

***CLASSIFICATION DES PEUPLEMENTS FORESTIERS
EN TANT QUE COMBUSTIBLES,
SELON LA MÉTHODE CANADIENNE
DE PRÉVISION DU COMPORTEMENT
DES INCENDIES DE FORÊT***



*CLASSIFICATION DES PEUPLEMENTS FORESTIERS
EN TANT QUE COMBUSTIBLES,
SELON LA MÉTHODE CANADIENNE
DE PRÉVISION DU COMPORTEMENT
DES INCENDIES DE FORÊT*

par

GEORGES PELLETIER, ing.f.
analyste forestier, SOPFEU

JACQUES ST-ONGE, tech.f.
agent de protection, SOPFEU

JEAN-FRANÇOIS ROY,
tech. forestier sp., MRN

GASTON THERRIALT,
tech. forestier sp., MRN

PIERRE BORDELEAU, tech.f.
agent de liaison, SOPFEU

Septembre 2001

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient madame Julie Fortin et messieurs Michel Chabot et François Lefebvre pour la révision du texte, madame Réjeanne Bissonnette pour la révision linguistique, mesdames Micheline Brassard et Andrée Royer pour la saisie du texte, messieurs Louis Deschamps et Yves Dumont pour la réalisation cartographique et madame Sylvie Jean pour la conception graphique.

PHOTOGRAPHIES

Jacques St-Onge, Pierre Bordeleau, Georges Pelletier

DIFFUSION

Direction de la conservation des forêts

Ministère des Ressources naturelles
880, chemin Sainte-Foy, bureau 6.00
Québec (Québec), G1S 4X4
Téléphone : (418) 627-8642

Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU)

Aéroport international Jean-Lesage
715, 7^{ième} Rue
Sainte-Foy (Québec), G2G 2S7
Téléphone : (418) 871-3341
Adresse Internet : www.sopfeu.qc.ca

Direction de la planification et des communications

Ministère des Ressources naturelles
5700, 4^e Avenue Ouest, B-302
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1
Téléphone : (418) 627-8600 ou 1-866-CITOYEN
(1-866-248-6936)
Télécopieur : (418) 643-0720

SITE INTERNET

Le document est disponible sur le site Internet du Ministère à l'adresse suivante : www.mrn.gouv.qc.ca/fimaq sous la rubrique **Informations forestières**.

Nous vous invitons à visiter le site Internet du Ministère, à l'adresse suivante : www.mrn.gouv.qc.ca

TABLE DES MATIÈRES

Préambule	v
1. Introduction	1
2. La classification des combustibles	2
3. Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (MCPCI)	3
4. Données forestières disponibles	8
Figure 1 : Le découpage du Québec dans SIFORT	9
5. Méthodologie et déroulement du projet	10
Figure 2 : Territoire affecté par l'épidémie	A1
Types de combustibles forestiers	A2-A3
Figure 3 : Les combustibles forestiers au Québec (2001)	A4
6. Règles de classification	11
6.1 Les classes de combustibles définies selon la MCPCI	11
6.2 Les classes de combustibles non définies dans la MCPCI	13
6.3 Les classes de non-combustibles	13
7. Grille de classification des combustibles	14
8. Résultats et statistiques	22
9. Conclusion	23
10. Bibliographie	24

PRÉAMBULE

Ce document est la synthèse de deux rapports du groupe de travail sur les combustibles forestiers. Ce groupe, qui est constitué de représentants de la Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU) et du ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), a publié son premier rapport en 1995. Il y expliquait la méthode retenue au Québec pour classer les peuplements forestiers selon la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies. Dans son second rapport qui a paru en 1999, le groupe expliquait les modifications apportées aux règles de classification préconisées.

1. INTRODUCTION

La volonté de classer les peuplements forestiers en tant que combustibles n'est pas nouvelle. Déjà en 1948, dans son *Manuel de protection des forêts contre le feu*, M. Georges H. Bernier, ing.f., citait une méthode de classification proposée par un forestier américain, L. G. Hornby. Cette méthode, qui s'appuyait sur la vitesse de propagation du feu et sa résistance face aux efforts de lutte, permettait déjà de caractériser certains types de combustibles.

Dans les années 1970, une série de guides régionaux publiée dans l'Ouest canadien traitait des indices du comportement des feux de forêt. On y expliquait les caractéristiques des incendies dans des complexes combustibles jugés importants dans cette partie du pays.

Au Québec, le Centre de transfert technologique de Maniwaki a élaboré un premier programme d'affichage axé sur les combustibles forestiers dans le milieu des années 1980. Ce programme reposait, en grande partie, sur une carte synthèse dressée au cours des années 1970, par la direction de l'inventaire forestier du MRN. Les types de combustibles établis dans la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (MCPCI) y étaient interprétés, puis illustrés selon le quadrillage 5 min x 5 min (superficie moyenne : 54 km²) en vigueur au Québec.

En 1992, Parcs Canada chargeait la firme d'ingénieurs-conseil Del Degan, Massé et associés d'élaborer un plan de gestion du feu pour le Parc national de la Mauricie, en tenant compte de la classification des peuplements forestiers en tant que combustibles établie dans la MCPCI. Le fournisseur dressa donc une grille de classification qui tenait compte des données de la MCPCI et qui s'appliquait aux peuplements forestiers répertoriés lors du deuxième programme décennal d'inventaire forestier.

En 1994, les sept sociétés de conservation créées en 1972 étaient fusionnées pour créer la Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU). Cette fusion avait été précédée d'une réflexion approfondie sur les

méthodes de lutte contre les feux de forêt et sur les outils disponibles. La nouvelle société dut donc revoir certaines façons de faire. On jugeait, notamment, qu'il fallait améliorer la cartographie des combustibles forestiers. Les travaux, qui débutèrent en mars 1994, s'appuyaient sur ceux effectués par Del Degan, Massé et associés deux ans plus tôt.

Les artisans de la MCPCI laissaient aux responsables locaux le soin d'associer les données d'inventaire forestier disponibles et les types de combustibles qu'ils décrivaient dans leur méthode. En 1995, nous avons déjà les compilations nécessaires pour dresser une carte provinciale des combustibles forestiers. Les données ainsi obtenues nous ont permis de mettre à jour le *Système d'information des incendies forestiers* (SIIF).

En 1995, le groupe de travail sur les combustibles forestiers déposait un premier rapport dans lequel il décrivait la méthode de classification retenue et formulait des recommandations ainsi que des questions en vue d'en arriver à améliorer la méthode.

Pour donner suite à ce rapport, nous avons :

- créé une banque de données plus précises, avec représentation à la tesselle de 15 sec x 15 sec (superficie moyenne de 14 ha) ;
- révisé la classification, à la suite de certains feux de forêt majeurs ;
- rencontré M. Marty Alexander, l'un des artisans de la MCPCI, qui a approfondi nos connaissances sur les combustibles forestiers ;
- fait appel à l'imagerie satellitaire pour classer les aires qui avaient été affectées par le feu dans le passé ;
- amorcé une étude pour déterminer quelles variables actuellement disponibles dans la base de données permettraient de distinguer les deux grands types de résineux présentement regroupés dans la classe C-2.

Ce rapport résume la méthode de classification des peuplements forestiers en tant que combustibles.

2. LA CLASSIFICATION DES COMBUSTIBLES

Compte tenu du contexte forestier québécois, on distingue trois classes de combustibles :

- **combustibles définis** dans la MCPCI ;
- **combustibles non définis** dans la MCPCI et qu'on ne peut associer à ceux qui y sont définis, comme les brûlis, les dénudés secs, les cédrières, etc. ;
- **non combustibles** ; cette classe regroupe plusieurs éléments comme l'eau, les dénudés humides, les terres agricoles, etc.

La méthode de classification tient compte de nombreuses variables : composition et densité du peuplement, hauteur des arbres, etc. Dans les pages qui suivent, nous indiquerons, notamment, les superficies occupées par chacune des classes de combustibles. Nous inclurons également une carte du territoire forestier inventorié, découpé en fonction de ces mêmes classes. Ces données sont aussi diffusées sous forme de fichier numérique géoréférencé.

3. MÉTHODE CANADIENNE DE PRÉVISION DU COMPORTEMENT DES INCENDIES DE FORÊT (MCPCI)

Tous les matériaux organiques, vivants et morts, qui sont enfouis dans le sol forestier, jonchent les parterres de coupe et composent les différentes strates des peuplements peuvent s'enflammer. Ils forment le « complexe combustible ». Évidemment la quantité de combustible, sa grosseur, sa forme, sa distribution, sa compacité et sa teneur en humidité sont extrêmement diversifiées.

Conséquemment, chaque complexe combustible présente des caractéristiques distinctes en ce qui a trait au taux de propagation du feu, à son intensité, à la hauteur des flammes, etc., et les méthodes de lutte contre le feu doivent en tenir compte. Les complexes combustibles reflètent à la fois l'influence de la nature et de l'Homme car les écosystèmes sont modifiés par le vent, les insectes et le feu de même que par les interventions anthropiques.

Les auteurs de la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt ont étudié les complexes combustibles et les ont regroupés en seize types distincts (voir le rapport de travail sur les dangers d'incendie, numéro ST-X-3F).

« Le type de combustible a été défini comme une association identifiable d'éléments combustibles qui, en raison de l'essence, de la forme,

de la taille, de la disposition et de la continuité, brûle d'une façon caractéristique dans des conditions données de combustion (Merrill et Alexander, 1987). Plus précisément, un type de combustible est un complexe de combustibles d'une homogénéité suffisante et occupant une superficie suffisante pour que le comportement de l'incendie à l'équilibre puisse se maintenir au cours d'une période considérable de temps. » (XT-X-3F, p.13)

« Certains combustibles pour lesquels on ne possède pas de données fiables sur le comportement des incendies au Canada ont été englobés à cause de leur importance dans le paysage canadien (par exemple les forêts boréales mixtes et les herbes). » (ST-X-3F p.14)

« Les principales caractéristiques de chaque type sont développées ci-dessous ; à partir de ces descriptions, on pourra classer les combustibles à partir des descriptions dans les inventaires forestiers. » (idem p.14)

Les seize types de combustibles forment cinq grands groupes.

Descriptions des types de combustibles selon la MCPCI

Groupe des conifères

Type C-1 (pessière à lichens)

Ce type de combustible se caractérise par les peuplements d'épinettes noires (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.), ouverts, ressemblant à une forêt-parc, qui occupent les hauteurs bien drainées de la zone subarctique de l'ouest et du nord du Canada. L'étage dominant compte également, comme essences associées, un peu de pins gris (*Pinus banksiana* Lamb.) et de bouleaux à papier (*Betula papyrifera* Marsh.). Le couvert forestier se présente sous la forme d'arbres largement espacés et de bouquets denses. La hauteur des arbres varie considérablement, mais les branches du fût (vivantes et mortes) s'étendent uniformément jusqu'au sol forestier et le marcottage est répandu. L'accumulation de combustibles ligneux à la surface est très faible et elle est dispersée. La couverture arbustive est excessivement clairsemée. La surface du sol est totalement exposée au soleil et couverte par un enchevêtrement presque continu de cladonies, dont l'épaisseur moyenne au-dessus du sol minéral est de 3 à 4 cm.

Type C-2 (pessière boréale)

Ce type de combustible se caractérise par des peuplements d'épinettes noires de densité relative modérée, purs, occupant les basses terres (à l'exclusion des tourbières à sphaignes) et les hauteurs. La base des cimes effleure le sol et les branches mortes sont ordinairement enveloppées de lichens barbus (usnées). L'écorce du bas des fûts est fortement écailleuse. La matière ligneuse au sol est présente en volumes faibles à modérés. Le thé du Labrador (*Ledum groenlandicum* Oeder) est souvent la principale espèce arbustive. Le sol de la forêt est dominé par un tapis de mousses hypnacées, de lichens (principalement des cladonies) ou des deux. Les sphaignes peuvent parfois être présentes, mais elles empêchent peu la propagation du feu en surface. La profondeur de la couche organique compacte dépasse souvent 20 à 30 cm.

Type C-3 (pins gris ou pins tordus à maturité)

Ce type de combustible se caractérise par des peuplements purs, de densité relative adéquate (1000 à 2000 tiges / ha) de pins gris ou de pins tordus (*P. contorta* Dougl.), qui ont atteint le stade de la fermeture complète du couvert. La base de la cime vivante est bien éloignée du sol. Les combustibles morts de surface sont légers et dispersés. La couverture du sol est constituée d'hypnacées sur une couche organique compacte, modérément profonde (environ 10 cm). Un sous-étage clairsemé de conifères peut être présent.

Type C-4 (jeunes pins gris ou pins tordus)

Ce type de combustible se caractérise par des peuplements purs de pins gris ou de pins tordus, de densité relative élevée (10 000 à 30 000 tiges / ha) dans lesquels la mortalité due à l'éclaircie naturelle se traduit par la présence d'un grand nombre de tiges mortes encore debout ou de combustibles ligneux morts au sol. La continuité verticale et horizontale du combustible caractérise ce type. La quantité de combustibles en surface est supérieure à celle que l'on observe dans le type C-3, et les couches organiques sont moins profondes et moins compactes. La couverture du sol est surtout constituée d'une litière d'aiguilles, en suspension dans une strate arbustive basse (*Vaccinium* sp.).

Type C-5 (pins rouges et pins blancs)

Ce type se caractérise par des peuplements de pins rouges (*P. resinosa* Ait.) et de pins blancs (*P. strobus* L.) en diverses proportions, mûrs, comprenant parfois un peu d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) et de vieux bouleaux à papier ou peupliers faux-trembles (*Populus* sp.). Le sous-étage, de densité moyenne, est habituellement constitué d'érables rouges (*Acer rubrum* L.) ou de sapins baumiers (*Abies balsamea* [L.] Mill.). Une strate arbustive, habituellement de noisetiers à long bec (*Corylus cornuta* Marsh.), peut être présente en proportions modérées. La couverture du sol est une combinaison d'herbes et d'une litière d'aiguilles de pins. La couche organique a habituellement de 5 à 10 cm de profondeur.

Type C-6 (plantation de conifères)

Ce type est caractérisé par les plantations pures de conifères, de densité relative adéquate, à couvert fermé, sans sous-étage ni strate arbustive. Le sol est couvert d'une litière d'aiguilles au-dessus d'une couche d'humus qui atteint jusqu'à 10 cm de profondeur. Les relations établies entre la vitesse de propagation et les feux de cimes tiennent compte de la hauteur de la base de la cime.

Type C-7 (pins ponderosas et douglas taxifoliés)

Ce type de combustible est caractérisé par des peuplements inéquiennes de pins ponderosas (*Pinus ponderosa* Laws.) et de douglas taxifoliés (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) en diverses proportions. Le mélèze occidental (*Larix occidentalis* Nutt.) et le pin tordu peuvent constituer une proportion considérable du peuplement dans certaines stations et à certaines altitudes. Les peuplements sont ouverts, étant parsemés de bouquets de douglas taxifoliés et/ou de mélèzes d'âges divers, qui forment un sous-étage discontinu. La fermeture du couvert est dans l'ensemble inférieure à 50 %, même si les bouquets d'arbres forment un couvert fermé et souvent dense. L'accumulation de combustibles ligneux en surface est légère et dispersée. Sauf dans les bouquets de douglas, le sol forestier est dominé par les herbes, les graminées vivaces ainsi que les arbustes dispersés. Dans les bouquets d'arbres, la litière d'aiguilles est le principal combustible de surface. L'épaisseur de l'humus est nulle à faible (<3cm).

Groupe des feuillus

Type D-1 (peupliers faux-trembles sans feuilles)

Ce type se caractérise par des peuplements purs de peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides* Michx.), semi-mûrs, avant le débourrement printanier ou après la chute automnale des feuilles et le fanage de la végétation inférieure à l'automne. Le sous-étage coniférien brille par son absence, mais une strate bien développée d'arbustes de hauteur moyenne à élevée est typiquement présente. Le combustible constitué de bois ronds morts jonchant le sol est un élément mineur du complexe des combustibles. Le principal combustible de surface est surtout la litière des feuilles ainsi que les herbes fanées, qui sont directement exposées au vent et au soleil. Au printemps, la couche d'humus (horizon F et H) contribue rarement aux combustibles disponibles en raison de sa forte humidité.

Groupe des forêts mixtes

Types M-1 (forêt boréale mixte, sans feuilles) et M-2 (forêt boréale mixte, avec feuilles)

Ces types de combustibles sont caractérisés par des mélanges de peuplements constitués des conifères et des feuillus suivants, en proportions diverses : épinette noire, épinette blanche, sapin baumier, sapin subalpin (*Abies lasiocarpa* [Hook] Nutt.), peuplier faux-tremble et bouleau à papier. En une station donnée, certaines de ces essences peuvent être absentes. Outre la diversité des essences, les peuplements possèdent une structure et un développement très variables, mais ils sont en général confinés aux hauteurs modérément bien drainées. Deux phases, reliées aux variations saisonnières de l'inflammabilité de ces forêts sont distinguées : le stade sans feuilles, qui se présente le printemps et l'automne (combustibles de type M-1) et le stade avec feuilles (type M-2). La vitesse de propagation de l'incendie dans ces deux types de combustibles est pondérée par le pourcentage respectif de résineux et de feuillus. L'été, lorsque l'étage dominant et le sous-étage sont en feuilles, la propagation du feu est considérablement réduite, n'étant au plus, que le cinquième de celle que l'on observe le printemps et l'automne dans des conditions par ailleurs semblables.

Types M-3 (forêt mixte à sapins baumiers morts, sans feuilles) et M-4 (forêt mixte à sapins baumiers morts, avec feuilles)

Ces types de combustibles se caractérisent par les peuplements mixtes où croît le sapin baumier, souvent dans le sous-étage, en mélange hétérogène avec l'épinette, le pin et le bouleau. Ces peuplements s'observent dans les régions forestières des Grands Lacs

et du Saint-Laurent ainsi que dans les régions boréales du Canada et elles ne doivent pas être confondues avec les peuplements purs de sapins baumiers qui sont typiques de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick. Les défoliations annuelles répétées (dus aux attaques de la tordeuse des bourgeons de l'épinette) tuent les sapins baumiers : l'écorce se pèle, les branches se drapent de lichens (mousse espagnole ou barbe de capucin, usnées), les cimes se brisent et les tiges évoluent en chablis, phénomènes culminant cinq à huit années après la mortalité. Le volume de matières ligneuses au sol est d'abord petit, mais il augmente considérablement avec la décomposition du peuplement consécutive à la mortalité. Le sol forestier est constitué d'un mélange d'hypnacées, d'aiguilles et de feuilles. La couche organique est modérément compacte et sa profondeur varie de 8 à 10 cm.

Après la mortalité, les incendies printaniers dans ce type de combustible se montrent extrêmement ardents, se propagent de façon continue par les cimes et à la faveur des flammèches transportées par le vent, tandis que les incendies d'été sont gênés par la luxuriance de la végétation verte du sous-étage favorisée par l'ouverture du couvert. Quand une quantité suffisante de combustibles de surface s'est accumulée à la faveur de la décomposition du peuplement (habituellement après quatre à cinq ans) au cours de l'été, les incendies se propageront dans le complexe de combustibles, mais pas aussi vigoureusement qu'au printemps. La possibilité d'incendie est maximale de cinq à huit ans après la mortalité, puis elle diminue graduellement avec la décomposition des combustibles de surface et la luxuriance croissante de la végétation du sous-étage.

Groupe des rémanents

Type S-1 (rémanents de pins gris ou de pins tordus)

Ce type de combustible se caractérise par des rémanents provenant de la coupe à blanc réalisée à l'aide de tracteurs ou de débardeurs, dans les peuplements mûrs de pins gris ou de pins tordus. Les rémanents remontent ordinairement à une ou deux campagnes et ils conservent jusqu'à la moitié du feuillage, particulièrement les branches les plus rapprochées du sol. Aucun traitement n'a été appliqué après la coupe, et les combustibles forment une couche continue sur le sol. Les cimes et les branches abandonnées sur place font que la quantité et la profondeur du combustible sont modérées. La couverture au sol est constituée d'une strate continue d'hypnacées parsemée d'une litière discontinue d'aiguilles tombées. Les couches organiques sont modérément profondes et assez compactes.

Type S-2 (rémanents d'épinettes blanches et de sapins baumiers)

Ce type de combustible se caractérise par les rémanents de la coupe à blanc réalisée à l'aide de tracteurs ou de débardeurs dans les peuplements mûrs à surannés d'épinettes blanches et de sapins subalpins ou de sapins baumiers. Les rémanents remontent habituellement à une ou deux campagnes et ils conservent de 10 à 15 % du feuillage sur les branches. Aucun traitement n'a été appliqué après la coupe. La continuité du combustible peut être interrompue par les pistes suivies par les débusqueuses, à moins que la coupe n'ait eu lieu en hiver. Des cimes ont été abandonnées sur place et la plupart des branches se sont brisées durant le débardage jusqu'aux dépôts, ce qui fait que la quantité et la profondeur du combustible sont modérées. Les gros morceaux de bois brisés et pourris peuvent abonder. La couverture du sol est constituée d'hypnacées et d'une litière considérable d'aiguilles tombées des rémanents. Les couches organiques sont modérément profondes et compactes.

Type S-3 (rémanents de thuyas, de pruches et de douglas côtiers)

Ce type de combustible se caractérise par des rémanents provenant de la coupe à blanc réalisée dans des peuplements mixtes mûrs à surannés de conifères de la région côtière de la Colombie-Britannique. Les essences prédominantes sont le thuya géant (*Thuya plicata* Donn.), la pruche occidentale (*T. heterophylla* [Raf.] Sarg.) et le douglas taxifolié. Les rémanents remontent habituellement à la campagne précédente. Ceux du thuya conservent tout leur feuillage sur les branches, mais fané, tandis que les rémanents de pruche et de douglas ont perdu jusqu'à 50 % de leur feuillage. Le combustible tend à être continu et non compact. On conserve parfois un très grand nombre de morceaux de bois brisés et pourris non commercialisables, selon le degré de décadence du peuplement. L'épaisseur du combustible peut aller de 0,5 à 2,0 m. La couverture du sol peut être constituée d'hypnacées ou uniquement d'une litière d'aiguilles compactes et vieilles en quantités importantes sous les aiguilles qui viennent de tomber des rémanents. Les couches organiques sont modérément profondes à profondes et elles sont compactes. Un sous-étage mineur à moyen d'arbustes et d'herbes peut être présent. Ce type de combustible peut également se retrouver dans les rémanents de thuyas et de pruches décadents de la zone humide des régions côtières et intérieures de la Colombie-Britannique dont est absent le douglas.

Secteurs ouverts

Type O-1 (herbes)

Ce type de combustible se caractérise par une couverture herbacée continue, où l'on ne trouve pas plus que quelques arbres ou bouquets d'arbustes, sans influence notable sur le comportement de l'incendie. On distingue deux sous-types : l'envêtement d'herbes aplaties, comme on en observe souvent après la fonte ou au printemps (O-1a) ; les herbes mortes sur pied, comme on en trouve souvent à la fin de l'été jusqu'au début de l'automne (O-1b). La proportion de matières mortes ou fanées dans les herbages influe beaucoup sur la propagation du feu et elle doit être estimée avec soin.

(idem p.14-15 et 18-19)

NOTE : Dans le cas des types de combustibles associés aux forêts boréales mixtes (M-1 et M-2), nous avons ajouté un chiffre qui exprime le pourcentage de résineux que les peuplements renferment (ex : M-1/70, 70 % de résineux). Dans le cas des peuplements de type M-3 et M-4, ce chiffre correspond au pourcentage de résineux morts à la suite d'épidémies d'insectes (ex : M-3/75, 75 % des résineux sont morts).

4. DONNÉES FORESTIÈRES DISPONIBLES

La façon dont on cueille les données forestières a peu d'importance, mais il est toutefois important que ces données soient géoréférencées. Ainsi, quand nous avons amorcé la classification des combustibles forestiers selon la MCPFI, nous avons dû choisir entre trois modes d'acquisition des données :

- **Imagerie satellitaire**

Avantages : vision très précise du territoire et mise à jour annuelle

Désavantages : difficulté de distinguer les combustibles et d'obtenir des images de qualité constante, délais de traitement et difficulté d'obtenir des résultats similaires d'une année à l'autre

Désignation : en fonction de la dominance

- **Cartes forestières numérisées**

Avantages : très grande précision des contours

Désavantages : coûts élevés, grand nombre de vecteurs (système lourd à grande échelle) et non disponibles

Désignation : en fonction du centroïde (élément central du polygone considéré)

- **« Tessellation » (raster)**

Avantages : nombre réduit de vecteurs, représentation graphique facile et même quadrillage que celui du SIIF.

Désavantages : saisie manuelle des données, retards causés par la dépendance face au système d'inventaire (mise à jour des coupes et autres perturbations) données parfois désuètes car tirées de la carte du deuxième programme d'inventaire (1979-1990).

Désignation : en fonction du centroïde de la tesselle

Tout bien pesé, la tessellation nous a semblé le meilleur choix et nous avons donc fait appel au **Système**

d'information forestière par tesselles (SIFORT), qui est utilisé à la fois par le ministère des Ressources naturelles du Québec, la Société de protection des forêts contre le feu et la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies. La classification des combustibles forestiers s'est donc faite en fonction de tesselles de 15 secondes sur 15 secondes, d'une superficie approximative de 14 hectares.

Le Système d'information forestière par tesselles

Les données du deuxième inventaire forestier décennal sont présentement versées dans le **Système d'Information FOREstière par Tesselles** ou SIFORT. On peut se référer aux *Normes d'inventaire forestier* publiées en 1984 pour obtenir une description complète de la méthode d'inventaire employée.

Géobase

Dans SIFORT, le territoire forestier est découpé en une mosaïque de polygones conçue mathématiquement. Les créateurs du système, qui se sont inspiré d'une méthode de positionnement des feux, ont subdivisé le Québec selon une grille où chaque carré représente 15 minutes de latitude sur 15 minutes de longitude. La numérotation, qui commence à la frontière sud-ouest du territoire, va vers l'est et le nord.

Le quadrillage de base est à son tour subdivisé en neuf zones égales de 5 minutes sur 5 minutes. Nous l'avons encore divisé en 16 zones égales de 1 minute 15 secondes sur 1 minute 15 secondes, qui à leur tour ont été scindées en 25 unités de 15 secondes sur 15 secondes.

Le système SIFORT s'apparente aux poupées russes : la plus petite unité est le dénominateur commun des autres unités dans lesquelles elle peut s'intégrer (figure 1). Les tesselles de SIFORT sont conservées dans un fichier où les données sont regroupées selon les feuillets cartographiques à l'échelle 1/50 000, en format ASCII et exprimées en longitude et latitude.

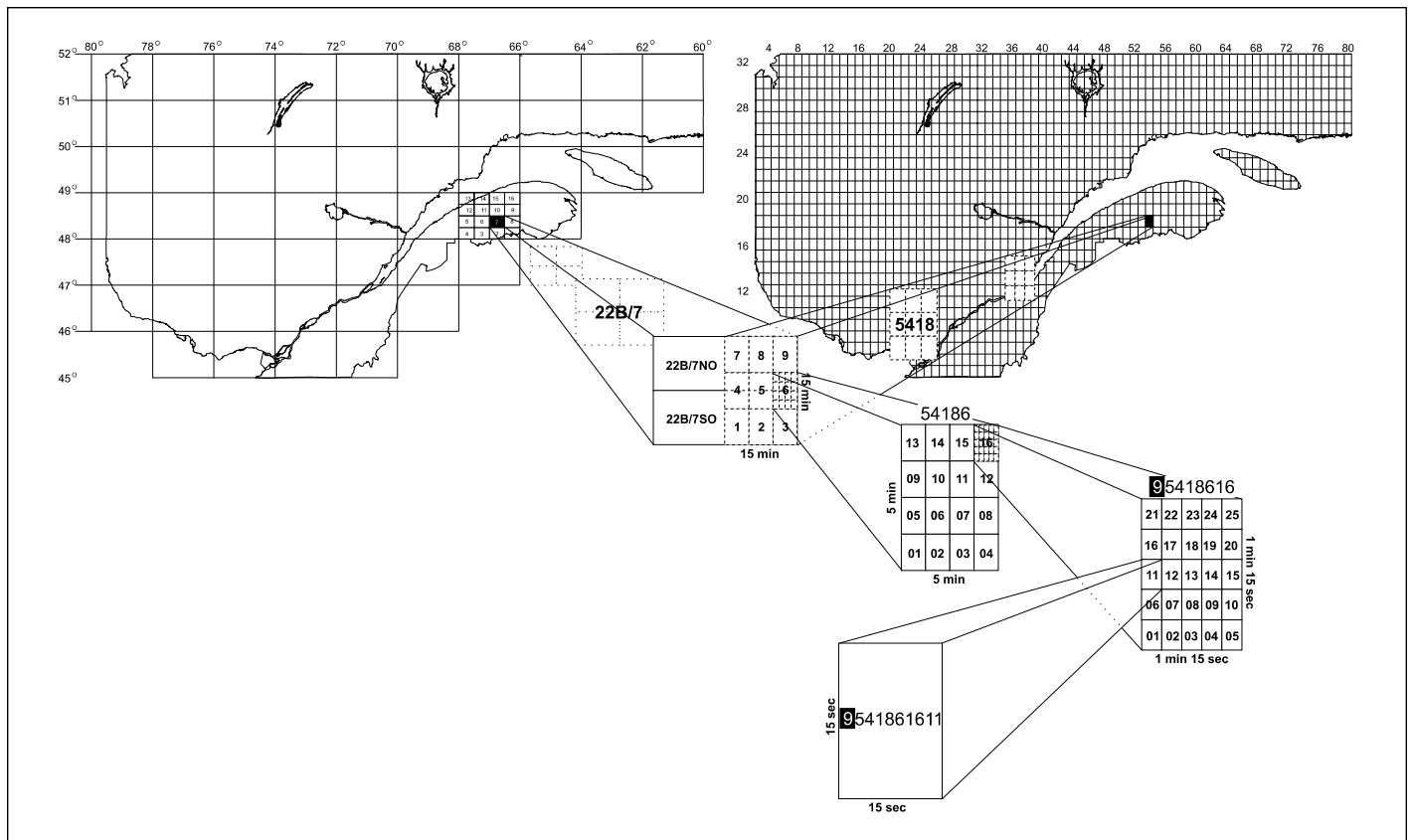


Figure 1 : Le découpage du Québec dans SIFORT

LES DONNÉES D'INVENTAIRE FORESTIER

Les données versées dans SIFORT proviennent du deuxième programme d'inventaire forestier décennal, qui se définit comme un inventaire d'aménagement ou de reconnaissance. La base de données est alimentée selon deux processus distincts, quoique étroitement liés : la photo-interprétation, d'une part, et la compilation des résultats des sondages effectués sur le terrain, d'autre part.

La photo-interprétation permet de dessiner les contours et de préciser la composition des peuplements forestiers visibles sur les photographies aériennes. Ces données sont transposées sur des cartes de base où figurent les limites des régions et des municipalités de même que les autres divisions territoriales. On obtient ainsi la base planimétrique.

Lors des sondages effectués sur le terrain, les mesures sont prises dans des placettes-échantillons et le long de virées. Ces travaux permettent de déterminer les essences qui composent les peuplements et de recueillir toutes les données dendrométriques requises sur les strates forestières. On peut ainsi calculer, notamment, le nombre de tiges dans chacune des classes de diamètre, leur surface terrière et les volumes disponibles, tant pour les essences commerciales que non commerciales. C'est à partir de ces données qu'on dresse les tables de stock.

Dans le présent rapport, tout le territoire québécois est classé. On considère non seulement les terrains forestiers productifs et improductifs, mais aussi les terrains non forestiers.

5. MÉTHODOLOGIE ET DÉROULEMENT DU PROJET

La méthode canadienne de prévision du comportement des incendies et le Système d'information forestière par tesselle sont les deux instruments de base dont nous nous sommes servis pour classifier les peuplements forestiers du Québec en fonction des types de combustibles.

Le projet s'est déroulé selon les étapes suivantes :

1. acquisition des données d'inventaire forestier versées dans SIFORT ;
2. élaboration des règles en vue d'une classification préliminaire (utilisation des variables retenues par la direction de l'inventaire forestier) ;
3. validation des règles de classification ;
 - sélection des zones à survoler ;
 - classification des peuplements des zones sélectionnées ;
 - sélection des peuplements dont la classification sera validée ;
 - survol des zones sélectionnées ;
 - vérification de la classification par des visites sur le terrain ;
 - compilation des résultats ;
4. modification des règles de classification ;
5. application de la méthode de classification à l'échelle du Québec.

À propos de la validation

Lorsqu'on élabore une méthode de classification, on doit toujours s'assurer que les résultats obtenus en appliquant les règles établies sont conformes à la réalité du terrain. Si tel n'est pas le cas, on doit revoir la méthode, du moins partiellement.

Nous avons décidé de valider nos résultats du haut des airs, puisque c'est la technique qui se rapproche le plus de la photographie aérienne (vue verticale des peuplements et des caractéristiques des combustibles). Néanmoins, nous tenons à nous rendre dans les peuplements survolés afin de confirmer le type de combustible noté. Lors de ces visites terrain, nous examinons la structure du couvert forestier et précisons la composition des strates herbacée, arbustive et arborescente. Enfin, nous prenons des photographies tant en vol qu'au sol, pour confirmer la composition des peuplements forestiers et les types de combustibles observés.

Pour optimiser la classification, nous avons couvert plusieurs unités de gestion qui chevauchent plus d'une région écologique. Cela nous a permis de tester la méthode et d'en vérifier la fiabilité avant de l'appliquer à l'ensemble du Québec. Depuis 1994, nous effectuons des survols annuels pour améliorer la classification des combustibles forestiers.

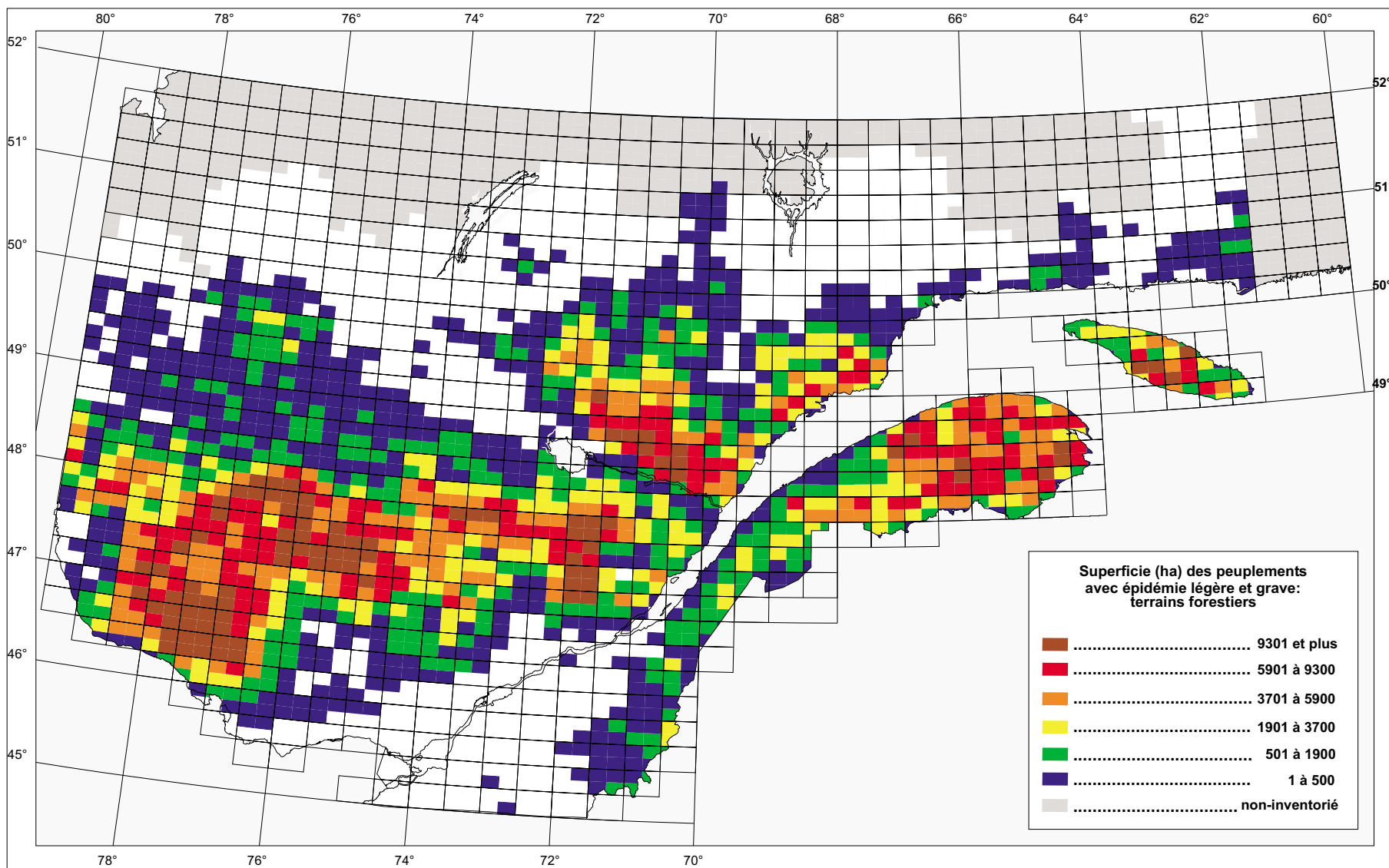


Figure 2. Territoire affecté par l'épidémie

TYPES DE COMBUSTIBLES FORESTIERS

VUE AÉRIENNE

C-2



C-3



C-5



VUE DU SOL

C-2



C-3



C-5



TYPES DE COMBUSTIBLES FORESTIERS

VUE AÉRIENNE

S-2

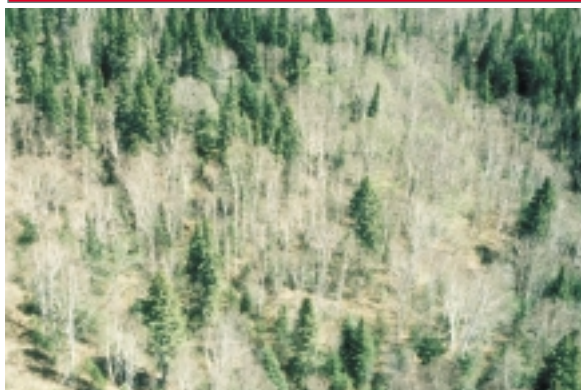


VUE DU SOL

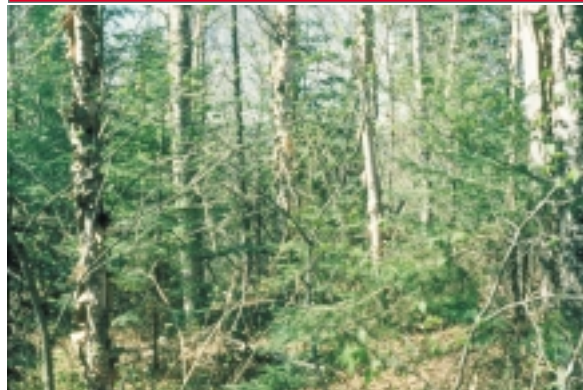
S-2



M-1/35



M-1/35



BR



BR



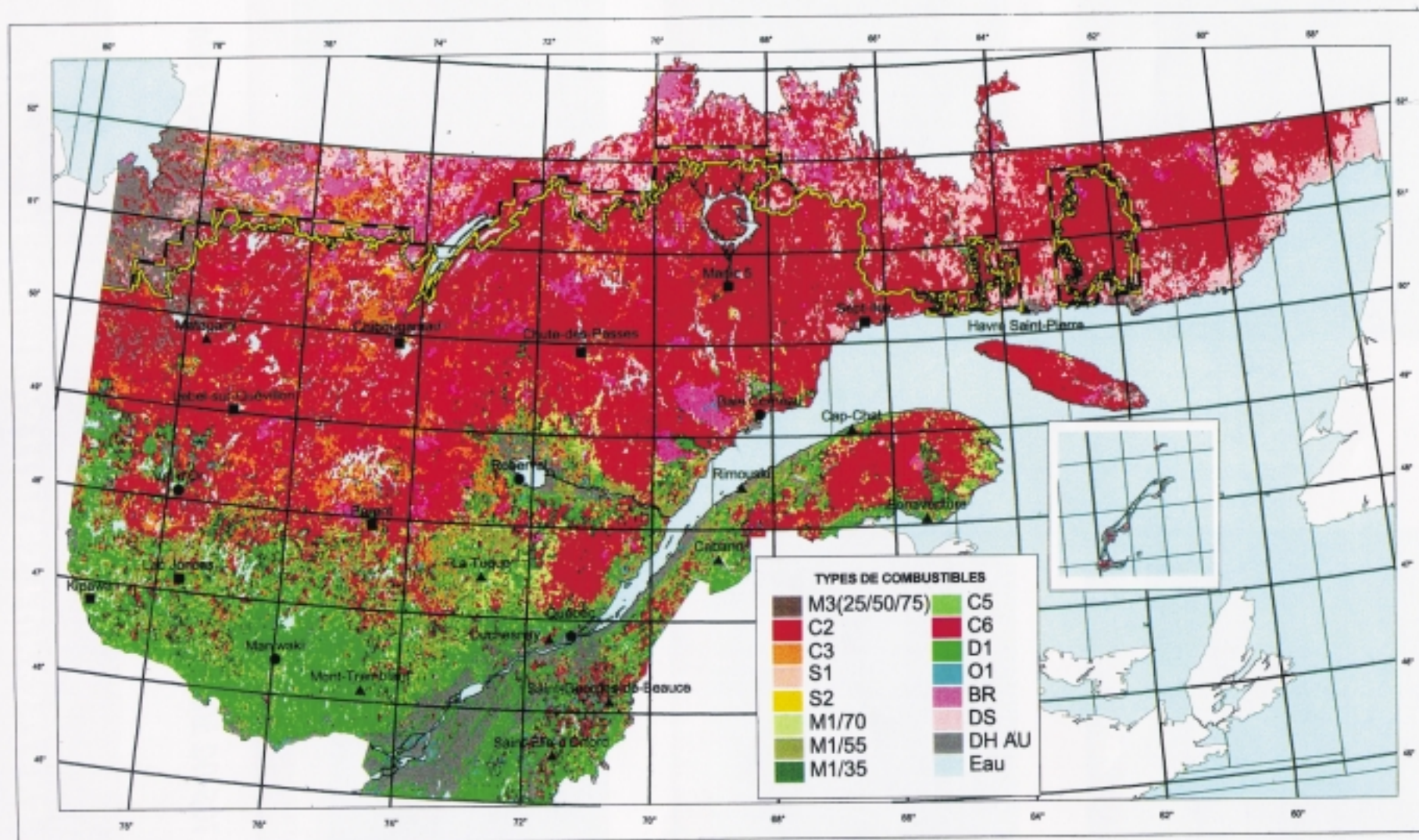


Figure 3. Les combustibles forestiers au Québec (2001)

6. RÈGLES DE CLASSIFICATION

Nous avons tout d'abord décidé de baser notre classification sur la stratification forestière établie par les photos-interprètes (groupements et sous-groupements d'essences, classes de densité, classes de hauteur, classes d'âge, perturbations, origines et types de terrain, etc.). Pour obtenir des résultats plus précis, nous tenons également compte des tables de peuplements et de la division du territoire en régions écologiques¹.

Pour classer certains types de combustibles plus adéquatement, nous avons défini certaines variables additionnelles, telles que le **ratio de résineux** (nombre de tiges résineuses par rapport au nombre de tiges total), la **mort** (qui correspond au nombre d'années qui se sont écoulées depuis qu'une épidémie d'insectes a dévasté un peuplement) et l'**âge** (nombre d'années ou la période écoulée depuis la dernière perturbation autre qu'une infestation d'insectes).

Soulignons qu'il faut de 10 ans à 20 ans pour que les données d'inventaires soient mises à jour et que les peuplements évoluent considérablement pendant ce temps. Pour tenir compte de cette évolution, nous avons introduit une notion d'évolution des classes de combustibles dans la classification retenue.

6.1 Les classes de combustibles définies selon la MCPCI

Herbes (O-1)

Cette classe regroupe deux types de strates forestières :

- les strates sans couvert, dont on connaît l'année de la perturbation d'origine ;
- les friches qui ne sont pas assez denses pour être classées.

Le deuxième inventaire forestier ne tient pas compte de la végétation au sol, mais les validations sur le terrain permettent de l'associer à certains groupements d'essences.

Rémanents ou déchets de coupe (S-1 ou S-2)

Ce type de combustible est particulièrement abondant au Québec, en raisons des modes de coupe. Lors de la classification, on doit préciser :

- le type d'intervention,
- la composition des peuplements avant l'intervention,
- l'année de l'intervention,
- la région écologique où le peuplement est établi.

Lorsqu'un peuplement a subi une perturbation majeure ou « perturbation d'origine », on doit déterminer la composition initiale pour être en mesure de bien le classer. De plus, nous tenons compte de l'année de la perturbation (année de référence) pour estimer l'évolution probable du peuplement, donc du combustible, selon la région écologique.

Depuis quelques années, les compagnies forestières pratiquent la coupe avec protection de la régénération et des sols, surtout dans les peuplements résineux. Or, après une telle coupe, le peuplement résiduel est très ouvert. Des visites sur le terrain nous ont amenés à classer les aires en cause dans le type C-2, en raison non seulement de l'ouverture, mais aussi du combustible laissé sur place.

Mortalité (M-3/M-4)

Certains insectes, tordeuse des bourgeons de l'épinette en tête, provoquent la mort de leurs hôtes, voire de peuplements entiers (figure 2). Lorsqu'on classe ces peuplements du point de vue des combustibles, on doit tenir compte de l'importance de la mortalité, qu'on évalue en termes de pourcentage de la surface terrière constitué d'arbres morts, de l'année de la perturbation et, dans certains cas, de la région écologique en cause.

Au Québec, on distingue deux catégories d'épidémies : les épidémies graves (ES) et les épidémies légères (EL). Lors d'une épidémie grave, où plus de 75 % de la surface terrière du peuplement est détruite, la perturbation

1. THIBAUT, M. *Les régions écologiques du Québec méridional*. Carte couleur à l'échelle 1/1 250 000. Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche forestière et Service de la cartographie, 1987.

est dite d'origine, car elle amorce la formation d'un nouveau peuplement. Si la surface terrière n'est réduite que de 25 % à 75 %, l'épidémie est jugée légère.

L'année de la perturbation est généralement connue et consignée dans la base de données. Si on ne la connaît pas, on consulte la base de données sur la récurrence des épidémies d'insectes que le MRN alimente depuis 1938. L'année de référence retenue est déterminée par le taux de mortalité observé, qui est lui-même fonction de la gravité de l'infestation et de sa durée.

Forêts feuillues (D-1)

Pendant l'été, les incendies sont rares dans les peuplements de feuillus. Toutefois, au printemps et à l'automne, les feuilles qui jonchent le sol peuvent s'embraser.

Forêts mixtes (M-1/M-2)

On dit d'un peuplement qu'il est mixte ou mélangé quand il renferme entre 25 % et 75 % de résineux. La classification de ce type de peuplements en fonction des combustibles doit tenir compte des sous-groupements d'essences, du pourcentage de tiges résineuses qu'on trouve dans le peuplement ainsi que de la région écologique.

C'est au photo-interprète qu'il incombe de déterminer si les sous-groupements d'essences que les peuplements mixtes renferment sont à dominance résineuse ou feuillue. Par exemple, c'est lui qui indique si une bétulaie à bouleaux blancs est dominée ou non par des résineux, donc si c'est une BBRR ou une BBRF. Du point de vue des combustibles, tous les peuplements mixtes sont classés M-1. Toutefois, la classe est suivie du chiffre 35, 55 ou 70, selon l'importance des résineux dans le couvert.

Pour classer les jeunes peuplements mixtes dont on ne connaît pas la composition, on considère la région écologique dans laquelle ils sont établis.

Pinèdes grises (C-3)

Ces peuplements sont généralement assez homogènes. Après en avoir survolé plusieurs, nous avons classé tous les peuplements qui renferment du pin gris et qui ont une structure similaire à celle d'une pinède grise dans la catégorie C-3.

Pinèdes blanches ou rouges (C-5)

Comme les pinèdes blanches et les pinèdes rouges, les prucheraies sont regroupées dans une même classe de combustibles.

Plantations de résineux (C-6)

Du point de vue du comportement du feu, on doit séparer les plantations en deux groupes distincts : les plantations de pins gris, d'une part, et les autres plantations, d'autre part. De plus, il faut tenir compte de l'âge et de la hauteur des plantations lors de la classification.

La classification des plantations de pins gris a déjà été validée. Quant aux plantations d'autres essences, elles sont présentement classées en fonction de leur âge : celles qui ont moins de 8 ans sont rangées dans la classe O-1, les autres, dans la classe C-6. Nous nous sommes basés à la fois sur les données publiées dans *Performances des plantations établies dans les forêts publiques du Québec* et sur notre expérience pour faire ce clivage. Il semble toutefois que ce critère de classification devra être raffiné.

Pessières boréales (C-2)

Plusieurs types de peuplements sont associés à cette classe de combustibles définie dans la MCPCI :

- peuplement en voie de régénération (couvert présentement indéterminé, qui était résineux avant la perturbation) ;
- peuplement de résineux (plusieurs essences résineuses, sans dominance) ;
- pessière noire ;
- sapinière ;
- peuplement résineux qui renferme des essences non identifiées.

Si l'on tient compte de l'origine, du groupement d'essences, de la densité, de la hauteur et de l'âge des peuplements résineux, on constate que 28 % d'entre eux appartiennent à la classe C-2. Par défaut, les pessières, les sapinières et les peuplements résineux qui renferment plus de deux essences de conifères sont rangés dans cette même classe C-2. Il faudra développer de nouvelles règles de classification pour mieux rendre compte de la réalité forestière québécoise.

6.2 Les classes de combustibles non définies dans la MCPCI

Zones dévastées par le feu et non régénérées (BR)

Même après avoir visité plusieurs aires dévastées par le feu (de surface ou de cimes) dans un passé plus ou moins lointain, nous ne sommes pas parvenus à les associer à l'une ou l'autre des classes de combustibles établies dans la MCPCI. Nous nous sommes donc résignés à ranger ces aires dans la classe « combustibles non définis ».

Nous avons fait appel à l'imagerie satellitaire pour préciser la classification des types de combustibles définis et non définis dans les brûlis de plus de 10 ans d'une superficie minimale de 112 hectares, ce qui correspond à 8 tesselles de 15 secondes par 15 secondes.

Dénudés secs (DS)

Comme son nom l'indique, le « dénudé sec » est un terrain forestier caractérisé par la sécheresse du sol. Ces aires sont jugées improductives, car les tiges d'essences commerciales y sont si peu abondantes que leur exploitation n'est pas rentable. Les végétaux qui croissent sur les dénudés secs peuvent facilement brûler; néanmoins, au Québec, on ne peut associer les DS aux pessières noires à cladonies définies dans la méthode canadienne. Soulignons qu'on trouve la plupart de ces sites sur des falaises, des sommets et des platières qui ont été dévastées par le feu dans le passé.

Les lignes de transport de l'énergie, les cédrières et les mélézins sont aussi associés aux DS, même si le feu s'y comporte de façon particulière.

6.3 Les classes de non-combustibles

Dénudés humides (DH)

Les dénudés humides sont des terrains forestiers improductifs, car ils produisent moins de 30 m³ / ha de matière ligneuse sur une période de 120 ans. Comme nous ne pouvons les ranger dans l'une des classes de combustibles établies dans la MCPCI, nous les avons classés comme des non-combustibles. Cette décision se justifie par la haute teneur en humidité des sites en cause.

Autres terrains (AU)

Nous avons regroupé tous les terrains non forestiers dans la classe AU, qui est réservée aux non-combustibles. Ces terrains sont réservés à la production de ressources autres que la matière ligneuse. Ce sont notamment les :

- terrains agricoles ;
- terrains de camping ;
- centres de ski ;
- routes.

Lacs et rivières (EA)

Les lacs et les rivières ne brûlent évidemment pas. Nous devons toutefois les classer, comme tous les éléments qui figurent sur les cartes forestières.

7. GRILLE DE CLASSIFICATION DES COMBUSTIBLES

La grille de classification utilisée (2001) est sujette à changements, puisque nous devons constamment modifier certaines règles de classification, pour tenir compte des validations effectuées. La souplesse de cet outil

nous permet aussi de l'améliorer de façon continue. Dans les tableaux qui suivent, nous ne considérons pas les classes M-2 et M-4, par souci de simplicité.

Tableau 1 : Grille de classification des combustibles

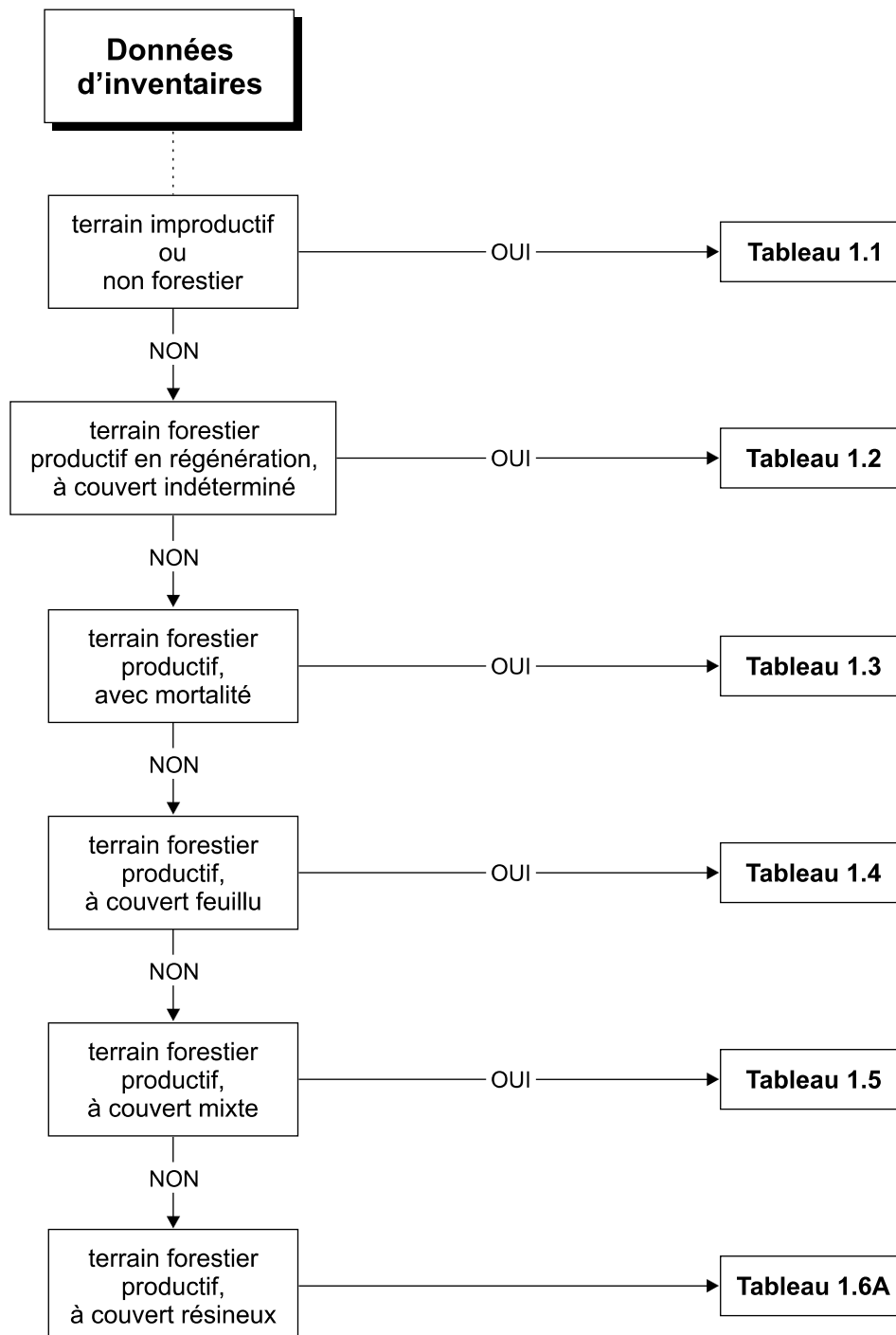


Tableau 1.1 : Terrain improductif ou non forestier

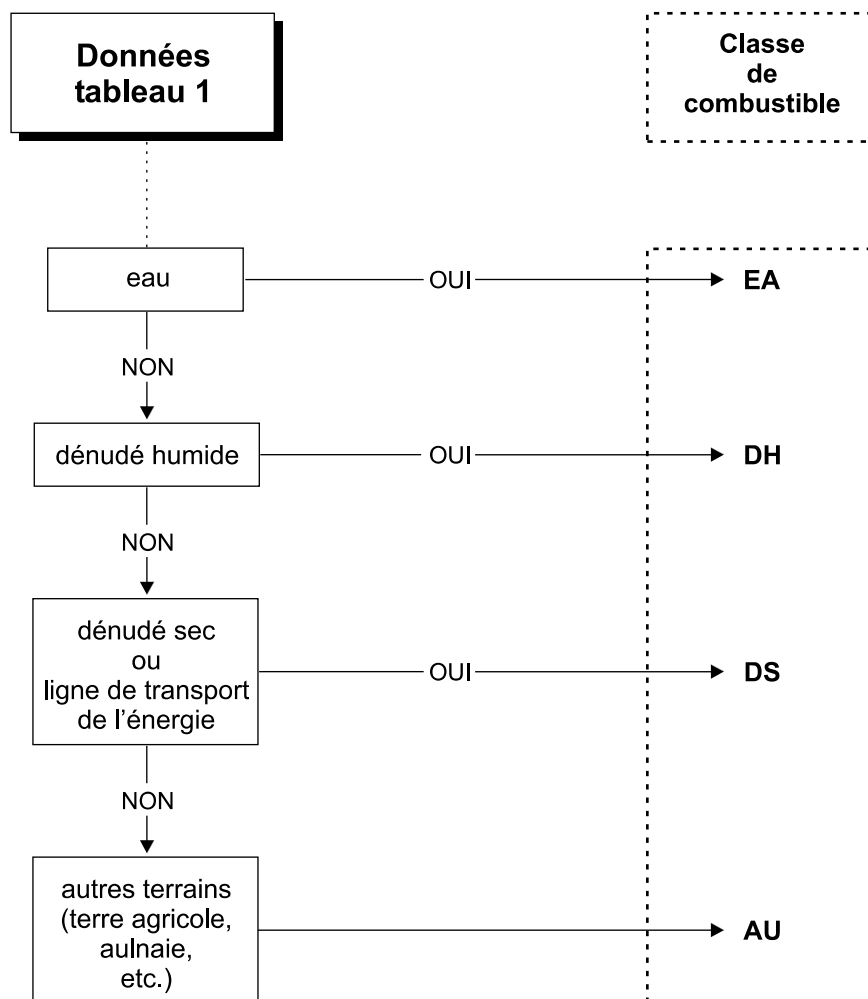
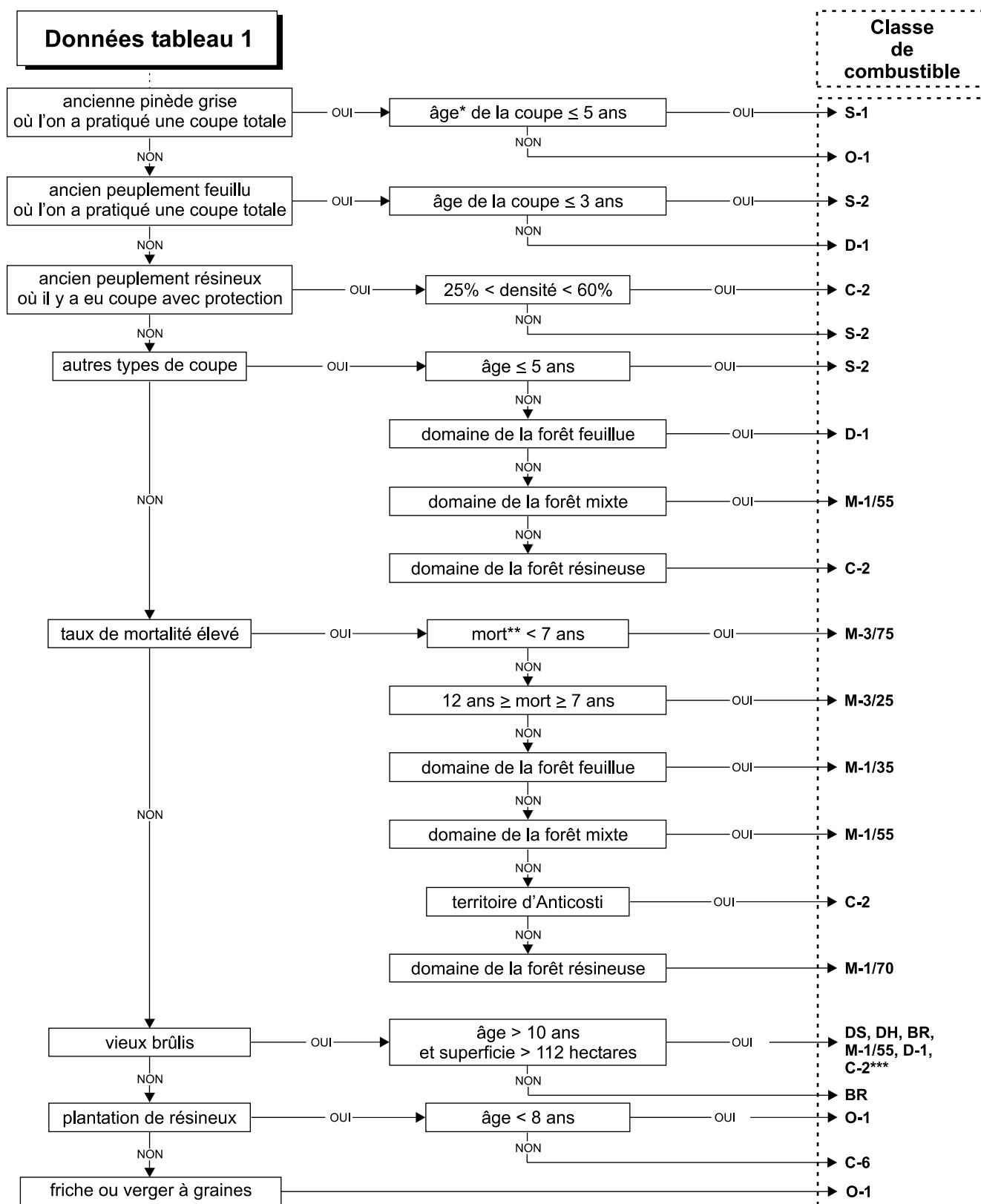


Tableau 1.2 : Terrain forestier productif en régénération à couvert indéterminé



* âge: nombre d'années ou période écoulée depuis la dernière perturbation autre qu'une infestation d'insectes

** mort: nombre d'années qui se sont écoulées depuis qu'une épidémie d'insectes a dévasté un peuplement.

*** Cette classification n'est pas conforme aux règles habituelles; elle résulte de l'interprétation d'images satellitaires.

Tableau 1.3 : Terrain forestier productif avec mortalité

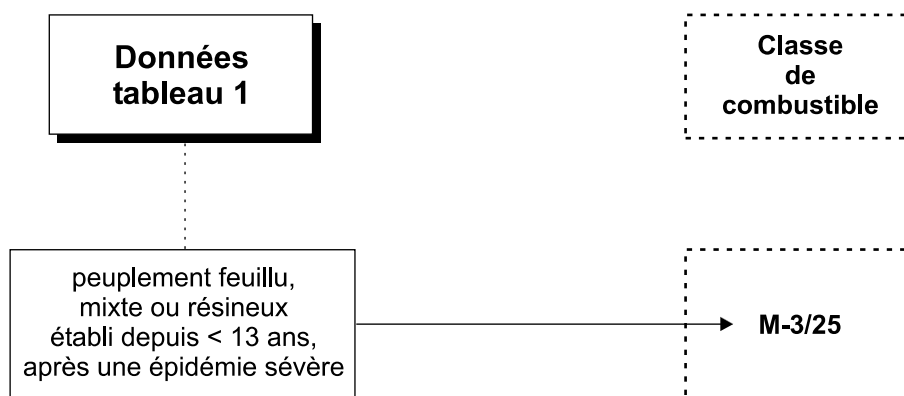
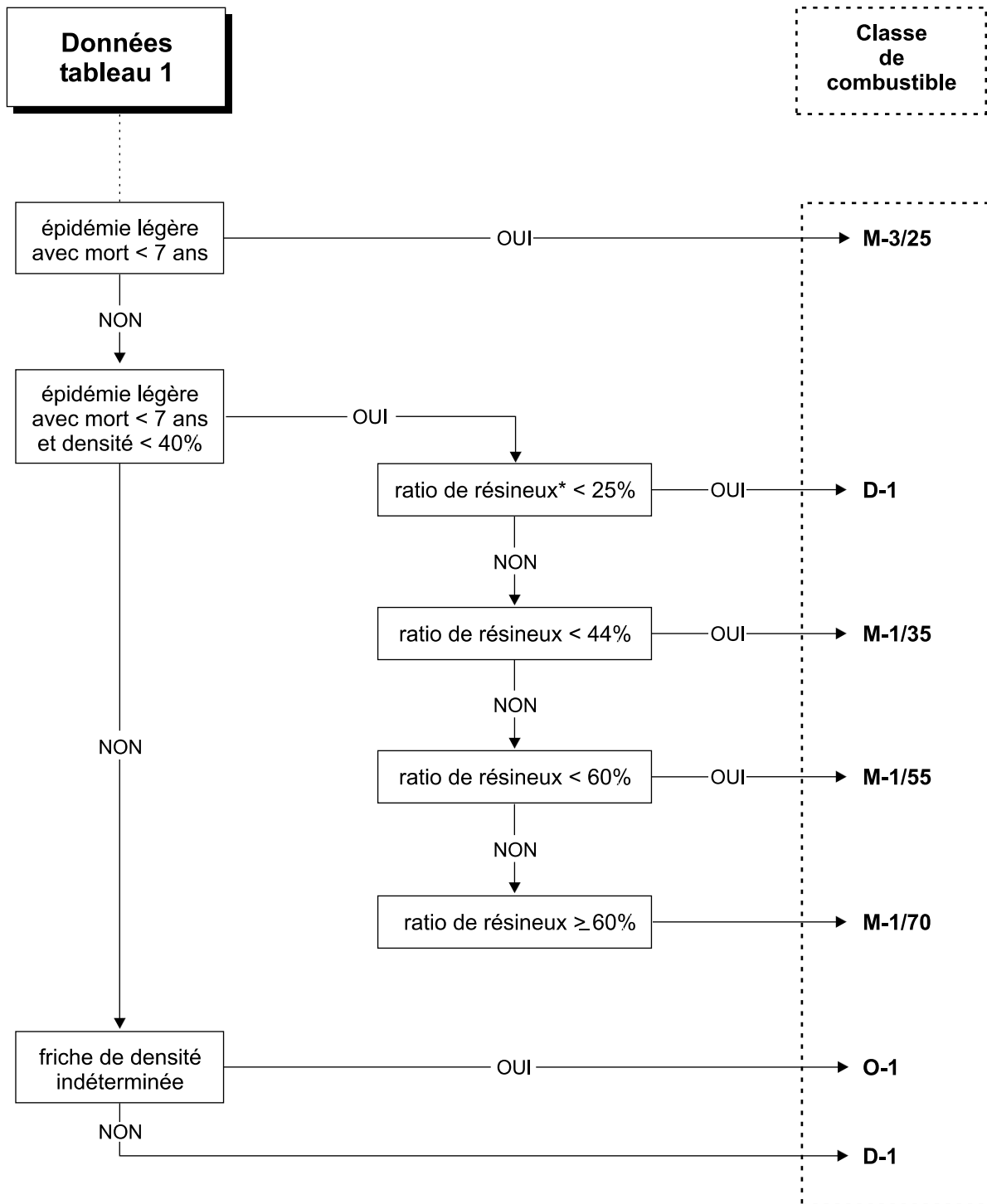


Tableau 1.4 : Terrain forestier productif à couvert feuillu



* ratio de résineux: nombre de tiges résineuses par rapport au nombre de tiges totales

Tableau 1.5: Terrain forestier productif à couvert mixte

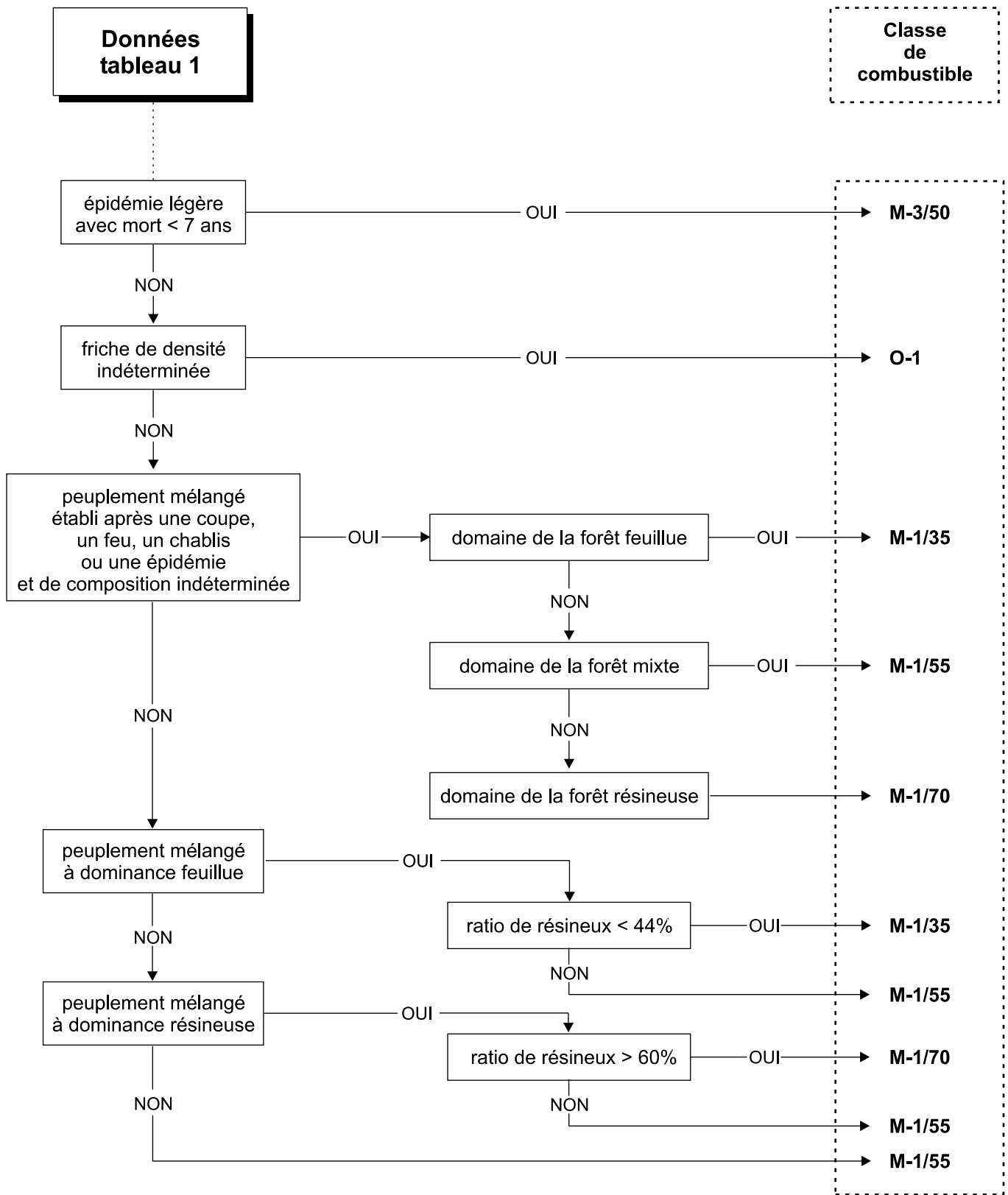


Tableau 1.6A : Terrain forestier productif à couvert résineux

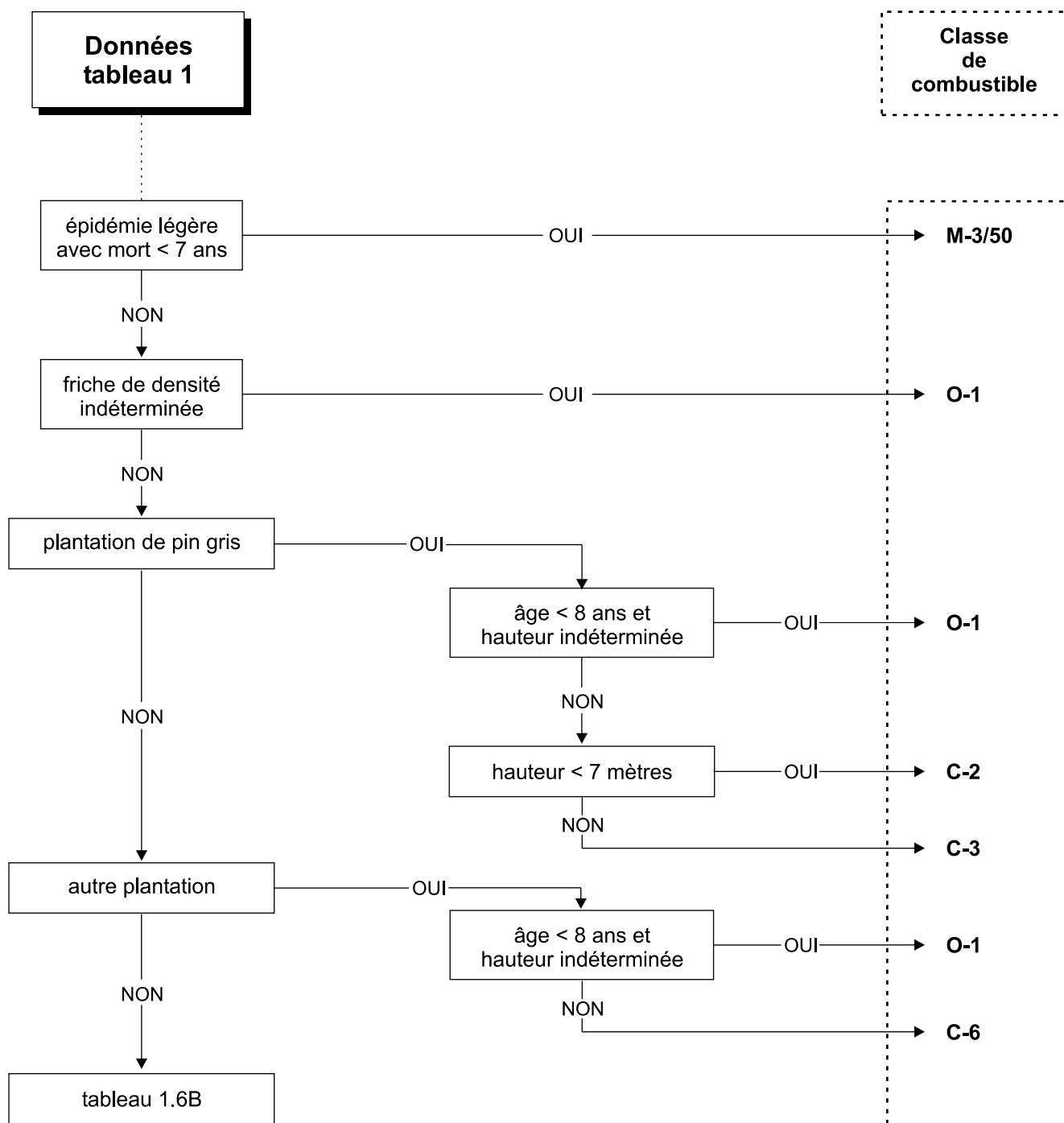
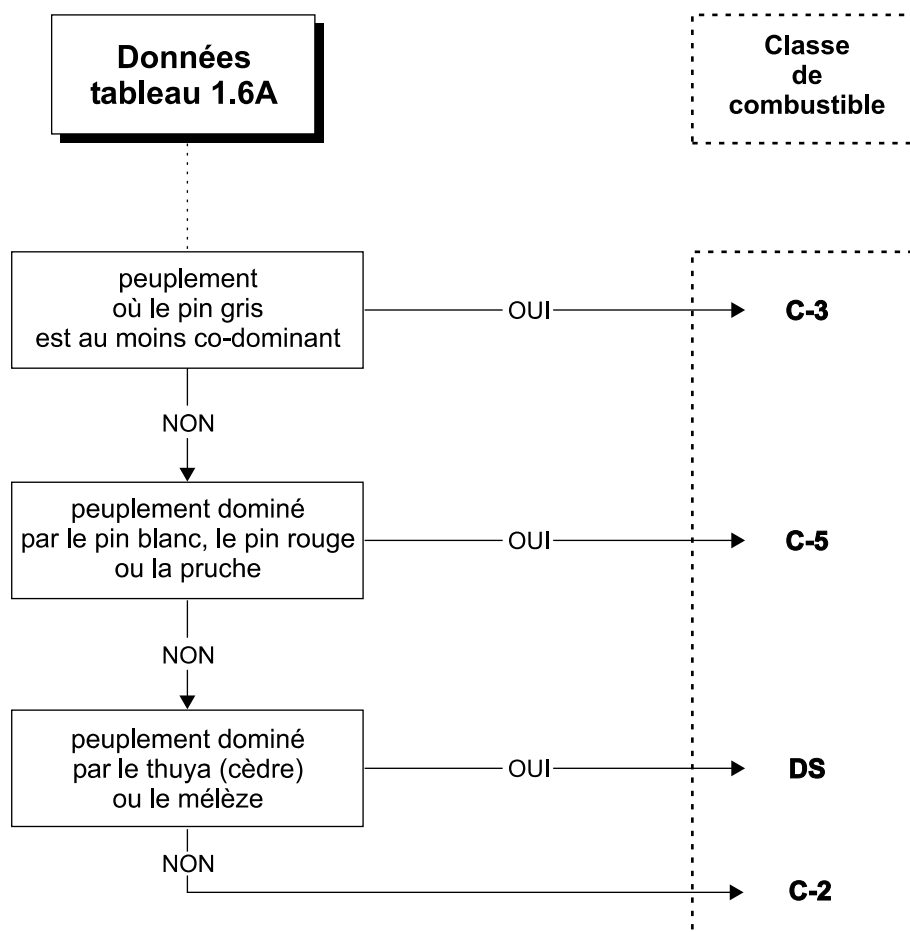


Tableau 1.6B : Terrain forestier productif à couvert résineux



8. RÉSULTATS ET STATISTIQUES

La classification des peuplements permet de représenter les combustibles forestiers disponibles à l'échelle du Québec (figure 3). La situation peut être modifiée par les perturbations d'origine anthropique ou naturelle : coupe, plantation, brûlis, chablis, etc. La mise à jour de la base de données forestières est temporairement interrompue pour permettre la mise en place du système

d'inventaire écoforestier. Le portrait tient toutefois compte des perturbations récentes provoquées par les grands feux et les épidémies d'insectes.

La figure 3 et le tableau 2 résument les résultats obtenus à l'échelle du Québec.

Tableau 2 : Superficies occupées par les combustibles forestiers au Québec en 2001

<u>CLASSES DE COMBUSTIBLE</u>	<u>NOMBRE DE TESSELLES</u>	<u>SUPERFICIE (ha)</u>
<u>Combustibles définis dans la MCPCI</u>		
C-2	2 011 128	27 752 826
D-1	462 793	6 755 079
M-1/55	395 998	5 718 675
M-1/70	243 562	3 467 802
C-3	197 870	2 747 936
M-1/35	113 936	1 665 599
O-1	58 358	847 207
C-6	32 558	467 826
S-2	13 179	184 666
C-5	8 089	119 661
M-3/25	3 443	49 021
M-3/50	3 401	46 375
S-1	1 783	25 348
M-3/75	470	6 421
Sous-total	3 546 568	49 854 442
<u>Combustibles non définis dans la MCPCI</u>		
DS	463 587	6 269 694
BR	211 830	2 868 753
Sous-total	675 417	9 138 447
<u>Non combustibles</u>		
EA	499 253	6 922 466
DH	445 807	6 131 387
AU	260 391	3 813 184
Sous-total	1 205 451	16 867 037
TOTAL	5 427 436	75 859 926

9. CONCLUSION

Depuis 1994, la classification des combustibles a beaucoup progressé au Québec. Plus de 90 % des peuplements ont été validés et nous les avons classés conformément aux règles établies. La classe C-2 est la plus complexe en raison, à la fois, de la grande variété de peuplements qu'elle englobe et des superficies immenses en cause. En fait, à cause des limitations de la MCPCI, nous sommes forcés d'y ranger 38 % des peuplements qui croissent au Québec.

Au fil des ans, nous avons amassé une collection de photographies, aériennes et terrestres, qui illustrent les différentes classes de combustibles se retrouvant sur le territoire québécois. Ces photographies s'avèrent de précieux outils pédagogiques et nous nous en servons pour transmettre nos connaissances aux intéressés.

Par ailleurs, c'est le système SIFORT qui nous sert présentement de base de référence. Or, ce système s'enrichira des données cueillies dans le cadre du troisième programme d'inventaire, qui se terminera sous peu. Nous pourrions alors améliorer notre classification des combustibles, puisque ce dernier inventaire comporte un important volet écologique et tient compte, notamment, du régime hydrique, du type de dépôt et des cladonies.

La méthode de classification dont il est fait état dans ce document est en constante évolution. Nous sommes toujours à l'affût de nouvelles données qui nous permettront de préciser ou de modifier nos choix afin d'améliorer la classification des peuplements forestiers en tant que combustibles.

10. BIBLIOGRAPHIE

- Bernier, Geo.-H. 1948. *Manuel de protection des forêts contre le feu*. Québec, 223 p.
- Boulet, Bruno. 1995. *Épidémiologie des principaux insectes forestiers* (en préparation). Québec, ministère des Ressources naturelles du Québec.
- Dorais, Paul, Bruno Vallée, Yvon Fortin et Peng-Chea Im. 1991. *Performance des plantations établies dans les forêts publiques du Québec entre 1980 et 1989*. Québec, ministère des Forêts, Service des techniques d'intervention forestière, 91 p.
- Morissette, Jacques. 1995. **L'« ensapinage » des pes-sières de la forêt boréale québécoise : conséquence de la protection contre le feu ?** Québec, *L'Aubelle*, n° 106, février 1995, 27 p.
- St-Onge, Jacques. 1993. *Rapport sur le classement des combustibles* (non-publié). Québec, Société de conservation du Sud du Québec.
- Thibault, M. 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional*. Carte couleur à l'échelle 1 / 1 250 000. Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche forestière et Service de la cartographie.
- Groupe de travail sur les dangers d'incendie. 1992. *Élaboration et structure de la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt*. Ottawa, Forêts Canada, 68 p., rapport d'information ST-X-3 F.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 1984. *Normes d'inventaire forestier*. Québec, 177 p.
- Ministère des Forêts. 1991. *Le troisième programme de connaissance de la ressource forestière (inventaire forestier)*. Québec, Service de l'inventaire forestier, 17 p.

