendiée dans la province éoclimatique de la Cordillère (150 000 ha) n'a pas été fournie et a été présumée proportionnelle à la répartition de cette province éoclimatique dans les diverses compétences administratives. Ces données ont servi à établir les estimations de 1986 ainsi que les estimations décennales moyennes.

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)											
	Terre-Neuve	Nouvelle-Écosse	Île-du-Prince-Édouard	Nouveau-Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie-Britannique	Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	<sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subarctique	17 472	-	-	-	273 560	672	2 462	21 504	-	-	14 784	229 544
Boréale occidentale	-	-	-	-	97 152	-	391 776	668 624	236 544	9 504	1 056	162 096
Boréale orientale	5 984	-	-	176	-	187 088	-	-	-	-	-	-
Tempérée froide	-	-	-	4 865	90	45	-	-	-	-	-	-
Tempérée modérée	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prairies	-	-	-	-	-	-	8 358	-	642	-	-	-
Cordillère subarctique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 000	-
Cordillère	-	-	-	-	-	-	-	-	26 100	80 310	42 090	1 500
Cordillère intérieure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 000	-	-
Cordillère pacifique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 000	-	-
Superficie totale	23 456	0	0	5 041	370 802	187 805	402 596	690 128	263 286	98 814	60 930	393 140

<sup>a</sup> Cette combinaison de compétence administrative et de province éoclimatique n'existe pas ou les données sur les superficies incendiées n'ont pas été rapportées.

## Brûlages dirigés

Les estimations de la superficie où un brûlage dirigé a été pratiqué ont été fournies par B.J. Stocks (communication personnelle, les 25 et 29 mai 1990). La répartition par province écoclimatique a été considérée comme proportionnelle à la répartition de la récolte par province écoclimatique, au sein d'une même province. Ces données ont servi à établir les estimations de 1986 ainsi que les estimations décennales moyennes.

Colombie-Britannique	Cordillère	26 354 ha
	Cordillère intérieure	15 884 ha
	Cordillère pacifique	11 754 ha
Ontario	Tempérée froide	258 ha
	Boréale	4 050 ha

## Récolte (superficie)

La répartition de la superficie récoltée par province écoclimatique, au sein d'une même province, apparaît ci-dessous. Il est à noter que la superficie où un brûlage dirigé a été pratiqué (type de perturbation : coupe à blanc avec brûlage de rémanents) fait partie des estimations de la superficie récoltée.

### Alberta

#### Provinces écoclimatiques

Il a été estimé que 50 % de la superficie récoltée se trouvait dans la province écoclimatique boréale et 50 % dans celle de la Cordillère.

#### Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989)<sup>1</sup>.

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Cordillère	16 913
Boréale occidentale	16 913
Total	33 825

#### Moyenne décennale (1976-1977 à 1985-1986)

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc</u>
Cordillère	12 689
Boréale occidentale	12 689
Total	25 377

Nota : Les totaux peuvent ne pas être exacts car certains chiffres ont été arrondis.

## Colombie-Britannique

#### Provinces écoclimatiques

Cordillère pacifique : Vancouver  
Cordillère intérieure : Kamloops, Cariboo  
Cordillère : Prince Rupert, Prince George, Nelson

#### Superficie (ha) (terres de la Couronne uniquement)

Les chiffres ont été calculés à partir de données figurant dans les rapports annuels du ministère des Terres et Forêts de la Colombie-Britannique.

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écrémage</u>
Cordillère pacifique	44 520	1 969
Cordillère intérieure	60 169	18 224
Cordillère	99 815	7 033
Total	204 504	27 226

#### Moyenne décennale

(1976-1977 à

1985-1986)

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écrémage</u>
Cordillère pacifique	27 196	774
Cordillère intérieure	40 164	16 739
Cordillère	88 689	8 526
Total	156 049	26 039

### Manitoba

#### Provinces écoclimatiques

Prairies : région forestière du Sud-Ouest  
Boréale : toutes les autres régions forestières  
Subarctique : aucune région de récolte

#### Superficie (ha)

Chiffres estimés à partir de Kuhnke (1989).

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Prairies	54 (0,34 %)
Boréale occidentale	15 846
Total	15 900

La région des Prairies a produit 0,34 % de la récolte de 1985-1986 d'après le rapport annuel de 1986 du ministère des Ressources naturelles du Manitoba. Un volume à l'hectare uniforme a été présumé dans l'ensemble de la province.

1. Kuhnke, D.H. 1989. Statistiques sylvicoles canadiennes : Résumé couvrant une période de 11 ans. Forêts Canada, Région du Nord-Ouest, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta). Rapport d'information NOR-X-301F.

Moyenne décennale  
(1976-1977 à  
1985-1986)

	Coupe à blanc (total)
Prairies	64 (0,34 %)
Boréale occidentale	18 856
Total	18 920

### Nouveau-Brunswick

Provinces écoclimatiques

Il a été présumé que 19,81 % de la récolte a été effectuée dans la province boréale et 80,19 % dans la province tempérée froide (proportionnellement à la superficie couverte respectivement par ces provinces écoclimatiques).

Superficie (ha)

Chiffres estimés à partir de Kuhnke (1989).

1986	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Boréale orientale	16 387	862
Tempérée froide	66 333	3 488
Total	82 720	4 350

Moyenne décennale  
(1976-1977 à  
1985-1986)

	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Boréale orientale	16 470	249
Tempérée froide	66 671	1 009
Total	83 141	1 258

### Terre-Neuve

Province écoclimatique

Boréale

Superficie (ha)

Chiffres estimés à partir de Kuhnke (1989).

1985-1986 (coupe à blanc dans tous les cas) =  
16 400

Moyenne décennale (1976-1977 à 1985-1986) =  
14 883

### Nouvelle-Écosse

Provinces écoclimatiques

Il a été présumé que 54,33 % de la récolte a été effectuée dans la province tempérée froide et 45,67 % dans la province boréale (proportionnellement à la superficie couverte par chacune de ces provinces écoclimatiques).

Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

1985-1986	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Tempérée froide	15 647	531
Boréale orientale	13 153	447
Total	28 800	978

Moyenne décennale  
(1976-1977 à  
1985-1986)

	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Tempérée froide	16 850	277
Boréale orientale	14 165	233
Total	31 015	510

### Ontario

Provinces écoclimatiques

Boréale : région forestière du Nord-Ouest, du Centre-Nord, du Nord-Est et du Nord

Tempérée froide : région forestière d'Algonquin, du Sud-Ouest, de l'Est et du Centre (0,5)

Tempérée modérée : région forestière du Centre (0,5)

Les hypothèses sur la superficie et le volume récoltés ont été établies à partir des données sur la récolte de 1986, par région forestière, publiées dans les rapports statistiques annuels du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

#### Répartition

Boréale orientale	94 %
Tempérée froide	6 %
Tempérée modérée	0 %

Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

1985-1986	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Boréale orientale	174 062	30 843
Tempérée froide	11 110	1 969
Total	185 172	32 812

Moyenne décennale  
(1976-1977 à  
1985-1986)

	Coupe à blanc	Coupe d'écrémage
Boréale orientale	158 248	36 379
Tempérée froide	10 101	2 322
Total	168 349	38 701

## Île-du-Prince-Édouard

Province écoclimatique  
Tempérée froide

Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de la publication de Kuhnke (1989).

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Tempérée froide	3 200
Moyenne décennale (1976-1977 à 1985-1986)	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Tempérée froide	2 268

## Québec

Provinces écoclimatiques

Boréale : Bas Saint-Laurent/Gaspésie, Saguenay/Lac Saint-Jean, Québec, Abitibi-Témiscamingue, Côte-Nord

Tempérée froide : Mauricie, Estrie, Montréal, Outaouais

Les hypothèses sur les superficies et les volumes récoltés ont été établies à partir de données sur la récolte de 1988 par région forestière (R. Lamarre, communication personnelle, 1990).

Répartition (pourcentage de la récolte totale de 1988)

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écémage</u>
Boréale orientale	85 %	38 %
Tempérée froide	15 %	62 %

Superficie (ha) (terres de la Couronne uniquement)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écémage</u>
Boréale orientale	205 827	9 131
Tempérée froide	36 323	14 899
Total	242 150	24 030

Moyenne décennale  
(1976-1977 à  
1985-1986)

	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écémage</u>
Boréale orientale	168 661	13 974
Tempérée froide	29 764	22 800
Total	198 425	36 774

## Saskatchewan

Provinces écoclimatiques

Il a été présumé que la totalité de la récolte a été effectuée dans la province écoclimatique boréale.

Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Boréale occidentale	19 963
Moyenne décennale (1976-1977 à 1985-1986)	<u>Coupe à blanc</u>
Boréale occidentale	19 163

## Territoires du Nord-Ouest

Provinces écoclimatiques

Il a été présumé que 97 % de la récolte a été effectuée dans la province boréale et 3 % dans celle de la Cordillère (proportionnellement à la superficie couverte par chacune de ces provinces écoclimatiques).

Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Boréale occidentale	960
Cordillère	30
Total	990
Moyenne décennale (1976-1977 à 1985-1986)	<u>Coupe à blanc</u>
Boréale occidentale	719
Cordillère	22
Total	741

**Yukon**

## Provinces écoclimatiques

Il a été présumé que 2 % de la récolte a été effectuée dans la province boréale, 92 % dans celles de la Cordillère et 6 % dans celle de la Cordillère pacifique.

## Superficie (ha)

Les chiffres ont été estimés à partir de Kuhnke (1989).

## Moyenne décennale

(1976-1977 à

1985-1986)

	<u>Coupe à blanc</u>	<u>Coupe d'écrouissage</u>
Boréale occidentale	4	5
Cordillère	167	218
Cordillère pacifique	11	14
Total	182	237

<u>1985-1986</u>	<u>Coupe à blanc (totalité)</u>
Boréale occidentale	3
Cordillère	124
Cordillère pacifique	8
Total	135

---

## **ANNEXE 5**

### **MATRICES DE PERTURBATION POUR LES 5 TYPES DE PERTURBATION**

Les matrices de perturbation de chacun des 5 types de perturbation figurent dans la présente annexe. Ces matrices décrivent le transfert de C entre les réservoirs (les sources correspondent aux rangées et les puits aux colonnes) au moment de la perturbation (voir page 21). La somme de chaque rangée équivaut à 1, ce qui garantit la conservation du carbone. Il existe 10 matrices différentes

pour les incendies dans les différentes provinces écoclimatiques et 6 pour les coupes à blanc et le brûlage de rémanents. Dans le cas de chacun des 3 autres types de perturbation, les matrices sont semblables d'une province écoclimatique à l'autre. Une seule matrice est présentée pour chaque type de perturbation.

## Matrice de perturbation : incendies de forêt

Source <sup>a</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,197	- <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-	0,099	0,346	0,049	-	0,278	0,028	0,003	-
2	-	0,185	-	-	-	-	-	-	0,093	-	-	-	0,619	0,094	0,009	-
3	-	-	0,194	-	-	-	-	-	0,097	0,194	-	-	0,464	0,464	0,005	-
4	-	-	-	0,196	-	-	-	-	0,196	0,196	-	-	0,361	0,046	0,005	-
5	-	-	-	-	0,197	-	-	-	0,099	0,346	0,049	-	0,278	0,028	0,003	-
6	-	-	-	-	-	0,185	-	-	0,093	-	-	-	0,619	0,094	0,009	-
7	-	-	-	-	-	-	0,194	-	0,097	0,194	-	-	0,464	0,046	0,005	-
8	-	-	-	-	-	-	-	0,196	0,196	0,196	-	-	0,361	0,046	0,005	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,520	0,087	0,087	-	0,275	0,028	0,003	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,752	0,094	-	0,138	0,014	0,002	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,923	-	0,061	0,014	0,002	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-

<sup>a</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.

2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>b</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CO.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

## Matrice de perturbation : insectes provoquant une mortalité

Source <sup>a</sup>	Puits <sup>a</sup> (proportion de carbone transférée)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,200	- <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-	0,100	0,700	-	-	-	-	-	-
2	-	0,200	-	-	-	-	-	-	0,600	0,100	-	-	-	-	-	-
3	-	-	0,200	-	-	-	-	-	0,100	0,700	-	-	0,100	-	-	-
4	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	0,200	-	-	-	0,100	0,700	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	0,200	-	-	0,600	0,100	-	-	0,100	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	0,200	-	0,100	0,700	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-

<sup>a</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.  
2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>b</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CO.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

### Matrice de perturbation : coupe à blanc avec brûlage de rémanents

Source <sup>a</sup>	Puits <sup>a</sup> (proportion de carbone transférée)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,017	- <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	0,042	0,018	0,009	-	-	0,101	0,012	0,001	0,800
2	-	0,166	-	-	-	-	-	0,331	0,033	0,016	-	-	0,407	0,043	0,004	-
3	-	-	0,166	-	-	-	-	0,331	0,033	0,016	-	-	0,407	0,043	0,004	-
4	-	-	-	0,364	-	-	-	0,242	0,122	-	-	-	0,237	0,031	0,004	-
5	-	-	-	-	0,017	-	-	0,042	0,018	0,009	-	-	0,101	0,012	0,001	0,800
6	-	-	-	-	-	0,166	-	0,331	0,033	0,016	-	-	0,407	0,043	0,004	-
7	-	-	-	-	-	-	0,166	0,331	0,033	0,016	-	-	0,407	0,043	0,004	-
8	-	-	-	-	-	-	-	0,242	0,122	-	-	-	0,237	0,031	0,004	-
9	-	-	-	-	-	-	-	0,714	-	-	-	-	0,257	0,026	0,003	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,857	-	-	-	0,128	0,013	0,002	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.

2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>b</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CO.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

## Matrice de perturbation : coupe à blanc

Source <sup>a</sup>	Puits <sup>a</sup> (proportion de carbone transférée)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	- <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,150	-	-	-	-	-	0,850
2	-	0,100	-	-	-	-	-	-	0,900	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	0,100	-	-	-	-	-	0,800	0,100	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	0,500	-	-	-	-	0,400	0,100	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,150	-	-	-	-	-	0,850
6	-	-	-	-	-	0,100	-	-	0,900	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	0,100	-	0,800	0,100	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	0,500	0,400	0,100	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-

<sup>a</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.

2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>b</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CO.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

## Matrice de perturbation : coupe partielle

Source <sup>a</sup>	Puits <sup>a</sup> (proportion de carbone transférée)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,100	- <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-	-	0,050	-	-	-	-	-	0,850
2	-	0,100	-	-	-	-	-	-	0,900	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	0,100	-	-	-	-	-	0,750	0,150	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	0,700	-	-	-	-	0,250	0,050	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	0,100	-	-	-	-	0,050	-	-	-	-	-	0,850
6	-	-	-	-	-	0,100	-	-	0,900	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	0,100	-	0,750	0,150	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	0,700	0,250	0,050	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000	-	-	-	-

<sup>a</sup> 1 = Bois de tige résineux marchand.

2 = Feuillage de résineux.

3 = Autres composantes marchandes de résineux.

4 = Résineux marchands secondaires.

5 = Bois de tige feuillu marchand.

6 = Feuillage de feuillus.

7 = Autres composantes marchandes de feuillus.

8 = Feuillus marchands secondaires.

<sup>b</sup> Valeur zéro.

9 = Réservoir de C du sol à cycle court.

10 = Réservoir de C du sol à cycle moyen.

11 = Réservoir de C du sol à cycle long.

12 = Non utilisé.

13 = CO<sub>2</sub>.

14 = CO.

15 = CH<sub>4</sub>.

16 = Secteur des produits forestiers.

## ANNEXE 6

# VALEURS DES PARAMÈTRES DU SOUS-MODÈLE DU SECTEUR DES PRODUITS FORESTIERS ET PARAMÈTRES DE COUPE HISTORIQUES DU MODÈLE DU BILAN DU CARBONE

### VALEURS DES PARAMÈTRES ET DES DONNÉES DU SOUS-MODÈLE DU SECTEUR DES PRODUITS FORESTIERS

#### Paramètres divers de conversion des produits forestiers

Efficacité de mise en copeaux (en proportion) :	0,85
Proportion de copeaux se décomposant durant l'entreposage (en proportion) :	0,05
Facteur de conversion du carbone (t à 1000 m <sup>3</sup> ) :	250

#### Devenir, en proportion, des différents sous-produits de fabrication de la pâte, par procédé

Procédé de fabrication	Devenir des sous-produits de fabrication de la pâte				
	Pâte	Incinération		Décharge	Décomposition rapide
		Déchets	Énergie		
Pâte au bisulfite	0,500	0,500	0,000	0,000	0,000
Pâte kraft	0,400	0,600	0,000	0,000	0,000
Pâte thermo-chimico-mécanique	0,850	0,000	0,000	0,075	0,075
Pâte mécanique	0,950	0,000	0,000	0,025	0,025

#### Devenir, en proportion, du bois de rebut et des copeaux énergétiques

Produits de rebut des procédés de fabrication de la pâte	Devenir des produits de rebut des procédés de fabrication de la pâte			
	Incinération		Décharge	Décomposition rapide
	Déchets	Énergie		
Bois de rebut	0,670	0,330	0,000	0,000
Copeaux énergétiques	1,000	0,000	0,000	0,000

#### Émissions, en proportion, par type de gaz et procédé

Processus d'émission	Type d'émissions gazeuses		
	Dioxyde de carbone	Méthane	Monoxyde de carbone
Incinération de déchets	1	0	0
Incinération énergétique	1	0	0
Décomposition	0	1	0

## Devenir, en proportion, des 3 types de produits forestiers

Types de produits forestiers	Devenir des produits forestiers				
	Incinération		Décharge	Décomposition	Recyclage
	Déchets	Énergie			
Bois de construction	0,030	0,020	0,850	0,050	0,050
Autres types de bois d'œuvre	0,030	0,020	0,850	0,050	0,050
Produits de la pâte	0,025	0,020	0,900	0,005	0,050

## Répartition, en proportion, du bois transformé en pâte, par procédé et par compétence administrative

Compétence administrative	Pâte au bisulfite	Pâte kraft	Pâte thermo-chimico-mécanique	Pâte mécanique
Terre-Neuve	0,20	0,00	0,80	0,00
Nouvelle-Écosse	0,59	0,00	0,10	0,31
Île-du-Prince-Édouard	0,23	0,33	0,25	0,19
Nouveau-Brunswick	0,23	0,33	0,25	0,19
Québec	0,11	0,44	0,25	0,20
Ontario	0,09	0,55	0,17	0,19
Manitoba	0,15	0,64	0,00	0,21
Saskatchewan	0,00	1,00	0,00	0,00
Alberta	0,00	0,84	0,16	0,00
Colombie-Britannique	0,00	0,74	0,20	0,06
Yukon	0,00	0,00	0,00	0,00
Territoires du Nord-Ouest	0,00	0,00	0,00	0,00

## Répartition, en proportion, de la récolte dans les provinces écoclimatiques

Compétence administrative	Province écoclimatique										
	1 <sup>a</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Terre-Neuve	<sup>b</sup>	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Nouvelle-Écosse	-	-	-	0,46	0,54	-	-	-	-	-	-
Île-du-Prince-Édouard	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Nouveau-Brunswick	-	-	-	0,20	0,80	-	-	-	-	-	-
Québec	-	-	-	0,81	0,19	-	-	-	-	-	-
Ontario	-	-	-	0,94	0,06	-	-	-	-	-	-
Manitoba	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Saskatchewan	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Alberta	-	-	0,50	-	-	-	-	-	0,50	-	-
Colombie-Britannique	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,34	0,20
Yukon	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,92	-	0,06
Territoires du Nord-Ouest	-	-	0,97	-	-	-	-	-	0,03	-	-

<sup>a</sup> 1 = arctique; 2 = subarctique; 3 = boréale occidentale; 4 = boréale orientale; 5 = tempérée froide; 6 = tempérée modérée; 7 = Prairies; 8 = Cordillère subarctique; 9 = Cordillère; 10 = Cordillère intérieure; 11 = Cordillère pacifique.

<sup>b</sup> Cette combinaison de compétence administrative et de province écoclimatique n'existe pas ou les données sur la récolte n'ont pas été rapportées.

**Proportion historique du devenir des divers types de bois après la coupe, pour chaque année de simulation**

Année de simulation	Bois de construction		Autres types de bois d'œuvre		Incinération de déchets		Incinération énergétique		Décharge		Pâte	
	R	F <sup>a</sup>	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F
1986	0,315	0,000	0,190	0,300	0,165	0,280	0,083	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1985	0,313	0,000	0,188	0,300	0,168	0,280	0,084	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1984	0,311	0,000	0,186	0,300	0,170	0,280	0,085	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1983	0,310	0,000	0,183	0,300	0,173	0,280	0,086	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1982	0,308	0,000	0,181	0,300	0,176	0,280	0,088	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1981	0,306	0,000	0,179	0,300	0,195	0,280	0,097	0,070	0,000	0,000	0,223	0,350
1980	0,304	0,000	0,177	0,300	0,214	0,280	0,107	0,070	0,000	0,000	0,198	0,350
1979	0,302	0,000	0,175	0,300	0,233	0,280	0,117	0,070	0,000	0,000	0,173	0,350
1978	0,301	0,000	0,173	0,300	0,252	0,280	0,126	0,070	0,000	0,000	0,149	0,350
1977	0,299	0,000	0,170	0,300	0,271	0,280	0,136	0,070	0,000	0,000	0,124	0,350
1976	0,297	0,000	0,168	0,300	0,290	0,280	0,145	0,070	0,000	0,000	0,099	0,350
1975	0,295	0,000	0,166	0,300	0,310	0,280	0,155	0,070	0,000	0,000	0,074	0,350
1974	0,293	0,000	0,164	0,300	0,329	0,280	0,164	0,070	0,000	0,000	0,050	0,350
1973	0,292	0,000	0,162	0,300	0,348	0,280	0,174	0,070	0,000	0,000	0,025	0,350
1972	0,290	0,000	0,159	0,300	0,367	0,280	0,184	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1971	0,288	0,000	0,157	0,300	0,370	0,280	0,185	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1970	0,286	0,000	0,155	0,300	0,372	0,280	0,186	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1969	0,284	0,000	0,153	0,300	0,375	0,280	0,188	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1968	0,283	0,000	0,151	0,300	0,378	0,280	0,189	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1967	0,281	0,000	0,149	0,300	0,380	0,280	0,190	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1966	0,279	0,000	0,146	0,300	0,383	0,280	0,192	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1965	0,277	0,000	0,144	0,300	0,386	0,280	0,193	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1964	0,276	0,000	0,142	0,300	0,388	0,280	0,194	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1963	0,274	0,000	0,140	0,300	0,391	0,280	0,196	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1962	0,272	0,000	0,138	0,300	0,394	0,280	0,197	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1961	0,270	0,000	0,136	0,300	0,396	0,280	0,198	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1960	0,268	0,000	0,133	0,300	0,399	0,280	0,199	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1959	0,267	0,000	0,131	0,300	0,401	0,280	0,201	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1958	0,265	0,000	0,129	0,300	0,404	0,280	0,202	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1957	0,263	0,000	0,127	0,300	0,407	0,280	0,203	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1956	0,261	0,000	0,125	0,300	0,409	0,280	0,205	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1955	0,259	0,000	0,122	0,300	0,412	0,280	0,206	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1954	0,258	0,000	0,120	0,300	0,415	0,280	0,207	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1953	0,256	0,000	0,118	0,300	0,417	0,280	0,209	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1952	0,254	0,000	0,116	0,300	0,420	0,280	0,210	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1951	0,252	0,000	0,114	0,300	0,423	0,280	0,211	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1950	0,250	0,000	0,112	0,300	0,425	0,280	0,213	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1949	0,249	0,000	0,109	0,300	0,428	0,280	0,214	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1948	0,247	0,000	0,107	0,300	0,431	0,280	0,215	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1947	0,245	0,000	0,105	0,300	0,433	0,280	0,217	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350

<sup>a</sup> R = bois de résineux; F = bois de feuillus.

## PARAMÈTRES DE COUPE HISTORIQUES DU MODÈLE DU BILAN DU CARBONE

### Répartition et volumes historiques : Terre-Neuve

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,098	0,736	0,166
Feuillus	0,042	0,012	0,946

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	67,50	166,50	1732,00	442,00
1985	2	48,77	142,23	1760,00	558,00
1984	3	2,10	184,90	2053,00	649,00
1983	4	6,77	291,23	1697,00	434,00
1982	5	2,23	153,77	1736,00	487,00
1981	6	6,81	262,19	1903,00	396,00
1980	7	6,67	330,33	2189,00	269,00
1979	8	4,85	281,15	1968,00	227,00
1978	9	2,38	266,62	1909,00	110,00
1977	10	4,21	233,79	1875,00	82,00
1976	11	4,45	222,55	2011,00	107,00
1975	12	2,19	151,81	2195,00	104,00
1974	13	4,41	187,59	2874,00	145,00
1973	14	4,17	243,83	2563,00	142,00
1972	15	2,05	151,95	2071,00	130,00
1971	16	2,07	152,93	2013,00	156,00
1970	17	0,00	174,00	2527,00	147,00
1969	18	2,19	156,65	2073,27	123,90
1968	19	2,19	156,98	2077,67	124,16
1967	20	2,27	162,63	2152,47	128,63
1966	21	3,56	255,52	3381,82	202,10
1965	22	2,60	186,04	2462,22	147,14
1964	23	2,54	182,25	2412,06	144,15
1963	24	2,34	167,55	2217,59	132,53
1962	25	1,96	140,42	1858,55	111,07
1961	26	2,57	184,51	2441,98	145,94
1960	27	3,33	238,56	2157,42	188,69
1959	28	2,54	182,05	2409,42	143,99
1958	29	2,21	158,11	2092,63	125,06
1957	30	2,57	183,91	2434,06	145,46
1956	31	2,76	197,67	2616,22	156,35
1955	32	2,95	211,63	2801,02	167,39
1954	33	2,62	188,10	2489,50	148,78
1953	34	2,99	214,43	2837,98	169,60
1952	35	2,69	192,62	2549,34	152,35
1951	36	3,18	227,79	3014,86	180,17
1950	37	2,96	211,97	2805,42	167,65
1949	38	2,55	182,98	2421,74	144,73
1948	39	0,00	0,00	0,00	0,00
1947	40	0,00	0,00	0,00	0,00

## Répartition et volumes historiques : Nouvelle-Écosse

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,312	0,672	0,016
Feuillus	0,078	0,470	0,452

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	68,37	993,63	2471,00	326,00
1985	2	109,73	844,27	2190,00	296,00
1984	3	32,38	960,62	2270,00	296,00
1983	4	39,49	888,51	2397,00	296,00
1982	5	48,45	746,55	1943,00	263,00
1981	6	55,43	859,57	2795,00	277,00
1980	7	39,36	931,64	3310,00	263,00
1979	8	47,98	1025,02	3098,00	218,00
1978	9	24,19	960,81	2968,00	204,00
1977	10	26,15	921,85	2540,00	187,00
1976	11	130,88	946,12	2265,00	212,00
1975	12	228,55	821,45	2508,00	181,00
1974	13	333,17	1001,83	2792,00	169,00
1973	14	26,52	1014,48	2394,00	159,00
1972	15	26,31	942,69	2144,00	145,00
1971	16	26,45	793,55	2263,00	153,00
1970	17	26,85	1038,15	2022,00	157,00
1969	18	27,59	948,85	2300,48	155,08
1968	19	29,18	1003,59	2433,20	164,03
1967	20	24,33	836,88	2029,01	136,78
1966	21	24,63	847,11	2053,81	138,45
1965	22	24,31	836,05	2026,99	136,65
1964	23	23,81	818,91	1985,44	133,84
1963	24	19,71	677,91	1643,58	110,80
1962	25	18,64	641,14	1554,43	104,79
1961	26	22,01	756,98	1835,29	123,72
1960	27	22,33	768,04	1862,10	125,53
1959	28	20,39	701,41	1700,56	114,64
1958	29	19,12	657,73	1594,65	107,50
1957	30	23,88	821,12	1990,80	134,21
1956	31	25,31	870,61	2110,78	142,29
1955	32	27,00	928,39	2250,88	151,74
1954	33	23,08	793,75	1924,44	129,73
1953	34	24,61	846,28	2051,80	138,32
1952	35	26,83	922,86	2237,47	150,83
1951	36	29,45	1012,99	2455,99	165,57
1950	37	26,57	913,74	2215,35	149,34
1949	38	23,74	816,42	1979,40	133,44
1948	39	28,66	985,62	2389,63	161,09
1947	40	31,80	1093,72	2651,72	178,76

## Répartition et volumes historiques : Île-du-Prince-Édouard

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,467	0,193	0,340
Feuillus	0,023	0,005	0,972

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	114,00	46,00	316,00
1985	2	0,00	85,00	43,00	287,00
1984	3	0,00	84,00	42,00	287,00
1983	4	0,00	107,00	31,00	156,00
1982	5	13,75	63,25	48,00	150,00
1981	6	21,67	108,33	59,00	144,00
1980	7	5,37	96,63	91,00	85,00
1979	8	16,80	79,20	48,00	79,00
1978	9	16,21	60,79	45,00	37,00
1977	10	0,00	68,00	37,00	34,00
1976	11	0,00	74,00	48,00	42,00
1975	12	0,00	77,00	45,00	45,00
1974	13	22,75	68,25	62,00	37,00
1973	14	0,00	79,00	62,00	31,00
1972	15	0,00	72,00	66,00	51,00
1971	16	8,06	77,94	66,00	60,00
1970	17	0,00	78,00	109,00	57,00
1969	18	5,78	70,42	68,51	44,29
1968	19	4,93	59,99	58,36	37,73
1967	20	5,11	62,22	60,53	39,14
1966	21	5,78	70,42	68,51	44,29
1965	22	5,78	70,42	68,51	44,29
1964	23	5,26	64,08	62,34	40,31
1963	24	5,17	62,97	61,26	39,61
1962	25	4,74	57,75	56,18	36,33
1961	26	8,81	107,30	104,39	67,50
1960	27	9,33	113,64	110,55	71,48
1959	28	9,18	111,77	108,74	70,31
1958	29	9,18	111,77	108,74	70,31
1957	30	7,86	95,75	93,15	60,23
1956	31	8,90	108,42	105,48	68,20
1955	32	9,79	119,23	115,99	75,00
1954	33	7,86	95,75	93,15	60,23
1953	34	8,66	105,44	102,58	66,32
1952	35	10,56	128,54	125,05	80,85
1951	36	9,52	115,87	112,73	72,89
1950	37	8,57	104,32	101,49	65,62
1949	38	8,38	102,09	99,31	64,21
1948	39	8,75	106,56	103,66	67,03
1947	40	9,42	114,76	111,64	72,18

## Répartition et volumes historiques : Nouveau-Brunswick

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,324	0,669	0,007
Feuillus	0,151	0,590	0,259

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	87,42	2547,58	5745,00	340,00
1985	2	141,18	2291,82	5126,00	337,00
1984	3	135,33	2487,67	4586,00	269,00
1983	4	134,50	2290,50	4752,00	265,00
1982	5	146,93	1976,07	3956,00	241,00
1981	6	150,95	2213,05	5165,00	266,00
1980	7	154,28	2266,72	5714,00	252,00
1979	8	154,56	2252,44	6088,00	255,00
1978	9	141,23	2216,77	5947,00	204,00
1977	10	159,92	1822,08	5550,00	170,00
1976	11	203,56	1682,44	5395,00	198,00
1975	12	187,94	1612,06	4913,00	193,00
1974	13	213,47	1771,53	6626,00	170,00
1973	14	342,72	2112,28	6258,00	156,00
1972	15	194,13	1685,87	5167,00	179,00
1971	16	199,63	1602,37	4913,00	190,00
1970	17	276,95	1627,05	4712,00	199,00
1969	18	212,79	1526,10	4800,06	155,05
1968	19	214,35	1537,27	4835,20	156,19
1967	20	183,45	1315,67	4138,21	133,67
1966	21	191,37	1372,44	4316,76	139,44
1965	22	175,82	1260,96	3966,11	128,11
1964	23	175,98	1262,09	3969,69	128,23
1963	24	178,49	1280,11	4026,34	130,06
1962	25	126,55	907,59	2854,65	92,21
1961	26	174,01	1247,96	3925,24	126,79
1960	27	168,61	209,20	3803,33	122,86
1959	28	155,38	1114,36	3505,03	113,22
1958	29	155,00	1111,63	3496,43	112,94
1957	30	181,67	1302,90	4098,05	132,38
1956	31	232,79	1669,49	5251,10	169,62
1955	32	182,37	1307,92	4113,83	132,89
1954	33	158,34	1135,57	3571,72	115,38
1953	34	171,94	1233,14	3878,63	125,29
1952	35	201,38	1444,25	4542,63	146,74
1951	36	253,96	1821,33	5728,67	185,05
1950	37	179,22	1285,35	4042,84	130,59
1949	38	170,04	1219,46	3835,60	123,90
1948	39	218,74	1568,73	4934,15	159,38
1947	40	221,91	1591,53	5005,86	161,70

## Répartition et volumes historiques : Québec

Répartition-proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,612	0,374	0,014
Feuillus	0,247	0,325	0,428

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	1 048,70	20 475,30	14 002,00	2 601,00
1985	2	853,39	18 474,61	13 514,00	2 558,00
1984	3	1 041,42	18 614,58	14 329,00	2 534,00
1983	4	770,29	20 119,71	12 998,00	2 400,00
1982	5	1 060,90	15 519,10	10 316,00	2 237,00
1981	6	817,26	16 229,74	14 979,00	2 208,00
1980	7	1 498,46	15 802,54	12 318,00	2 667,00
1979	8	1 118,25	18 448,75	14 045,00	2 124,00
1978	9	1 563,46	17 408,54	13 096,00	2 011,00
1977	10	1 133,42	15 516,58	12 601,00	1 812,00
1976	11	1 335,62	12 284,38	13 598,00	1 840,00
1975	12	1 145,32	10 300,68	15 149,00	1 812,00
1974	13	1 658,03	10 820,96	18 548,00	1 685,00
1973	14	1 433,04	9 906,96	16 310,00	1 699,00
1972	15	1 318,32	9 486,68	15 350,00	1 690,00
1971	16	1 153,87	8 366,13	15 291,00	1 770,00
1970	17	1 106,86	7 922,14	17 740,00	2 129,00
1969	18	1 377,38	9 602,84	17 188,85	1 852,92
1968	19	1 280,35	8 926,34	15 977,93	1 722,39
1967	20	1 298,93	9 055,88	16 209,81	1 747,39
1966	21	1 291,49	9 004,07	16 117,05	1 737,39
1965	22	1 215,75	8 475,98	15 171,79	1 635,49
1964	23	1 212,35	8 452,31	15 129,42	1 630,92
1963	24	1 186,89	8 274,78	14 811,66	1 596,67
1962	25	1 138,17	7 935,09	14 203,62	1 531,12
1961	26	1 187,67	8 280,22	14 821,39	1 597,72
1960	27	1 143,26	7 970,60	14 267,17	1 537,97
1959	28	1 139,73	7 945,97	14 223,09	1 533,22
1958	29	1 061,27	7 399,01	13 244,04	1 427,68
1957	30	1 176,38	8 201,54	14 680,55	1 582,53
1956	31	1 395,46	9 728,87	17 414,43	1 877,24
1955	32	1 320,40	9 205,58	16 477,76	1 776,27
1954	33	1 304,75	9 096,51	16 282,52	1 755,22
1953	34	1 223,27	8 528,43	15 265,68	1 645,61
1952	35	1 292,69	9 012,38	16 131,94	1 738,99
1951	36	1 483,27	10 341,08	18 510,28	1 995,37
1950	37	1 271,22	8 862,69	15 863,99	1 710,11
1949	38	1 114,13	7 767,49	13 903,61	1 498,78
1948	39	1 369,86	9 550,39	17 094,96	1 842,80
1947	40	1 369,86	9 550,39	17 094,96	1 842,80

## Répartition et volumes historiques : Ontario

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,486	0,499	0,015
Feuillus	0,238	0,464	0,298

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	1 370,18	11 647,82	14 841,00	2 327,00
1985	2	1 101,70	11 143,30	13 805,00	2 175,00
1984	3	1 584,60	10 743,40	13 631,00	2 171,00
1983	4	1 131,35	7 983,65	12 450,00	2 171,00
1982	5	1 074,64	6 672,36	10 222,00	1 809,00
1981	6	995,17	7 838,83	12 105,00	1 869,00
1980	7	1 229,91	7 944,09	10 803,00	1 345,00
1979	8	1 127,43	8 137,57	10 769,00	1 260,00
1978	9	1 230,16	7 163,84	10 604,00	1 189,00
1977	10	1 160,95	6 910,05	10 306,00	892,00
1976	11	1 354,08	6 200,93	9 401,00	920,00
1975	12	926,05	4 482,95	7 929,00	878,00
1974	13	1 285,25	4 881,75	11 893,00	807,00
1973	14	1 363,08	5 196,92	11 142,00	742,00
1972	15	1 377,01	4 911,99	10 349,00	732,00
1971	16	1 148,66	4 439,34	9 472,00	778,00
1970	17	1 362,62	4 007,38	10 638,00	793,00
1969	18	1 317,80	4 725,05	10 784,57	776,58
1968	19	1 252,90	4 492,34	10 253,43	738,33
1967	20	1 287,04	4 614,74	10 532,78	758,45
1966	21	1 273,86	4 567,50	10 424,96	750,68
1965	22	1 202,22	4 310,63	9 838,68	708,46
1964	23	1 207,99	4 331,30	9 885,85	711,86
1963	24	1 134,40	4 067,45	9 283,65	668,50
1962	25	1 101,09	3 948,01	9 011,03	648,87
1961	26	1 047,27	3 755,03	8 570,56	617,15
1960	27	1 147,50	4 114,43	9 390,86	676,22
1959	28	1 126,77	4 040,08	9 221,16	664,00
1958	29	1 025,03	3 675,31	8 388,61	604,05
1957	30	1 197,81	4 294,80	9 802,54	705,86
1956	31	1 160,45	4 160,86	9 496,84	683,85
1955	32	1 149,00	4 119,79	9 403,11	677,10
1954	33	1 054,23	3 779,99	8 627,53	621,25
1953	34	1 068,90	3 832,60	8 747,60	629,90
1952	35	1 196,31	4 289,43	9 790,28	704,98
1951	36	1 272,81	4 563,74	10 416,38	750,06
1950	37	1 094,50	3 924,39	8 957,12	644,99
1949	38	965,67	3 462,46	7 902,80	569,07
1948	39	1 198,18	4 296,14	9 805,60	706,08
1947	40	1 258,22	4 511,40	10 296,92	741,46

## Répartition et volumes historiques : Manitoba

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,405	0,581	0,014
Feuillus	0,175	0,036	0,789

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	23,78	639,22	927,00	113,00
1985	2	12,65	515,35	1065,00	124,00
1984	3	90,87	289,13	1202,00	116,00
1983	4	106,60	458,40	840,00	115,00
1982	5	71,84	512,16	790,00	124,00
1981	6	83,36	513,64	1104,00	102,00
1980	7	100,32	669,68	1458,00	107,00
1979	8	113,55	599,45	1085,00	105,00
1978	9	87,96	645,04	937,00	133,00
1977	10	65,53	628,47	948,00	142,00
1976	11	60,88	633,12	878,00	170,00
1975	12	88,95	503,05	1274,00	156,00
1974	13	65,09	549,91	1321,00	165,00
1973	14	127,14	656,86	886,00	152,00
1972	15	146,84	549,16	954,00	182,00
1971	16	100,01	396,99	873,00	185,00
1970	17	132,79	272,21	664,00	184,00
1969	18	100,04	424,25	821,86	151,85
1968	19	72,19	306,15	593,08	109,58
1967	20	67,85	287,74	557,42	102,99
1966	21	82,08	348,07	674,28	124,58
1965	22	80,34	340,70	660,01	121,94
1964	23	74,46	315,78	611,73	113,02
1963	24	478,67	333,62	646,30	119,41
1962	25	100,58	426,51	826,25	152,66
1961	26	71,06	301,34	583,75	107,85
1960	27	85,62	363,08	703,36	129,95
1959	28	97,97	415,47	804,85	148,70
1958	29	95,30	404,14	782,91	144,65
1957	30	114,00	483,44	936,53	173,03
1956	31	127,09	538,95	1044,06	192,90
1955	32	106,99	453,70	878,92	162,39
1954	33	117,21	497,03	962,86	177,90
1953	34	114,20	484,29	938,17	173,34
1952	35	143,72	609,47	1180,67	218,14
1951	36	164,15	696,13	1348,56	249,16
1950	37	107,59	456,25	883,86	163,30
1949	38	108,72	461,07	893,19	165,02
1948	39	128,96	546,88	1059,42	195,74
1947	40	126,69	537,25	1040,77	192,29

## Répartition et volumes historiques : Saskatchewan

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,688	0,276	0,036
Feuillus	0,064	0,764	0,172

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	2146,00	1193,00	190,00
1985	2	0,00	1811,00	1056,00	150,00
1984	3	0,00	1270,00	1323,00	133,00
1983	4	0,00	1087,00	1396,00	129,00
1982	5	26,27	1477,73	898,00	124,00
1981	6	44,37	1778,63	1605,00	127,00
1980	7	83,09	1558,91	1569,00	119,00
1979	8	25,74	1879,26	1549,00	125,00
1978	9	31,96	1701,04	974,00	156,00
1977	10	59,91	1993,09	722,00	184,00
1976	11	19,69	1274,31	1345,00	227,00
1975	12	0,00	787,00	1305,00	221,00
1974	13	12,18	867,82	1687,00	210,00
1973	14	31,21	1086,79	1356,00	244,00
1972	15	0,00	1147,00	1308,00	184,00
1971	16	0,00	809,00	1231,00	252,00
1970	17	0,00	867,00	1253,00	256,00
1969	18	7,88	867,67	1241,32	208,13
1968	19	6,20	682,57	976,50	163,73
1967	20	6,19	681,45	974,90	163,46
1966	21	4,45	490,37	701,55	117,63
1965	22	4,36	479,55	686,06	115,03
1964	23	3,78	416,11	595,30	99,81
1963	24	4,04	444,85	636,41	106,70
1962	25	4,59	504,93	722,37	121,12
1961	26	4,22	465,00	665,24	111,54
1960	27	4,79	527,32	754,40	126,49
1959	28	4,28	471,34	674,32	113,06
1958	29	3,99	439,62	628,94	105,45
1957	30	5,29	582,18	832,89	139,65
1956	31	5,59	615,02	879,87	147,52
1955	32	5,30	583,30	834,49	139,92
1954	33	6,27	690,03	987,18	165,52
1953	34	6,88	757,58	1083,82	181,72
1952	35	6,88	757,58	1083,82	181,72
1951	36	7,03	773,63	1106,78	185,57
1950	37	6,77	744,89	1065,67	178,68
1949	38	6,36	700,48	1002,13	168,02
1948	39	7,89	868,42	1242,39	208,31
1947	40	8,61	947,91	1356,11	227,37

## Répartition et volumes historiques : Alberta

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,908	0,086	0,006
Feuillus	0,084	0,882	0,034

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	8600,00	1698,00	89,00
1985	2	0,00	6839,00	2041,00	99,00
1984	3	328,70	6314,00	1715,00	99,00
1983	4	173,56	5544,00	1529,00	126,00
1982	5	49,85	4354,15	1175,00	133,00
1981	6	49,29	4996,71	1489,00	51,00
1980	7	31,71	4502,29	1331,00	68,00
1979	8	44,89	4506,11	1592,00	65,00
1978	9	22,44	4043,56	1558,00	102,00
1977	10	61,14	4043,86	2152,00	113,00
1976	11	0,00	3613,00	1892,00	122,00
1975	12	0,00	3088,00	1745,00	130,00
1974	13	7,20	2728,80	2229,00	93,00
1973	14	81,76	4008,24	1402,00	107,00
1972	15	59,71	3726,29	1017,00	90,00
1971	16	24,41	3179,59	779,00	159,00
1970	17	24,01	3276,99	690,00	152,00
1969	18	34,15	2930,88	1059,84	104,13
1968	19	30,63	2629,20	950,75	93,41
1967	20	26,07	2237,38	809,06	79,49
1966	21	30,52	2619,27	947,16	93,06
1965	22	29,65	2544,73	920,21	90,41
1964	23	29,15	2502,14	904,81	88,90
1963	24	31,26	2683,15	970,26	95,33
1962	25	30,84	2646,95	957,17	94,04
1961	26	27,73	2380,05	860,66	84,56
1960	27	34,78	2984,83	1079,35	106,05
1959	28	31,62	2713,67	981,30	96,41
1958	29	25,20	2162,85	782,11	76,84
1957	30	29,48	2530,54	915,07	89,91
1956	31	26,86	2305,52	833,70	81,91
1955	32	26,58	2281,39	824,98	81,05
1954	33	25,10	2154,33	779,03	76,54
1953	34	25,20	2162,85	782,11	76,84
1952	35	29,98	2573,13	930,47	91,42
1951	36	29,20	2506,40	906,35	89,05
1950	37	29,81	2558,93	925,34	90,92
1949	38	25,55	2192,66	792,89	77,90
1948	39	31,38	2693,09	973,85	95,68
1947	40	31,80	2729,29	986,94	96,97

## Répartition et volumes historiques : Colombie-Britannique

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,822	0,178	0,000
Feuillus	0,017	0,983	0,000

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	281,00	58 022,03	19 199,97	0,00
1985	2	281,00	58 358,38	18 228,62	0,00
1984	3	281,00	58 034,46	16 240,54	0,00
1983	4	281,00	53 916,83	17 245,17	0,00
1982	5	221,00	41 442,84	14 567,16	0,00
1981	6	233,00	45 931,42	14 615,58	0,00
1980	7	258,00	57 066,10	17 329,90	0,00
1979	8	227,00	59 255,40	16 712,60	0,00
1978	9	127,00	58 617,92	16 419,08	0,00
1977	10	136,00	55 216,39	14 618,61	0,00
1976	11	207,00	53 215,68	16 098,32	0,00
1975	12	516,00	37 464,05	12 097,95	0,00
1974	13	561,00	43 587,06	15 937,94	0,00
1973	14	577,00	53 410,24	16 149,76	0,00
1972	15	306,00	42 299,02	13 846,98	0,00
1971	16	293,00	42 915,37	13 341,63	0,00
1970	17	327,00	41 993,40	12 406,60	0,00
1969	18	370,78	40 276,88	12 877,34	0,00
1968	19	333,98	36 278,92	11 599,11	0,00
1967	20	308,51	33 512,77	10 714,71	0,00
1966	21	314,36	34 147,87	10 917,70	0,00
1965	22	300,76	32 670,74	10 445,50	0,00
1964	23	297,13	32 276,44	10 319,43	0,00
1963	24	289,05	31 398,28	10 038,67	0,00
1962	25	263,45	28 617,84	9 149,70	0,00
1961	26	228,96	24 871,21	7 951,83	0,00
1960	27	235,38	25 568,76	8 174,85	0,00
1959	28	230,32	25 018,70	7 998,98	0,00
1958	29	195,95	21 284,85	6 805,20	0,00
1957	30	204,54	22 218,69	7 103,77	0,00
1956	31	217,75	23 652,93	7 562,32	0,00
1955	32	212,03	23 032,13	7 363,84	0,00
1954	33	195,42	21 227,67	6 786,92	0,00
1953	34	189,39	20 573,00	6 577,61	0,00
1952	35	178,54	19 394,61	6 200,85	0,00
1951	36	169,15	18 374,23	5 874,62	0,00
1950	37	163,32	17 740,64	5 672,04	0,00
1949	38	144,41	15 687,10	5 015,48	0,00
1948	39	153,59	16 684,15	5 334,26	0,00
1947	40	149,71	16 262,00	5 199,29	0,00

### Répartition et volumes historiques : Yukon

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,80	0,20	0,00
Feuillus	0,00	1,00	0,00

Les volumes historiques (1947 à 1986) de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges, ont une valeur nulle (0) au Yukon.

### Répartition et volumes historiques : Territoires du Nord-Ouest

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,80	0,20	0,00
Feuillus	0,00	1,00	0,00

Les volumes historiques (1947 à 1986) de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges, ont une valeur nulle (0) dans les Territoires du Nord-Ouest.

---

**ANNEXE 7**  
**ESTIMATION DE LA SUPERFICIE TOUCHÉE PAR**  
**LES 5 TYPES DE PERTURBATION**  
**PAR COMPÉTENCE ADMINISTRATIVE ET**  
**PROVINCE ÉCOCLIMATIQUE**

## Superficie estimative : incendies de forêt

Province écoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale			
	Terre- Neuve Écosse	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon	Territoires du Nord-Ouest	
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	17 472	0	0	0	273 578	676	2 456	21 532	0	0	14 782	229 554	560 050	22,4	
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	391 766	668 596	236 536	9 506	1 054	1 622 092	1 469 550	58,9		
Boréale orientale	5 984	0	0	176	97 150	187 091	0	0	0	0	0	290 401	11,6		
Tempérée froide	0	0	0	4 865	74	38	0	0	0	0	0	4 977	0,2		
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
Prairies	0	0	0	0	0	0	8 374	0	632	0	0	9 006	0,4		
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 998	0	2 998	0,1		
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	26 118	42 097	1 494	150 015	6,0		
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	6 996	0	0	6 996	0,3		
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	2 006	0	0	2 006	0,1		
Superficie totale	23 456	0	0	5 041	370 802	187 805	402 596	690 128	263 286	60 931	393 140	2 495 999			
Pourcentage de la superficie totale	0,9	0,0	0,0	0,2	14,9	7,5	16,1	27,6	10,5	2,4	15,8				

## Superficie estimative : insectes

Province écoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale		
	Terre- Neuve Écosse	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale orientale	47 790	46 774	0	7 064	116 451	97 076	0	0	0	0	0	315 155	81,3	
Tempérée froide	0	2 462	0	10 595	29 113	1 578	0	0	0	0	0	43 748	11,3	
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	503	13 887	0	0	14 390	3,7	
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	14 281	0	0	14 281	3,7	
Superficie totale	47 790	49 236	0	17 659	145 564	98 654	0	0	503	28 168	0	387 574		
Pourcentage de la superficie totale	12,3	12,7	0,0	4,6	37,6	25,5	0,0	0,0	0,1	7,3	0,0			

## Superficie estimative : coupes à blanc et brûlages de rémanents

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale	
	Terr- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale orientale	0	0	0	0	4 050	0	0	0	0	0	0	0	6,9
Tempérée froide	0	0	0	0	258	0	0	0	0	0	0	0	0,4
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	26 353	0	0	0	45,2
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	15 884	0	0	0	27,2
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	11 754	0	0	0	20,2
Superficie totale	0	0	0	0	4 308	0	0	0	53 991	0	0	0	58 299
Pourcentage de la superficie totale	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	92,6	0,0	0,0	0,0	

## Superficie estimative : coupes à blanc

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale	
	Terr- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	15 846	19 963	16 913	0	3	960	6,9
Boréale orientale	16 400	13 153	0	16 390	205 828	170 012	0	0	0	0	0	0	54,4
Tempérée froide	0	15 647	3 200	66 330	36 323	10 852	0	0	0	0	0	0	17,1
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	16 913	73 465	124	30	0	11,7
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	44 281	0	0	0	5,7
Superficie totale	16 400	28 800	3 200	82 720	242 151	180 864	15 900	19 963	33 826	150 512	135	990	775 461
Pourcentage de la superficie totale	2,1	3,7	0,4	10,7	31,2	23,3	2,1	2,6	4,4	19,4	0,0	0,1	

## Superficie estimative : coupes partielles

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale		
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Territoires du Nord-Ouest	Yukon
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale orientale	0	447	0	862	9 131	30 843	0	0	0	0	0	0	0	41 283
Tempérée froide	0	531	0	3 488	14 899	1 969	0	0	0	0	0	0	0	20 887
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7 032
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18 225
Superficie totale	0	978	0	4 350	24 030	32 812	0	0	0	0	0	0	0	1 968
Pourcentage de la superficie totale	0,0	1,1	0,0	4,9	26,9	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
														27 225
														30,5
														0,0
														0,0
														7,9
														20,4
														2,2
														89 395

**Proportion historique du devenir des divers types de bois après la coupe, pour chaque année de simulation**

Année de simulation	Bois de construction		Autres types de bois d'œuvre		Incinération de déchets		Incinération énergétique		Décharge		Pâte	
	R	F <sup>a</sup>	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F
1986	0,315	0,000	0,190	0,300	0,165	0,280	0,083	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1985	0,313	0,000	0,188	0,300	0,168	0,280	0,084	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1984	0,311	0,000	0,186	0,300	0,170	0,280	0,085	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1983	0,310	0,000	0,183	0,300	0,173	0,280	0,086	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1982	0,308	0,000	0,181	0,300	0,176	0,280	0,088	0,070	0,000	0,000	0,248	0,350
1981	0,306	0,000	0,179	0,300	0,195	0,280	0,097	0,070	0,000	0,000	0,223	0,350
1980	0,304	0,000	0,177	0,300	0,214	0,280	0,107	0,070	0,000	0,000	0,198	0,350
1979	0,302	0,000	0,175	0,300	0,233	0,280	0,117	0,070	0,000	0,000	0,173	0,350
1978	0,301	0,000	0,173	0,300	0,252	0,280	0,126	0,070	0,000	0,000	0,149	0,350
1977	0,299	0,000	0,170	0,300	0,271	0,280	0,136	0,070	0,000	0,000	0,124	0,350
1976	0,297	0,000	0,168	0,300	0,290	0,280	0,145	0,070	0,000	0,000	0,099	0,350
1975	0,295	0,000	0,166	0,300	0,310	0,280	0,155	0,070	0,000	0,000	0,074	0,350
1974	0,293	0,000	0,164	0,300	0,329	0,280	0,164	0,070	0,000	0,000	0,050	0,350
1973	0,292	0,000	0,162	0,300	0,348	0,280	0,174	0,070	0,000	0,000	0,025	0,350
1972	0,290	0,000	0,159	0,300	0,367	0,280	0,184	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1971	0,288	0,000	0,157	0,300	0,370	0,280	0,185	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1970	0,286	0,000	0,155	0,300	0,372	0,280	0,186	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1969	0,284	0,000	0,153	0,300	0,375	0,280	0,188	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1968	0,283	0,000	0,151	0,300	0,378	0,280	0,189	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1967	0,281	0,000	0,149	0,300	0,380	0,280	0,190	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1966	0,279	0,000	0,146	0,300	0,383	0,280	0,192	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1965	0,277	0,000	0,144	0,300	0,386	0,280	0,193	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1964	0,276	0,000	0,142	0,300	0,388	0,280	0,194	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1963	0,274	0,000	0,140	0,300	0,391	0,280	0,196	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1962	0,272	0,000	0,138	0,300	0,394	0,280	0,197	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1961	0,270	0,000	0,136	0,300	0,396	0,280	0,198	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1960	0,268	0,000	0,133	0,300	0,399	0,280	0,199	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1959	0,267	0,000	0,131	0,300	0,401	0,280	0,201	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1958	0,265	0,000	0,129	0,300	0,404	0,280	0,202	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1957	0,263	0,000	0,127	0,300	0,407	0,280	0,203	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1956	0,261	0,000	0,125	0,300	0,409	0,280	0,205	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1955	0,259	0,000	0,122	0,300	0,412	0,280	0,206	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1954	0,258	0,000	0,120	0,300	0,415	0,280	0,207	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1953	0,256	0,000	0,118	0,300	0,417	0,280	0,209	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1952	0,254	0,000	0,116	0,300	0,420	0,280	0,210	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1951	0,252	0,000	0,114	0,300	0,423	0,280	0,211	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1950	0,250	0,000	0,112	0,300	0,425	0,280	0,213	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1949	0,249	0,000	0,109	0,300	0,428	0,280	0,214	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1948	0,247	0,000	0,107	0,300	0,431	0,280	0,215	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350
1947	0,245	0,000	0,105	0,300	0,433	0,280	0,217	0,070	0,000	0,000	0,000	0,350

<sup>a</sup> R = bois de résineux; F = bois de feuillus.

## PARAMÈTRES DE COUPE HISTORIQUES DU MODÈLE DU BILAN DU CARBONE

### Répartition et volumes historiques : Terre-Neuve

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,098	0,736	0,166
Feuillus	0,042	0,012	0,946

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	67,50	166,50	1732,00	442,00
1985	2	48,77	142,23	1760,00	558,00
1984	3	2,10	184,90	2053,00	649,00
1983	4	6,77	291,23	1697,00	434,00
1982	5	2,23	153,77	1736,00	487,00
1981	6	6,81	262,19	1903,00	396,00
1980	7	6,67	330,33	2189,00	269,00
1979	8	4,85	281,15	1968,00	227,00
1978	9	2,38	266,62	1909,00	110,00
1977	10	4,21	233,79	1875,00	82,00
1976	11	4,45	222,55	2011,00	107,00
1975	12	2,19	151,81	2195,00	104,00
1974	13	4,41	187,59	2874,00	145,00
1973	14	4,17	243,83	2563,00	142,00
1972	15	2,05	151,95	2071,00	130,00
1971	16	2,07	152,93	2013,00	156,00
1970	17	0,00	174,00	2527,00	147,00
1969	18	2,19	156,65	2073,27	123,90
1968	19	2,19	156,98	2077,67	124,16
1967	20	2,27	162,63	2152,47	128,63
1966	21	3,56	255,52	3381,82	202,10
1965	22	2,60	186,04	2462,22	147,14
1964	23	2,54	182,25	2412,06	144,15
1963	24	2,34	167,55	2217,59	132,53
1962	25	1,96	140,42	1858,55	111,07
1961	26	2,57	184,51	2441,98	145,94
1960	27	3,33	238,56	2157,42	188,69
1959	28	2,54	182,05	2409,42	143,99
1958	29	2,21	158,11	2092,63	125,06
1957	30	2,57	183,91	2434,06	145,46
1956	31	2,76	197,67	2616,22	156,35
1955	32	2,95	211,63	2801,02	167,39
1954	33	2,62	188,10	2489,50	148,78
1953	34	2,99	214,43	2837,98	169,60
1952	35	2,69	192,62	2549,34	152,35
1951	36	3,18	227,79	3014,86	180,17
1950	37	2,96	211,97	2805,42	167,65
1949	38	2,55	182,98	2421,74	144,73
1948	39	0,00	0,00	0,00	0,00
1947	40	0,00	0,00	0,00	0,00

## Répartition et volumes historiques : Nouvelle-Écosse

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,312	0,672	0,016
Feuillus	0,078	0,470	0,452

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	68,37	993,63	2471,00	326,00
1985	2	109,73	844,27	2190,00	296,00
1984	3	32,38	960,62	2270,00	296,00
1983	4	39,49	888,51	2397,00	296,00
1982	5	48,45	746,55	1943,00	263,00
1981	6	55,43	859,57	2795,00	277,00
1980	7	39,36	931,64	3310,00	263,00
1979	8	47,98	1025,02	3098,00	218,00
1978	9	24,19	960,81	2968,00	204,00
1977	10	26,15	921,85	2540,00	187,00
1976	11	130,88	946,12	2265,00	212,00
1975	12	228,55	821,45	2508,00	181,00
1974	13	333,17	1001,83	2792,00	169,00
1973	14	26,52	1014,48	2394,00	159,00
1972	15	26,31	942,69	2144,00	145,00
1971	16	26,45	793,55	2263,00	153,00
1970	17	26,85	1038,15	2022,00	157,00
1969	18	27,59	948,85	2300,48	155,08
1968	19	29,18	1003,59	2433,20	164,03
1967	20	24,33	836,88	2029,01	136,78
1966	21	24,63	847,11	2053,81	138,45
1965	22	24,31	836,05	2026,99	136,65
1964	23	23,81	818,91	1985,44	133,84
1963	24	19,71	677,91	1643,58	110,80
1962	25	18,64	641,14	1554,43	104,79
1961	26	22,01	756,98	1835,29	123,72
1960	27	22,33	768,04	1862,10	125,53
1959	28	20,39	701,41	1700,56	114,64
1958	29	19,12	657,73	1594,65	107,50
1957	30	23,88	821,12	1990,80	134,21
1956	31	25,31	870,61	2110,78	142,29
1955	32	27,00	928,39	2250,88	151,74
1954	33	23,08	793,75	1924,44	129,73
1953	34	24,61	846,28	2051,80	138,32
1952	35	26,83	922,86	2237,47	150,83
1951	36	29,45	1012,99	2455,99	165,57
1950	37	26,57	913,74	2215,35	149,34
1949	38	23,74	816,42	1979,40	133,44
1948	39	28,66	985,62	2389,63	161,09
1947	40	31,80	1093,72	2651,72	178,76

## Répartition et volumes historiques : Île-du-Prince-Édouard

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,467	0,193	0,340
Feuillus	0,023	0,005	0,972

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	114,00	46,00	316,00
1985	2	0,00	85,00	43,00	287,00
1984	3	0,00	84,00	42,00	287,00
1983	4	0,00	107,00	31,00	156,00
1982	5	13,75	63,25	48,00	150,00
1981	6	21,67	108,33	59,00	144,00
1980	7	5,37	96,63	91,00	85,00
1979	8	16,80	79,20	48,00	79,00
1978	9	16,21	60,79	45,00	37,00
1977	10	0,00	68,00	37,00	34,00
1976	11	0,00	74,00	48,00	42,00
1975	12	0,00	77,00	45,00	45,00
1974	13	22,75	68,25	62,00	37,00
1973	14	0,00	79,00	62,00	31,00
1972	15	0,00	72,00	66,00	51,00
1971	16	8,06	77,94	66,00	60,00
1970	17	0,00	78,00	109,00	57,00
1969	18	5,78	70,42	68,51	44,29
1968	19	4,93	59,99	58,36	37,73
1967	20	5,11	62,22	60,53	39,14
1966	21	5,78	70,42	68,51	44,29
1965	22	5,78	70,42	68,51	44,29
1964	23	5,26	64,08	62,34	40,31
1963	24	5,17	62,97	61,26	39,61
1962	25	4,74	57,75	56,18	36,33
1961	26	8,81	107,30	104,39	67,50
1960	27	9,33	113,64	110,55	71,48
1959	28	9,18	111,77	108,74	70,31
1958	29	9,18	111,77	108,74	70,31
1957	30	7,86	95,75	93,15	60,23
1956	31	8,90	108,42	105,48	68,20
1955	32	9,79	119,23	115,99	75,00
1954	33	7,86	95,75	93,15	60,23
1953	34	8,66	105,44	102,58	66,32
1952	35	10,56	128,54	125,05	80,85
1951	36	9,52	115,87	112,73	72,89
1950	37	8,57	104,32	101,49	65,62
1949	38	8,38	102,09	99,31	64,21
1948	39	8,75	106,56	103,66	67,03
1947	40	9,42	114,76	111,64	72,18

## Répartition et volumes historiques : Nouveau-Brunswick

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,324	0,669	0,007
Feuillus	0,151	0,590	0,259

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	87,42	2547,58	5745,00	340,00
1985	2	141,18	2291,82	5126,00	337,00
1984	3	135,33	2487,67	4586,00	269,00
1983	4	134,50	2290,50	4752,00	265,00
1982	5	146,93	1976,07	3956,00	241,00
1981	6	150,95	2213,05	5165,00	266,00
1980	7	154,28	2266,72	5714,00	252,00
1979	8	154,56	2252,44	6088,00	255,00
1978	9	141,23	2216,77	5947,00	204,00
1977	10	159,92	1822,08	5550,00	170,00
1976	11	203,56	1682,44	5395,00	198,00
1975	12	187,94	1612,06	4913,00	193,00
1974	13	213,47	1771,53	6626,00	170,00
1973	14	342,72	2112,28	6258,00	156,00
1972	15	194,13	1685,87	5167,00	179,00
1971	16	199,63	1602,37	4913,00	190,00
1970	17	276,95	1627,05	4712,00	199,00
1969	18	212,79	1526,10	4800,06	155,05
1968	19	214,35	1537,27	4835,20	156,19
1967	20	183,45	1315,67	4138,21	133,67
1966	21	191,37	1372,44	4316,76	139,44
1965	22	175,82	1260,96	3966,11	128,11
1964	23	175,98	1262,09	3969,69	128,23
1963	24	178,49	1280,11	4026,34	130,06
1962	25	126,55	907,59	2854,65	92,21
1961	26	174,01	1247,96	3925,24	126,79
1960	27	168,61	209,20	3803,33	122,86
1959	28	155,38	1114,36	3505,03	113,22
1958	29	155,00	1111,63	3496,43	112,94
1957	30	181,67	1302,90	4098,05	132,38
1956	31	232,79	1669,49	5251,10	169,62
1955	32	182,37	1307,92	4113,83	132,89
1954	33	158,34	1135,57	3571,72	115,38
1953	34	171,94	1233,14	3878,63	125,29
1952	35	201,38	1444,25	4542,63	146,74
1951	36	253,96	1821,33	5728,67	185,05
1950	37	179,22	1285,35	4042,84	130,59
1949	38	170,04	1219,46	3835,60	123,90
1948	39	218,74	1568,73	4934,15	159,38
1947	40	221,91	1591,53	5005,86	161,70

## Répartition et volumes historiques : Québec

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,612	0,374	0,014
Feuillus	0,247	0,325	0,428

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	1 048,70	20 475,30	14 002,00	2 601,00
1985	2	853,39	18 474,61	13 514,00	2 558,00
1984	3	1 041,42	18 614,58	14 329,00	2 534,00
1983	4	770,29	20 119,71	12 998,00	2 400,00
1982	5	1 060,90	15 519,10	10 316,00	2 237,00
1981	6	817,26	16 229,74	14 979,00	2 208,00
1980	7	1 498,46	15 802,54	12 318,00	2 667,00
1979	8	1 118,25	18 448,75	14 045,00	2 124,00
1978	9	1 563,46	17 408,54	13 096,00	2 011,00
1977	10	1 133,42	15 516,58	12 601,00	1 812,00
1976	11	1 335,62	12 284,38	13 598,00	1 840,00
1975	12	1 145,32	10 300,68	15 149,00	1 812,00
1974	13	1 658,03	10 820,96	18 548,00	1 685,00
1973	14	1 433,04	9 906,96	16 310,00	1 699,00
1972	15	1 318,32	9 486,68	15 350,00	1 690,00
1971	16	1 153,87	8 366,13	15 291,00	1 770,00
1970	17	1 106,86	7 922,14	17 740,00	2 129,00
1969	18	1 377,38	9 602,84	17 188,85	1 852,92
1968	19	1 280,35	8 926,34	15 977,93	1 722,39
1967	20	1 298,93	9 055,88	16 209,81	1 747,39
1966	21	1 291,49	9 004,07	16 117,05	1 737,39
1965	22	1 215,75	8 475,98	15 171,79	1 635,49
1964	23	1 212,35	8 452,31	15 129,42	1 630,92
1963	24	1 186,89	8 274,78	14 811,66	1 596,67
1962	25	1 138,17	7 935,09	14 203,62	1 531,12
1961	26	1 187,67	8 280,22	14 821,39	1 597,72
1960	27	1 143,26	7 970,60	14 267,17	1 537,97
1959	28	1 139,73	7 945,97	14 223,09	1 533,22
1958	29	1 061,27	7 399,01	13 244,04	1 427,68
1957	30	1 176,38	8 201,54	14 680,55	1 582,53
1956	31	1 395,46	9 728,87	17 414,43	1 877,24
1955	32	1 320,40	9 205,58	16 477,76	1 776,27
1954	33	1 304,75	9 096,51	16 282,52	1 755,22
1953	34	1 223,27	8 528,43	15 265,68	1 645,61
1952	35	1 292,69	9 012,38	16 131,94	1 738,99
1951	36	1 483,27	10 341,08	18 510,28	1 995,37
1950	37	1 271,22	8 862,69	15 863,99	1 710,11
1949	38	1 114,13	7 767,49	13 903,61	1 498,78
1948	39	1 369,86	9 550,39	17 094,96	1 842,80
1947	40	1 369,86	9 550,39	17 094,96	1 842,80

## Répartition et volumes historiques : Ontario

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,486	0,499	0,015
Feuillus	0,238	0,464	0,298

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	1 370,18	11 647,82	14 841,00	2 327,00
1985	2	1 101,70	11 143,30	13 805,00	2 175,00
1984	3	1 584,60	10 743,40	13 631,00	2 171,00
1983	4	1 131,35	7 983,65	12 450,00	2 171,00
1982	5	1 074,64	6 672,36	10 222,00	1 809,00
1981	6	995,17	7 838,83	12 105,00	1 869,00
1980	7	1 229,91	7 944,09	10 803,00	1 345,00
1979	8	1 127,43	8 137,57	10 769,00	1 260,00
1978	9	1 230,16	7 163,84	10 604,00	1 189,00
1977	10	1 160,95	6 910,05	10 306,00	892,00
1976	11	1 354,08	6 200,93	9 401,00	920,00
1975	12	926,05	4 482,95	7 929,00	878,00
1974	13	1 285,25	4 881,75	11 893,00	807,00
1973	14	1 363,08	5 196,92	11 142,00	742,00
1972	15	1 377,01	4 911,99	10 349,00	732,00
1971	16	1 148,66	4 439,34	9 472,00	778,00
1970	17	1 362,62	4 007,38	10 638,00	793,00
1969	18	1 317,80	4 725,05	10 784,57	776,58
1968	19	1 252,90	4 492,34	10 253,43	738,33
1967	20	1 287,04	4 614,74	10 532,78	758,45
1966	21	1 273,86	4 567,50	10 424,96	750,68
1965	22	1 202,22	4 310,63	9 838,68	708,46
1964	23	1 207,99	4 331,30	9 885,85	711,86
1963	24	1 134,40	4 067,45	9 283,65	668,50
1962	25	1 101,09	3 948,01	9 011,03	648,87
1961	26	1 047,27	3 755,03	8 570,56	617,15
1960	27	1 147,50	4 114,43	9 390,86	676,22
1959	28	1 126,77	4 040,08	9 221,16	664,00
1958	29	1 025,03	3 675,31	8 388,61	604,05
1957	30	1 197,81	4 294,80	9 802,54	705,86
1956	31	1 160,45	4 160,86	9 496,84	683,85
1955	32	1 149,00	4 119,79	9 403,11	677,10
1954	33	1 054,23	3 779,99	8 627,53	621,25
1953	34	1 068,90	3 832,60	8 747,60	629,90
1952	35	1 196,31	4 289,43	9 790,28	704,98
1951	36	1 272,81	4 563,74	10 416,38	750,06
1950	37	1 094,50	3 924,39	8 957,12	644,99
1949	38	965,67	3 462,46	7 902,80	569,07
1948	39	1 198,18	4 296,14	9 805,60	706,08
1947	40	1 258,22	4 511,40	10 296,92	741,46

## Répartition et volumes historiques : Manitoba

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,405	0,581	0,014
Feuillus	0,175	0,036	0,789

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	23,78	639,22	927,00	113,00
1985	2	12,65	515,35	1065,00	124,00
1984	3	90,87	289,13	1202,00	116,00
1983	4	106,60	458,40	840,00	115,00
1982	5	71,84	512,16	790,00	124,00
1981	6	83,36	513,64	1104,00	102,00
1980	7	100,32	669,68	1458,00	107,00
1979	8	113,55	599,45	1085,00	105,00
1978	9	87,96	645,04	937,00	133,00
1977	10	65,53	628,47	948,00	142,00
1976	11	60,88	633,12	878,00	170,00
1975	12	88,95	503,05	1274,00	156,00
1974	13	65,09	549,91	1321,00	165,00
1973	14	127,14	656,86	886,00	152,00
1972	15	146,84	549,16	954,00	182,00
1971	16	100,01	396,99	873,00	185,00
1970	17	132,79	272,21	664,00	184,00
1969	18	100,04	424,25	821,86	151,85
1968	19	72,19	306,15	593,08	109,58
1967	20	67,85	287,74	557,42	102,99
1966	21	82,08	348,07	674,28	124,58
1965	22	80,34	340,70	660,01	121,94
1964	23	74,46	315,78	611,73	113,02
1963	24	478,67	333,62	646,30	119,41
1962	25	100,58	426,51	826,25	152,66
1961	26	71,06	301,34	583,75	107,85
1960	27	85,62	363,08	703,36	129,95
1959	28	97,97	415,47	804,85	148,70
1958	29	95,30	404,14	782,91	144,65
1957	30	114,00	483,44	936,53	173,03
1956	31	127,09	538,95	1044,06	192,90
1955	32	106,99	453,70	878,92	162,39
1954	33	117,21	497,03	962,86	177,90
1953	34	114,20	484,29	938,17	173,34
1952	35	143,72	609,47	1180,67	218,14
1951	36	164,15	696,13	1348,56	249,16
1950	37	107,59	456,25	883,86	163,30
1949	38	108,72	461,07	893,19	165,02
1948	39	128,96	546,88	1059,42	195,74
1947	40	126,69	537,25	1040,77	192,29

## Répartition et volumes historiques : Saskatchewan

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,688	0,276	0,036
Feuillus	0,064	0,764	0,172

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	2146,00	1193,00	190,00
1985	2	0,00	1811,00	1056,00	150,00
1984	3	0,00	1270,00	1323,00	133,00
1983	4	0,00	1087,00	1396,00	129,00
1982	5	26,27	1477,73	898,00	124,00
1981	6	44,37	1778,63	1605,00	127,00
1980	7	83,09	1558,91	1569,00	119,00
1979	8	25,74	1879,26	1549,00	125,00
1978	9	31,96	1701,04	974,00	156,00
1977	10	59,91	1993,09	722,00	184,00
1976	11	19,69	1274,31	1345,00	227,00
1975	12	0,00	787,00	1305,00	221,00
1974	13	12,18	867,82	1687,00	210,00
1973	14	31,21	1086,79	1356,00	244,00
1972	15	0,00	1147,00	1308,00	184,00
1971	16	0,00	809,00	1231,00	252,00
1970	17	0,00	867,00	1253,00	256,00
1969	18	7,88	867,67	1241,32	208,13
1968	19	6,20	682,57	976,50	163,73
1967	20	6,19	681,45	974,90	163,46
1966	21	4,45	490,37	701,55	117,63
1965	22	4,36	479,55	686,06	115,03
1964	23	3,78	416,11	595,30	99,81
1963	24	4,04	444,85	636,41	106,70
1962	25	4,59	504,93	722,37	121,12
1961	26	4,22	465,00	665,24	111,54
1960	27	4,79	527,32	754,40	126,49
1959	28	4,28	471,34	674,32	113,06
1958	29	3,99	439,62	628,94	105,45
1957	30	5,29	582,18	832,89	139,65
1956	31	5,59	615,02	879,87	147,52
1955	32	5,30	583,30	834,49	139,92
1954	33	6,27	690,03	987,18	165,52
1953	34	6,88	757,58	1083,82	181,72
1952	35	6,88	757,58	1083,82	181,72
1951	36	7,03	773,63	1106,78	185,57
1950	37	6,77	744,89	1065,67	178,68
1949	38	6,36	700,48	1002,13	168,02
1948	39	7,89	868,42	1242,39	208,31
1947	40	8,61	947,91	1356,11	227,37

## Répartition et volumes historiques : Alberta

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,908	0,086	0,006
Feuillus	0,084	0,882	0,034

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	0,00	8600,00	1698,00	89,00
1985	2	0,00	6839,00	2041,00	99,00
1984	3	328,70	6314,00	1715,00	99,00
1983	4	173,56	5544,00	1529,00	126,00
1982	5	49,85	4354,15	1175,00	133,00
1981	6	49,29	4996,71	1489,00	51,00
1980	7	31,71	4502,29	1331,00	68,00
1979	8	44,89	4506,11	1592,00	65,00
1978	9	22,44	4043,56	1558,00	102,00
1977	10	61,14	4043,86	2152,00	113,00
1976	11	0,00	3613,00	1892,00	122,00
1975	12	0,00	3088,00	1745,00	130,00
1974	13	7,20	2728,80	2229,00	93,00
1973	14	81,76	4008,24	1402,00	107,00
1972	15	59,71	3726,29	1017,00	90,00
1971	16	24,41	3179,59	779,00	159,00
1970	17	24,01	3276,99	690,00	152,00
1969	18	34,15	2930,88	1059,84	104,13
1968	19	30,63	2629,20	950,75	93,41
1967	20	26,07	2237,38	809,06	79,49
1966	21	30,52	2619,27	947,16	93,06
1965	22	29,65	2544,73	920,21	90,41
1964	23	29,15	2502,14	904,81	88,90
1963	24	31,26	2683,15	970,26	95,33
1962	25	30,84	2646,95	957,17	94,04
1961	26	27,73	2380,05	860,66	84,56
1960	27	34,78	2984,83	1079,35	106,05
1959	28	31,62	2713,67	981,30	96,41
1958	29	25,20	2162,85	782,11	76,84
1957	30	29,48	2530,54	915,07	89,91
1956	31	26,86	2305,52	833,70	81,91
1955	32	26,58	2281,39	824,98	81,05
1954	33	25,10	2154,33	779,03	76,54
1953	34	25,20	2162,85	782,11	76,84
1952	35	29,98	2573,13	930,47	91,42
1951	36	29,20	2506,40	906,35	89,05
1950	37	29,81	2558,93	925,34	90,92
1949	38	25,55	2192,66	792,89	77,90
1948	39	31,38	2693,09	973,85	95,68
1947	40	31,80	2729,29	986,94	96,97

## Répartition et volumes historiques : Colombie-Britannique

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,822	0,178	0,000
Feuillus	0,017	0,983	0,000

Volumes historiques de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges

Année de simulation	Âge (années)	Volume de bois récolté (milliers de mètres cubes)			
		Bois de sciage de feuillus	Bois de sciage de résineux	Bois à pâte	Bois de chauffage
1986	1	281,00	58 022,03	19 199,97	0,00
1985	2	281,00	58 358,38	18 228,62	0,00
1984	3	281,00	58 034,46	16 240,54	0,00
1983	4	281,00	53 916,83	17 245,17	0,00
1982	5	221,00	41 442,84	14 567,16	0,00
1981	6	233,00	45 931,42	14 615,58	0,00
1980	7	258,00	57 066,10	17 329,90	0,00
1979	8	227,00	59 255,40	16 712,60	0,00
1978	9	127,00	58 617,92	16 419,08	0,00
1977	10	136,00	55 216,39	14 618,61	0,00
1976	11	207,00	53 215,68	16 098,32	0,00
1975	12	516,00	37 464,05	12 097,95	0,00
1974	13	561,00	43 587,06	15 937,94	0,00
1973	14	577,00	53 410,24	16 149,76	0,00
1972	15	306,00	42 299,02	13 846,98	0,00
1971	16	293,00	42 915,37	13 341,63	0,00
1970	17	327,00	41 993,40	12 406,60	0,00
1969	18	370,78	40 276,88	12 877,34	0,00
1968	19	333,98	36 278,92	11 599,11	0,00
1967	20	308,51	33 512,77	10 714,71	0,00
1966	21	314,36	34 147,87	10 917,70	0,00
1965	22	300,76	32 670,74	10 445,50	0,00
1964	23	297,13	32 276,44	10 319,43	0,00
1963	24	289,05	31 398,28	10 038,67	0,00
1962	25	263,45	28 617,84	9 149,70	0,00
1961	26	228,96	24 871,21	7 951,83	0,00
1960	27	235,38	25 568,76	8 174,85	0,00
1959	28	230,32	25 018,70	7 998,98	0,00
1958	29	195,95	21 284,85	6 805,20	0,00
1957	30	204,54	22 218,69	7 103,77	0,00
1956	31	217,75	23 652,93	7 562,32	0,00
1955	32	212,03	23 032,13	7 363,84	0,00
1954	33	195,42	21 227,67	6 786,92	0,00
1953	34	189,39	20 573,00	6 577,61	0,00
1952	35	178,54	19 394,61	6 200,85	0,00
1951	36	169,15	18 374,23	5 874,62	0,00
1950	37	163,32	17 740,64	5 672,04	0,00
1949	38	144,41	15 687,10	5 015,48	0,00
1948	39	153,59	16 684,15	5 334,26	0,00
1947	40	149,71	16 262,00	5 199,29	0,00

### Répartition et volumes historiques : Yukon

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,80	0,20	0,00
Feuillus	0,00	1,00	0,00

Les volumes historiques (1947 à 1986) de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges, ont une valeur nulle (0) au Yukon.

### Répartition et volumes historiques : Territoires du Nord-Ouest

Répartition proportionnelle de la récolte entre le bois de sciage, le bois à pâte et le bois de chauffage dans le cadre du bilan du carbone

Récolte	Bois de sciage	Bois à pâte	Bois de chauffage
Résineux	0,80	0,20	0,00
Feuillus	0,00	1,00	0,00

Les volumes historiques (1947 à 1986) de bois récoltés, utilisés pour fixer les conditions initiales des divers réservoirs du secteur des produits forestiers et du réservoir formé par les décharges, ont une valeur nulle (0) dans les Territoires du Nord-Ouest.

---

**ANNEXE 7**  
**ESTIMATION DE LA SUPERFICIE TOUCHÉE PAR**  
**LES 5 TYPES DE PERTURBATION**  
**PAR COMPÉTENCE ADMINISTRATIVE ET**  
**PROVINCE ÉCOCLIMATIQUE**

## Superficie estimative : incendies de forêt

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale		
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	17 472	0	0	0	273 578	676	2 456	21 532	0	0	14 782	229 554	560 050	22,4
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	391 766	668 596	236 536	9 506	1 054	162 092	1 469 550	58,9
Boréale orientale	5 984	0	0	176	97 150	187 091	0	0	0	0	0	0	290 401	11,6
Tempérée froide	0	0	0	4 865	74	38	0	0	0	0	0	0	4 977	0,2
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	8 374	0	632	0	0	0	9 006	0,4
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 998	0	2 998	0,1
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	26 118	80 306	42 097	1 494	150 015	6,0
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 996	0	0	6 996	0,3
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 006	0	0	2 006	0,1
Superficie totale	23 456	0	0	5 041	370 802	187 805	402 596	690 128	263 286	98 814	60 931	393 140	2 495 999	
Pourcentage de la superficie totale	0,9	0,0	0,0	0,2	14,9	7,5	16,1	27,6	10,5	4,0	2,4	15,8		

## Superficie estimative : insectes

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale		
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon	Territoires du Nord-Ouest
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale orientale	47 790	46 774	0	7 064	116 451	97 076	0	0	0	0	0	0	315 155	81,3
Tempérée froide	0	2 462	0	10 595	29 113	1 578	0	0	0	0	0	0	43 748	11,3
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	503	13 887	0	0	14 390	3,7
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14 281	0	0	14 281	3,7
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Superficie totale	47 790	49 236	0	17 659	145 564	98 654	0	0	503	28 168	0	0	387 574	
Pourcentage de la superficie totale	12,3	12,7	0,0	4,6	37,6	25,5	0,0	0,0	0,1	7,3	0,0	0,0		

## Superficie estimative : coupes à blanc et brûlages de rémanents

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale	
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale orientale	0	0	0	0	4 050	0	0	0	0	0	0	0	6,9
Tempérée froide	0	0	0	0	258	0	0	0	0	0	0	0	0,4
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	26 353	0	0	0	45,2
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	15 884	0	0	0	27,2
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	11 754	0	0	0	20,2
Superficie totale	0	0	0	0	4 308	0	0	0	53 991	0	0	0	58 299
Pourcentage de la superficie totale	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	92,6	0,0	0,0	0,0	0,0

## Superficie estimative : coupes à blanc

Province éoclimatique	Compétence administrative (ha)										Superficie totale	Pourcentage de la super- ficie totale	
	Terre- Neuve	Nouvelle- Écosse	Île-du- Prince-Édouard	Nouveau- Brunswick	Québec	Ontario	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Colombie- Britannique			Yukon
Arctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Boréale occidentale	0	0	0	0	0	0	15 846	19 963	16 913	0	0	960	6,9
Boréale orientale	16 400	13 153	0	16 390	205 828	170 012	0	0	0	0	0	0	54,4
Tempérée froide	0	15 647	3 200	66 330	36 323	10 852	0	0	0	0	0	0	17,1
Tempérée modérée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Prairies	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère subarctique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cordillère	0	0	0	0	0	0	0	0	16 913	124	30	0	11,7
Cordillère intérieure	0	0	0	0	0	0	0	0	44 281	0	0	0	5,7
Cordillère pacifique	0	0	0	0	0	0	0	0	32 766	8	0	0	4,2
Superficie totale	16 400	28 800	3 200	82 720	242 151	180 864	15 900	19 963	33 826	135	990	0	775 461
Pourcentage de la superficie totale	2,1	3,7	0,4	10,7	31,2	23,3	2,1	2,6	4,4	0,0	0,1	0,0	0,1

