



ARNEWS Annual Report 1992

Rapport annuel 1992 sur le DNARPA

ARNEWS Informe Anual 1992

J. Peter Hall

Canadian Forest Service / Service canadien des forêts

Information Report / Rapport d'information / Informe ST-X-7



Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Canada

Forestry Canada is now called the Canadian Forest Service and forms part of a new federal department entitled Natural Resources Canada.

Forêts Canada se nomme de nouveau Service canadien des forêts et fait partie d'un nouveau ministère fédéral appelé Ressources naturelles Canada.

Forestry Canada ahora se llama el Canadian Forest Service y forma parte de uno nuevo ministro federal llamado Natural Resources Canada.



Imprimido en Canadá

Imprimido con papel reciclado

ARNEWS Annual Report 1992
Rapport annuel 1992 sur le DNARPA
ARNEWS Informe Anual 1992

Compiled by/Compilation par/Preparado por

J. Peter Hall
Science and Sustainable Development Directorate/
Direction des sciences et du développement durable

in cooperation with officers of the Forest Insect and Disease Survey/
avec la collaboration des agents du Relevé des insectes et des maladies des arbres:

G. A. Van Sickle, R. Turnquist
Pacific and Yukon Region / Région du Pacifique et du Yukon

H. F. Cerezke
Northwest Region / Région du Nord-Ouest

A. Hopkin
Ontario Region / Région de l'Ontario

S. D'Eon
Petawawa National Forestry Institute / Institut forestier national de Petawawa

P. Desrochers, D. Lachance
Quebec Region / Région du Québec

L. P. Magasi
Maritimes Region / Région des Maritimes

W. Bowers
Newfoundland and Labrador Region / Région de Terre-Neuve et du Labrador

Information Report / Rapport d'information / Informe
ST-X-7

Published by/Publié par/Publicado por

Canadian Forest Service / Service canadien des forêts
Science and Sustainable Development Directorate/
Direction des sciences et du développement durable
Ottawa, 1993

Forestry Canada

Forestry Canada is the main focus for forestry matters in the federal government. It provides national leadership through the development, coordination, and implementation of federal policies and programs to enhance long-term economic, social, and environmental benefits from the forest sector for Canadians.

Forestry Canada is a decentralized organization with six regions, two national research institutes, and seven regional sub-offices located across Canada. Headquarters is located in the National Capital Region in Hull, Quebec.

In support of its mandate, Forestry Canada carries out the following activities:

- administers forest development agreements negotiated with the provinces
- undertakes and supports research, development, and technology transfer in forest management, utilization, and environment
- compiles, analyzes, and disseminates information about national and international forest resources and related matters
- monitors disease and insect pests in Canada's forests
- provides information, analyses, and policy advice on economics, industry, markets, and trade related to the forest sector
- promotes employment, education, and training opportunities in the forest sector
- promotes public awareness of all aspects of the forest sector.

Forestry Canada interacts regularly with provincial and territorial governments, industry, labor, universities, conservationists, and the public through such bodies as the Canadian Council of Forest Ministers, the Forest Sector Advisory Council, the Forestry Research Advisory Council of Canada, the Canadian Forest Inventory Committee, the Canadian Committee on Forest Fire Management, the Canadian Interagency Forest Fire Centre, and regional consultative committees. Forestry Canada is also active in international forestry agencies such as the International Union of Forestry Research Organizations and the Food and Agriculture Organization, as well as in technical and trade missions.

Forêts Canada

Forêts Canada est l'organisme principal en matière de foresterie à l'intérieur du gouvernement fédéral. Chef de file sur le plan national, il assure la préparation, la coordination et la mise en œuvre des politiques et des programmes fédéraux dans le but d'améliorer les avantages économiques, sociaux et environnementaux à long terme offerts aux Canadiens par le secteur forestier.

Forêts Canada est une organisation décentralisée: six régions, deux instituts de recherche nationaux ainsi que sept sous-bureaux régionaux sont répartis dans tout le Canada. L'administration centrale est établie dans la région de la Capitale nationale, à Hull (Québec).

Pour remplir son mandat, Forêts Canada assume les tâches suivantes:

- il administre les accords de développement forestier conclus avec les provinces
- il entreprend et appuie la recherche, la mise au point et le transfert technologique dans le domaine de la gestion, des normes d'utilisation et de l'environnement des forêts
- il rassemble, analyse et diffuse de l'information sur les ressources forestières nationales et internationales et les domaines connexes
- il fait des relevés des maladies et des insectes ravageurs des forêts canadiennes
- il fournit de l'information, des analyses et des conseils (quant aux politiques) concernant l'économie, l'industrie, les marchés et le commerce reliés au secteur forestier
- il favorise les occasions d'emploi et de formation universitaire et technique dans le secteur forestier
- il encourage les Canadiens à prendre conscience de tous les aspects du secteur forestier.

Forêts Canada entretient des rapports sur une base régulière avec les gouvernements provinciaux et territoriaux, l'industrie, le monde du travail, les universités, les environnementalistes et le public par l'entremise d'organismes comme le Conseil canadien des ministres des forêts, le Conseil consultatif du secteur forestier, le Conseil consultatif de la recherche forestière du Canada, le Comité de l'Inventaire des forêts du Canada, le Comité canadien de la gestion des incendies de forêt, le Centre interservices des feux de forêt du Canada et des comités consultatifs régionaux. Forêts Canada joue également un rôle actif dans des organismes internationaux de foresterie comme l'Union internationale des instituts de recherches forestières et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, de même qu'au sein de délégations de nature technique ou commerciale.

Contents / Table des matières / Indice

ARNEWS Annual Report 1992.....	1
Rapport annuel 1992 sur le DNARPA.....	13
ARNEWS Informe Anual 1992.....	29
Figures / Figuras 1–11	45

©Minister of Supply and Services Canada 1993
Catalogue No. Fo29-33/7-1992
ISBN 0-662-59907-1
ISSN 0705-324X

Copies of this publication may be obtained free of charge from:
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ottawa, Ontario
K1A 1G5

A microfiche edition of this publication may be purchased from:
Micromedia Ltd.
Place du Portage
165 Hôtel-de-Ville Street
Hull, Quebec
J8X 3X2

Editing and production: Paula Irving
Layout: Steven Blakeney, Francine Langevin

Cataloguing in Publication Data

Canada. Forestry Canada. Science and
Sustainable Development Directorate

ARNEWS annual report = Rapport annuel ... sur
le DNARPA = ARNEWS informe anual

1990-
Annual
[Information report; ST-X-7]
Text in English, French and Spanish.
ISSN 1188-2891 = ARNEWS annual report.
Catalogue No. Fo29-33/7-1992

1. Forest conservation — Canada. 2. Acid
rain — Canada. 3. Air — Pollution — Canada.
I. Title. II. Title: Rapport annuel...sur le DNARPA.
III. Title: ARNEWS informe anual.
IV. Series: Information report
(Canada. Forestry Canada); ST-X-7.

SD414.C32 1993 634.9'619'0971

ARNEWS Annual Report 1992

Contents

Acknowledgments	1
Abstract	1
Introduction.....	1
Methods	4
The Health of Canada's Forests	5
Discussion and Conclusions.....	11
Selected Bibliography	11

Acknowledgments

ARNEWS was conceived and developed and is carried out by Forestry Canada staff across the country. This collaborative effort extends to the production of this report which has been prepared from several reports and analyses. The author wishes to acknowledge the assistance of Caroline Cook of the Science and Sustainable Development Directorate who prepared the illustrations for the report.

The Forest Insect and Disease Survey (FIDS) plays a leading role in managing ARNEWS through its field, laboratory, analytical, and management staff. ARNEWS is part of Forestry Canada's Long Range Transport of Atmospheric Pollutants (LRTAP) program and is linked to Canada's Green Plan through the department's "Partners for Sustainable Development in Forestry" program.

Abstract

Forestry Canada's Acid Rain National Early Warning System (ARNEWS) has been in place since 1984 to detect early signs of damage to Canadian forests and to monitor changes in forest vegetation and soils. ARNEWS plots are established and assessed by the Forest Insect and Disease Survey (FIDS) of Forestry Canada. The role of FIDS in ARNEWS is to identify all types and degrees of forest damage, separating damage caused by natural factors such as insects, diseases, and weather, from anthropogenic factors such as management practices and air pollution. The health of 18 conifer and 9 hardwood species across Canada, including areas known to receive some of the highest levels of atmospheric pollution in Canada, is described. There has been no indication of a large-scale decline in the health of our forests. In addition, few symptoms of pollution were observed and where pollution-like symptoms were noted, they were accounted for by natural factors. An exception occurs in the Bay of Fundy area of New Brunswick where extensive dieback on birch is coincident with the presence of acid fog and ozone.

Introduction

Canada's forests are a valuable economic and sociological resource whose sustainability is essential to our well-being. Concerns about forest health in the face of environmental change led Forestry Canada (then the Canadian Forestry Service) to establish the Acid Rain National Early Warning System

(ARNEWS) in 1984. This national biomonitoring network was designed to detect early signs of the effects of acid rain on Canada's forests to enable action to be taken to forestall anticipated damage. The term "acid rain" is used to encompass all forms of air pollution—wet and dry deposition of sulfates (SO_x), nitrates (NO_x), gaseous pollutants (ozone, O_3); and airborne particles.

ARNEWS uses a common set of measurements taken on permanent sample plots established by Forestry Canada's Forest Insect and Disease Survey (FIDS) to assess forest health. Data collected are supplemented by the results of other surveys and investigations by FIDS and its cooperating agencies. The strategy of the ARNEWS program is to detect early signs of damage to forest trees and soils that may have been caused by acid rain by isolating damage attributable to natural causes or management practices, and to monitor the long-term changes in vegetation and soils attributable to acid deposition and other pollutants. Because the symptoms of air pollution damage are not highly specific, they frequently resemble damage from other causes. The experience of FIDS field technicians trained to distinguish these symptoms from abnormal climatic conditions, nutrient deficiencies, and the effects of insects and diseases is crucial in the separation of the effects of normal forest damage from those of air pollution.

Plots were established across Canada in representative forest ecosystems with emphasis on the commercially important tree species and in areas of known acid deposition. ARNEWS was designed to assess all forest types, but species that occur sporadically, despite having high public interest or visibility, such as oak (*Quercus* sp.), elm (*Ulmus* sp.), hickory (*Carya* sp.), or walnut (*Juglans* sp.), are poorly represented. Other forest types that are underrepresented include the northern hardwoods and some forest types in British Columbia. Additional plots planned for establishment in 1993 are expected to complete the system.

Reporting of results began in 1991 and concluded that there was no evidence of large-scale decline in the health of Canadian forests, although it was possible that trees had been weakened or stressed by air pollution and that this stress was not apparent. Subsequent results have generally confirmed that view.

Air pollution has subtle effects on tree physiology or soil chemistry and the symptoms may be masked by the effects of natural conditions. Many trees assessed as part of ARNEWS have been stressed by weather conditions, insects, diseases, and other normal features of forest ecosystems. Individual

trees are altered by stress, however, and become susceptible to insect and disease organisms that attack and may kill them. Usually forest ecosystems are not permanently damaged and recover to a state resembling their original condition. It is usually the interaction of several abiotic and biotic factors that produces an unhealthy forest, rather than the effect of a single factor. It is in this context that ARNEWS data are interpreted.

Results to date show that mortality was generally in the normal range of 1–2% and was attributed to natural factors. Detailed descriptions of the major Canadian tree species showed that nearly all damage was due to identifiable stresses. An early warning system to detect and monitor conditions remains an essential part of our commitment to the sustainability of Canada's forests. This is the third in the series of annual reports on the health of Canada's forests and synthesizes the results of the 1992 measurements.

❖ Stress and Decline in Forests ❖

There are many stresses acting on trees from the time they germinate as seedlings to the time they die. Forest trees are biologically diverse organisms and have adopted various protection strategies to cope with stress. Forest ecosystems seldom are permanently damaged from stress, except in severe cases when the ecosystem is driven beyond its tolerance. Then it stabilizes at a different level or declines and degrades completely.

In forests, more trees die from direct competition than all other stresses combined, a factor that causes about 2% mortality annually in younger stands. As the stands age, natural thinning is completed and the rate of mortality decreases. This is considered the "normal" mortality in forests. Natural competition occurs when trees compete for growing space, solar radiation, water, or essential nutrients. This type of stress is less common in intensively managed stands or plantations than in natural forests because stocking density is controlled.

There are other stresses affecting forest health including insects and diseases, climate stresses (drought, storms, extremes of heat and cold, mechanical damage by ice and snow), and exposure to sea salt and chemicals. Natural chemical stresses such as deficiencies in nutrients (nitrogen) or excesses of toxic soil chemicals (aluminum) also stress forests. These factors often increase annual mortality above the 2% level.

Forest decline is a result of these stresses. Decline is a progressive loss of vigor and health, caused by an interaction of biotic and abiotic factors

to produce a gradual, general deterioration. Decline is also considered a progressive response, beginning with dieback and ending with mortality as the stress increases. Forest declines generally occur in mature trees, show a wide range of symptoms, and occur over extensive areas. Large-scale forest declines in Europe are thought to have been triggered by drought or frost, but it is also believed that many years of accumulating pollutants stressed these forests. Trees are altered by primary attack from insects and diseases, and when a tree is damaged its physiological state is altered. At this point it is susceptible to facultative organisms, ones that would either not affect the tree nor seriously damage it unless it were previously weakened. Combinations of stresses such as attacks by insects or diseases and exposure to air pollution are more damaging than single ones. Trees have developed natural defenses against other living stresses such as defoliators and bark beetles. They respond to these by decreasing the palatability of their leaves or by flooding tissues with resin.

The causes of forest declines are seldom clear. A forest with dieback on a large scale affecting one or more species is usually quite obvious, but less obvious is the cause or group of causes. In eastern Canada, a dieback and decline sequence occurred in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britt.) beginning about 1935; by 1947, it was widespread over many site types. Various insects and diseases and aberrant weather conditions were suggested as causes but no single hypothesis could be developed to account for the decline. Since approximately 1950, there has been a gradual and unexplained recovery from the decline.

Declines of conifers in western Canada, in yellow cypress (*Chamaecyparis nootkatensis*) in 1900 and western white pine (*Pinus monticola*) in 1936 were similarly widespread and destructive. Here the causes of decline could not be related to specific stresses although weather was suspected. No data were available on pollution levels during these periods, so it is not possible to relate pollution levels to decline symptoms.

To protect our forests we monitor regularly to detect disorders and incipient stress, especially in the context of changing pollutant levels and varying climatic events. This serves as an early warning system and a check on the adequacy of control measures.

❖ Leaf Spots ❖

Several organisms affect the foliage of hardwoods and softwoods. The symptoms are spots or blotches

or some discoloration of the leaf surface. Leaf spots may be caused by fungi, bacteria, insects or mites, or by atmospheric pollutants. The damage is obvious and may seriously affect tree health. The forest health monitoring system of ARNEWS records and measures the incidence of this type of damage and the causal organisms.

These organisms seldom kill trees, although they do induce premature leaf shedding and may reduce growth rates. Younger trees tend to be more susceptible to damage than older ones. Outbreaks of needle casts, blights, etc. fluctuate greatly from year to year, depending largely on weather conditions that govern production of spores and their release and germination. Hardwoods get new leaves annually and the problem may disappear. However, defoliation or foliage damage particularly at the peak of the growing season coupled with subsequent refoliation drains the trees' reserves and can result in growth reduction and branch dieback. The appearance of discolored and disfigured leaves also reduces the aesthetic value of the trees. Some of the symptoms, particularly the discoloration, browning, and curling of leaves, are similar to damage caused by air pollutants. To date, our surveys of Canadian forests indicate that most of the foliage damage is caused by fungi. The browning of birch near the Bay of Fundy, however, may be an exception.

Tar Spots

Tar spots on maple are common on the leaves of sugar or red maple; the most characteristic symptoms are brown and black spots that resemble tar and range from pinhead size to about 1 cm across. The disease is caused by the fungus *Rhytisma* sp. The pathogen may induce premature defoliation if the outbreak is severe. Most of the spots induced by biotic agents appear in late spring or early summer.

Ink Spots on Aspen

These are commonly found on aspens (except largetooth aspen) and are caused by several fungi including *Ciborinia whetzelii*, *C. bifrons*, and *Marssonina* spp. The spots are brown when they mature, circular to ellipsoid, 2–8 mm across, and drop from the leaves in summer leaving holes to match the shape of the spot. This disease occasionally causes serious damage to individual trees.

Anthracnose of Leaves

This is common on oaks, maples, birches, and alders and is caused by *Gnomonia veneta*. It usually appears during wet weather at bud break. Symptoms consist of brown spots along the leaf veins which enlarge into areas of dead or necrotic leaf tissues. If severe the disease may kill the leaf and small shoots but not severely damage the tree.

Powdery Mildews

These are caused by a group of fungi belonging to the genera *Erysiphe*, *Phyllactinia*, *Uncinula*, and *Microsphaera*. Symptoms consist of a white superficial, cobweb-like growth usually on both leaf surfaces. The damage is usually slight but obvious to the casual observer. Mildews are most commonly seen on willow, poplar, oak, alder, maple, elm, and on a few herbaceous weeds and shrubs.

Sooty Molds

Sooty molds are found on a wide variety of hardwoods. They occur as sooty growths or crusts in isolated patches covering the leaf. They often follow attack by aphids and scale insects; as opportunistic fungi, they feed on the exudations of the damaged leaves. These molds are unsightly but not damaging.

Leaf Rusts

These too damage the leaves of a variety of conifers and hardwood species especially poplars, willows, oaks, serviceberries, hawthorns, and mountain ash. Leaf rusts are caused by a group of fungi, known as rust fungi, and result in a range of colors on the leaves, yellow to golden yellow, orange, reddish-yellow, etc. These rusts seldom cause serious damage although they reduce growth.

Blight of Conifers

Snow blights are caused by *Phacidium infestans* or similar forms and are commonly found on the spruces and balsam fir. Damage is usually severe only in nurseries. They attack foliage under the snow, giving the affected foliage a glaucous brown color. Needle casts and blights are also common and are caused by several species of fungi. The most common ones belong to the genera *Lophodermium*, *Rhabdoctine*, *Lophodermella*, *Lirula*, *Isthmiella*, and

Bifusella. The blights seldom cause serious damage to trees but the needle casts may do so.

These are only some of the more common forms of leaf damage; hundreds of such fungi and insects damage tree leaves. The majority of them are not significant to the health of the tree, although they do alter its appearance.

Methods

ARNEWS consists of 103 permanent sample plots located in all 10 provinces (Fig. 1). (Figures 1–11 follow the Spanish version in this report.) Further details are available on plot establishment, assessment procedures and plot descriptions in D'Eon and Power (1989) and Magasi (1988).

Parameters measured annually, at 5-year intervals, or more frequently as required are as follows:

- A. Annual assessments
 - 1. Tree mortality
 - 2. Tree condition
 - 3. Acid rain symptoms
- B. Every 5 years
 - 1. Radial growth
 - 2. Vertical growth
 - 3. Crown structure and density
 - 4. Foliage nutrients
 - 5. Soil chemistry
- C. One or more assessments per growing season
 - 1. Acid rain symptoms
 - 2. Insect and disease conditions
 - 3. Seed production (optional)

The trees in the plots are assessed visually; sampling and detailed measurements requiring hand-held branch samples are made on off-plot trees to ensure that trees in the plot are not disturbed. Measurements reported here are tree mortality, tree condition, and the type and degree of foliar damage, including any symptoms of air pollution. Possible symptoms of air pollution were compared with known symptoms of emission toxicity on vegetation.

The health of conifer crowns is assessed as the percentage of foliage missing, for whatever reason, from the "normal" foliage complement of the tree. This takes into account the natural loss of needles as a twig matures. The retention of needles by conifers is measured as the percentage of a full complement for each age-class (twig internode) represented on the branch. The crown condition classification in hardwoods integrates foliage loss with the proportion of dead twigs and branches in the crown.

Tree condition classification for conifers:

- 1 = Healthy and no defoliation.
- 2 = Healthy and only current defoliation.
- 3 = Current and some older foliage damaged, but total defoliation less than 25%.
- 4 = 26–50% total defoliation.
- 5 = 51–75% total defoliation.
- 6 = 76–90% total defoliation.
- 7 = More than 90% total defoliation.
- 8 = Dead (since last measurement).
- 9 = Dead.

Tree condition classification for hardwoods:

- 1 = Normal healthy tree.
- 2 = Foliage thin, off-color, particularly in the upper crown, no bare twigs or branches.
- 3 = Dead twigs present but no dead branches. Dead twigs occur at the ends of the branches, usually in the top of the crown about 0.5 – 1.0 m from the edge of the crown. In this and subsequent categories, the foliage is usually, but not necessarily, weak.
- 4 = Dead branches present on up to 25% of the crown.
- 5 = Dead branches present on up to 50% of the crown.
- 6 = More than 50% of the crown is dead but some living branches still present on the tree.
- 7 = More than 50% of the crown is dead. No living branches present except small adventitious ones, usually at the base of the crown or on the stem.
- 8 = Newly dead or dying.
- 9 = Dead.

Most ARNEWS plots are located in semimature, natural forests, where the number of trees would normally be expected to decline because of competition as the stand matures. Mortality greater than 2% often reflects the effects of stress, such as significant insect defoliation, drought, or windstorms. The distribution of tree frequency over a range of crown conditions typically shows a reduction in the number of trees from healthy to less healthy classes and an increase in numbers of trees that die from competition.

Insects and diseases are identified and their levels of damage are determined from trees adjacent to the plot. Tree condition ratings, however, are based on trees within the plot. Observations are made during the field season, if possible to coincide with the life stages of the different groups of organisms. Plots are always assessed at the same time of year to reduce variation due to time of assessment.

This report describes observations made on 18 conifers and 9 hardwoods. The species described in the text are those that have at least 10 individuals within the plot. The conifers are eastern white pine, jack pine, lodgepole pine, red pine, tamarack, black spruce, Engelmann spruce, Norway spruce, red spruce, hybrid spruce, Sitka spruce, white spruce, western hemlock, Douglas-fir, alpine fir, amabilis fir, balsam fir, and western red cedar. The hardwoods are largetooth aspen, trembling aspen, white birch, yellow birch, American beech, red oak, black cherry, red maple, and sugar maple.

The Health of Canada's Forests

A description of the health of individual species follows. For each species, mortality, tree condition, and causes of symptoms are described. Damage on foliage that is symptomatic of air pollution or that could be confused with air pollution is noted. As expected, a variety of conditions was observed among plots and regions because of the variation in natural conditions. Hence a strict comparison of tree condition among plots is not always appropriate; rather, trends within a plot, intraregional comparisons, and overall levels of condition are more likely to provide the necessary insights into forest health.

Eastern White Pine (*Pinus strobus* L.)

Eastern white pine is found in significant numbers on one plot in Nova Scotia, one in Quebec, and two in Ontario.

No white pine trees died in 1992; average mortality for the species during the measurement period was 1.0%, well within the normal rate of natural thinning.

Condition of the crowns of white pine is also good. In the Maritimes, tree condition has improved with over 80% in class 3 or better. Almost all current and 1-year-old needles were retained but only an average of 35% of 2-year-old needles was present at the August assessment. In Ontario, tree condition was similar to that in 1991; overall 60% of the trees had some dieback (classes 1-3) and 30% of trees were in class 4.

In the Maritimes, some foliage damage was observed at trace levels. There were no abiotic symptoms in 1992. In Quebec, no major changes occurred during 1992. Most of the trees were in condition class 4 as a result of reduced needle retention on third-year shoots. No blister rust has

been observed on the trees. In Ontario, there has been no insect defoliation since plot establishment; however, white pine blister rust has affected the younger trees.

Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.)

Jack pine is found in significant numbers on one plot in New Brunswick, seven in Ontario, three in Manitoba, and one in Saskatchewan.

No mortality was recorded in plots in the Maritimes and Northwest regions in 1992; in Ontario, six trees died, three from blowdown-related damage and three from natural thinning. The average rate of mortality in the Maritimes from 1984 to 1992 is 2.2%. Two trees that died in 1991 in Manitoba had been damaged by armillaria root rot (*Armillaria* sp.). Overall, jack pine mortality was much less than in 1991.

In the Maritimes, most jack pine trees are in good shape (66% in class 3) reflecting an increase in needle retention caused by reduced insect damage since 1990. However, the trees with more damage to the crowns (class 4) are slowly dying, and although there was no mortality in 1992, this can be expected to increase. There was excellent retention of needles in the current and 1- and 2-year-old classes. More than half of the 3-year-old needles were retained and even a fifth (18%) of 4-year-old needles were present when the trees were assessed in August. Needle retention of all age-classes was therefore higher than in 1991 and is reflected in the improvement of many trees changing from class 4 to 3.

In Ontario, overall tree condition improved since 1989 with 90% of dominant/codominant trees having no crown dieback. In the Northwest Region, in the plot in west-central Saskatchewan, there was a slight increase in the frequency of heavily defoliated trees, in classes 6 and 7.

In the Maritimes, foliar damage was minimal on trees. No insect or disease damage was observed in 1992 and only a minimal amount of abiotic damage was recorded. In Ontario, only trace levels of insect defoliation were reported on the plots from 1987 to 1991 with no defoliation reported in 1992. Gall rust and pine needle rust occurred on only one plot at trace levels. In the Northwest Region, average needle retention for the past 4 years of shoot growth was normal. The most common damage agent recorded in 1992 was western gall rust, *Endocronartium harknessii* (J.P. Moore) Y. Hiratsuka, affecting branches on about one-third of the sampled trees. The impact of these branch galls on the health of the trees is minor when at low levels. Some minor cone

and branch injury was caused by red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus* Erxleben).

Lodgepole Pine (*Pinus contorta* Dougl.)

Lodgepole pine occurs in significant numbers on three plots in Alberta, one in British Columbia, and in lesser numbers on a second plot in British Columbia.

There was no mortality in the British Columbia plots in 1992. In Alberta, two trees died, an annual rate of less than 1%. *Armillaria* root rot (*Armillaria* sp.) contributed to the death of one tree and a severe infection of *atropellis* canker, *Atropellis piniphila* (Weir) Lohman & Cash, and western gall rust killed the other. Decline symptoms occurred on several trees.

Trees were generally in good condition on all plots in Alberta with about 85% in the healthiest classes (1–3) with some improvement since 1990 (Fig. 2). Average needle retention within the past 3–4 years was normal. Western gall rust infected 47%, 26%, and 2% of trees, and *atropellis* canker 3%, 82%, and 19% on the same three plots. A low incidence of tar spot needle cast, *Davisomycelia ampla* (J. Davis) Darker, and a pitch twig moth, *Petrova* sp., were observed causing low levels of injury. In British Columbia, most trees were healthy with a full complement of normal foliage, except for three trees in one plot with 26–50% defoliation, caused by a needle cast, *Lophodermella concolor* (Dearn.) Darker.

Red Pine (*Pinus resinosa* Ait.)

Red pine occurs in significant numbers on one plot in Quebec. No mortality has occurred since plot establishment. Tree condition has been declining since 1987. By 1991, 93% of trees were in class 4, and there was an improvement in 1992 (Fig. 3). Retention of 2–4-year-old needles was lower in 1992 than previously. Causes of the decline in tree condition included drought, shallow soils, tree age (trees average 110 years old), insects, mites, and diseases. Foliar damage increased from trace levels in 1991 to light in 1992.

Tamarack (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch)

Tamarack occurs in significant numbers on one plot in New Brunswick. No mortality occurred in 1992. Only one tree has died since plot establishment, an average rate from 1984 to 1992 of 0.5%. A

gradual deterioration of trees is continuing with a third of the trees in class 3 and the proportion of trees in classes 4–6 are increasing. All plot trees have been infected with European larch canker (*Lachnellula willkommii* [R. Hartig] Dennis) which is causing the deterioration in tree condition. Branch and twig mortality, present in 1991, is continuing. No other damage to foliage from diseases was observed in 1992, although there were trace amounts of insect and abiotic damage.

Black Spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.)

Black spruce is found in significant numbers on three plots in Newfoundland, two in New Brunswick, three in Quebec, four in Ontario, and one in Manitoba.

In 1992, mortality occurred in the Maritimes, Ontario, and Northwest regions caused by natural thinning and blowdown. Average annual mortality in the Maritimes Region over the measurement period has been 2.2%, largely as a result of spruce budworm damage in previous years. There has been a slow but gradual increase in mortality during the past 5 years, each increase representing one or two trees.

Tree condition is variable across the range of black spruce. In Newfoundland, the majority of trees (80%) were healthy, in classes 1–3, a situation similar to 1991. In the Maritimes, there has been a gradual deterioration of black spruce throughout the region, showing as 3 consecutive years of fewer trees in classes 1–3, and a corresponding increase in class 4 and class 7+ trees (Fig. 4). The degree of needle retention reflects previous insect defoliation of the older age-classes of foliage. Needle retention of most age-classes except the current one was marginally lower than 1991.

Trees in Quebec continued to decline (Fig. 5). In 1989, 84% of the trees were in class 3 while only 46% were in class 3 in 1992, the remainder being in the higher classes. In Ontario, the general crown condition was similar to that recorded in 1991. This coincided with a reduction in spruce budworm defoliation on two plots; 90% of trees were in classes 1–2. Overall crown condition in 1991–92 is slightly improved from 1988 to 1990 when up to 40% of trees had current defoliation. In the Northwest Region, needle retention was normal, a few trees were infected by yellow witches'-broom (*Chrysomyxa arctostaphyli* Diet.) and two trees had light infections of spruce needle rust (*Chrysomyxa* sp.).

In Quebec, on all plots, the number of trees with disease-caused foliar damage was higher in 1992

than in 1991 or 1990. In one plot, all trees had trace-level foliar diseases; as a result, retention of old needles was lower in 1992 than in previous years. In Ontario, trees that had sustained damage from blowdown in 1990 and had been subjected to light to moderate spruce budworm defoliation showed the poorest foliar condition. However, all trees had trace levels of foliar damage.

Engelmann Spruce (*Picea engelmannii* Parry)

Engelmann spruce is found in significant numbers on one plot in British Columbia. No mortality or foliar discoloration was observed in 1992. Most trees were healthy with a full complement of normal foliage. One tree had 26–50% of its foliage missing as a result of attack by root rot.

Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.)

Norway spruce is found in significant numbers on only one plot in Ontario. No mortality occurred 1992. The crowns were healthy with no damage as has been reported previously. The incidence of pests has been reported at only trace levels since plot establishment.

Red Spruce (*Picea rubens* Sarg.)

Red spruce is found in significant numbers on three plots in New Brunswick, two in Nova Scotia, and four in Quebec. No mortality was observed in 1992 and average annual mortality to date has been less than 1%. Mortality has been caused by natural thinning.

Tree condition has generally improved slightly over the past few years in the Maritimes. There has been a slow and gradual increase in the proportion of healthy trees in classes 1–2 from class 3 and some trees, formerly in class 4, are now in class 3. The number of trees in the poorer classes (5–7+) remain unchanged. There is considerable variation in the condition of red spruce among plots with most trees in classes 3 or 4. Average tree condition in Quebec is stable, but some tree deterioration occurred in two plots.

In the Maritimes, needle retention varied among the plots but was similar to that in 1991. Foliar damage has been minimal with only trace amounts of insect, disease, or abiotic damage in 1992.

Red/Black Spruce Hybrids

Red/black spruce hybrids occur on one plot each in Prince Edward Island and New Brunswick. The trees are introgressed spruces with various mixtures of the two parents and are considered hybrids for the purposes of this report. No mortality occurred in 1992; mortality from 1984 to 1992 averaged 1.0%. Between 1988 and 1992, the condition of many trees deteriorated. In 1988, over 90% of the trees were in class 3; since then they either improved to classes 1–2 or deteriorated to class 4. In 1992, the rate of deterioration diminished, but it is too early to see a trend. Needle retention was good since there were no pests on the trees. Foliage was largely unaffected during 1992 with only trace amounts of insect, disease, or abiotic damage.

Sitka Spruce (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.)

Sitka spruce is a lesser component of several plots in British Columbia. No mortality or foliar discoloration was observed in 1992. All trees were healthy with a full complement of normal foliage.

White Spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss)

White spruce is found in significant numbers on one plot in Newfoundland, two in Nova Scotia, one in New Brunswick, three in Ontario, two in Saskatchewan, two in Alberta, and two in British Columbia.

When ARNEWS was established, attempts were made to have white spruce included in plots in all regions to have a species for national comparison. Overall mortality of white spruce to date has been less than 1% and has been attributed to natural stand thinning. The condition of white spruce trees generally remains high with healthy crowns, high needle retention, and little change since plot establishment (Fig. 6).

In Ontario, the condition of white spruce improved in 1992 with all trees in classes 1–3. This is an improvement over 1991 when 18% of the trees had light to severe defoliation and were in classes 4–7. In Saskatchewan, the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.), caused light defoliation of current foliage for the second consecutive year. There was an increase in the frequency of trees in classes 2 and 3 because of light defoliation on many trees caused by the spruce needle rust, *Chrysomyxa ledicola* Lagh. Other agents causing light levels of injury included the spruce gall

adelgid, *Adelges lariciatus* (Patch), and spruce gall midge, *Mayetiola piceae* (Felt). Most trees in British Columbia were healthy with a full complement of normal foliage, except on trees that were suppressed.

There were low levels of foliage damage on white spruce across Canada. In the Maritimes, only trace amounts of insect, disease, or abiotic damage occurred in 1992. White spruce on plots in Ontario and Quebec had light to severe levels of defoliation caused by the spruce budworm. In the Northwest Region, many trees had trace levels of budworm defoliation and spruce needle rust which caused some loss of needles.

Western Hemlock (*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.)

Western hemlock is found in significant numbers on eight plots in British Columbia. No mortality occurred in 1992. There was some foliar discoloration from dieback in the lower crown from natural shading and competition in stands with closed canopies. Most trees were healthy with a full complement of normal foliage. Only 6% of trees were up to 25% defoliated, and 2% were up to 50% defoliated. Most of these were understory or intermediate trees shaded by dense canopies and six had been damaged by storms with a portion of the upper crown broken off.

Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)

Douglas-fir is found in significant numbers on six plots in British Columbia. Mortality in Douglas-fir was 0.7% in 1992 and was caused by natural thinning and storm damage. About 9% of trees had up to 25% of foliage missing; this was attributed to natural dieback in understory trees in densely stocked, closed canopy stands. One tree had been damaged by storms with the top 10–20% of the crown broken off. There was slight improvement over tree condition in 1991.

Many trees have also been damaged by the western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* Freeman. One plot of Douglas-fir is in the current area of infestation which covered over 340 000 ha in southern British Columbia in 1992. Here 15% of the trees were more than 50% defoliated, 55% were 26–50% defoliated, and 30% were less than 25% defoliated.

Alpine Fir (*Abies lasiocarpa* [Hook.] Nutt.)

Alpine fir is a small component of three plots in British Columbia. No mortality occurred in 1992. All

plot trees had a full complement of normal foliage and no foliar discoloration was recorded.

Amabilis Fir (*Abies amabilis* [Dougl.] Forbes)

Amabilis fir is found in significant numbers on two British Columbia plots. In 1992, 2% of the trees died from stress by competition, shading, and attack from a bark beetle, *Pseudohylesinus sericeus* (Mannerheim) (=*P. grandis* Swaine).

Most trees were healthy with a full complement of normal foliage, although 9% of the trees had up to 25% defoliation and 1% of the trees were in each of defoliation classes 5, 6, and 7. All trees were understory or intermediate trees in closed canopies and foliar loss was due to natural crown thinning or dieback under the closed canopy.

Foliar discoloration with chlorotic and red-brown foliage, occurred at trace to moderate levels. On average, 80% of the trees in the plots had discolored foliage caused by a needle blight, *Phaeocryptopus nudus* (Peck) Petrak, and natural shading which occurred under a closed canopy.

Balsam Fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.)

Balsam fir is found in significant numbers on seven plots in Newfoundland, five in Nova Scotia, three in New Brunswick, five in Quebec, and one in Ontario.

Mortality of balsam fir has been similar to or higher than the levels that could be expected to occur from natural thinning. About 1% of natural mortality occurred in all regions, caused by stand thinning. Additional mortality was caused by spruce budworm, sawyer beetle damage, other insect damage, and blowdown. Higher levels of mortality (2.6%) were recorded in the Maritimes region from the effects of spruce budworm defoliation and subsequent attack by bark beetles. In localized areas mortality caused by spruce budworm and associated pests was much higher, 40% and 32% being observed on two plots in eastern Nova Scotia and 29% on one plot in New Brunswick. In Quebec, two trees died in 1992.

The condition of balsam fir trees remains unchanged or has improved as the spruce budworm populations slowly decline. In Newfoundland, 94% of all trees were in classes 1–3, unchanged from 1991. In the Maritimes, there has been a gradual increase in mortality as trees that had been suppressed and then weakened by insect damage died. There has also been a slow decrease in the proportion of mostly undamaged trees in classes 3 and 4 (Fig. 7). Tree condition varies among plots according to the history of insect outbreaks. Balsam fir is in the best

condition on the plot in western Nova Scotia where there has been no budworm defoliation in the past 30 years. There is some improvement in retention of current foliage reflecting the decrease in budworm populations.

In Quebec, crown condition was largely unchanged since 1990 except for a slight decline in one plot in western Quebec, where the percentage of trees in class 3 decreased from 100% in 1989 to 56% in 1992 (Fig. 8). Most declining trees had some damage from insects or diseases. In Ontario, crown condition has deteriorated since 1988. In 1992, only 22% of trees were healthy, that is, in classes 1–3.

Foliar damage occurred frequently and consisted of spruce budworm damage at light levels in the Maritimes and Ontario regions, balsam gall midge in Newfoundland, and hemlock looper in New Brunswick. In two plots in southern and eastern Quebec, leaf damage caused by insects and diseases increased and reduced needle retention. In the other plots in Quebec, foliar damage decreased and needle retention was similar to, or higher than, previously.

Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn)

Western red cedar is found in significant numbers on two plots in British Columbia. One tree died in 1992 as a result of blowdown. Most trees were healthy with a full complement of undamaged foliage. In each plot, three understory trees had up to 25% defoliation caused by shading under a closed canopy. There was no discoloration of foliage in 1992.

Largetooth Aspen (*Populus grandidentata* Michx.)

Largetooth aspen is found as a lesser component of one plot in Nova Scotia and three in Ontario. No mortality occurred in 1992 except for one tree in Ontario from natural causes. The crown condition was similar to that reported for 1991, with some improvement in the proportion of healthy trees. Defoliation was at insignificant levels, although some trees had been stressed by drought and possibly *Armillaria*.

Trembling Aspen (*Populus tremuloides* Michx.)

Trembling aspen is found in significant numbers on one plot in Prince Edward Island, two in Ontario, one in Manitoba, and one in Saskatchewan.

In the Maritimes Region there has been no mortality since measurements began. In Ontario, there was no mortality in 1992. One tree in the Northwest Region died, which had been infected with

the false tinder conk, *Phellinus tremulae* (Bond.) Bond. & Boriss. The accumulated mortality of aspen in the region since 1985 is 27.2% and the annual mortality rate is 3.9%. Mortality was caused by natural thinning, exacerbated by insect defoliation and late spring frosts.

Trembling aspen in the Maritimes Region had some twig or branch dieback and most trees were in classes 3 or 4. In the Ontario Region, tree condition changed little since 1991. On both aspen plots, more than 70% of the aspen had less than 25% dieback (classes 1–3), but on one plot there was an increase in trees with moderate to severe dieback. This was caused by defoliation by the forest tent caterpillar during 1989–91. In the Northwest Region, where branch dieback was extensive in previous years, there was little change in crown condition in 1992.

Damage to aspen foliage was minimal in all regions with trace to light levels being recorded from a variety of biotic and abiotic causes in the Northwest Region. These included a leaf spot disease (*Marssonina tremuloides* Kleb.), a leaf rust disease (*Melampsora medusae* Thuem.), and defoliation by the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* [Walker]). Leaf injury by a leaf miner (*Phyllonorycter* sp.), and occasional damage from the poplar borer (*Saperda calcarata* Say) were also observed. Some damage occurred from the false tinder conk, and from a stain and decay-causing disease (*Peniophora polygonia* [Pers.:Fr.] Bourd. & Galz.) that was identified on 21% of the trees in one Manitoba plot. One tree was also infected by hypoxylon canker (*Hypoxylon mammatum* [Wahlenb.] P. Karsten).

White Birch (*Betula papyrifera* Marsh.)

White birch is found in significant numbers on one plot in Nova Scotia, one in New Brunswick, two in Quebec, and four in Ontario.

One tree died in each of the Maritimes and Quebec regions and in both cases the trees had been weakened previously. In the Maritimes, the tree that died in 1992 was in an area of chronic premature leaf discoloration which occurred during the early 1980s. The tree was nearly dead in 1991, with extensive branch dieback. White birch mortality in 1992 is an accumulated 13.8%, all of it in southwestern New Brunswick; the average annual mortality is 1.7% between 1984 and 1992. These trees died in the area previously subjected to a high incidence of acid fog.

In the Maritimes, most trees were in classes 1–4 and there is a gradual increase in mortality as the unhealthier trees die. The improvement in tree condition started in 1989 and has continued since, suggesting a recovery from the previous dieback and

decline (Fig. 9). In areas outside the Bay of Fundy, white birch is healthy with no mortality either in Nova Scotia or northern New Brunswick, and all trees are in classes 1–4. On plots near the Bay of Fundy, 30% of the trees are dead and about half are class 5 or greater. In Quebec, trees in the codominant class in the Mont-Mégantic plot continue to deteriorate, a result of previous insect infestations. Otherwise, the condition of white birch is unchanged from 1991 with most (62%) of the trees in class 4.

In Ontario, trees have deteriorated slightly since 1991, a continuation of the trend that began in 1988 (Fig. 10). The deterioration was most evident on one plot that had sustained light to moderate defoliation from 1989 to 1992. This plot had 17% of trees with severe dieback (classes 6,7); only 22% of white birch on the plot were healthy, in classes 1–3. The percentage of healthy trees on two other plots was 92% and 53%, respectively. Attack by *Armillaria* sp. occurred on one plot in 1992 and further deterioration is likely.

Foliage damage in 1992 was at trace or light levels in the Maritimes and Quebec regions. In Ontario, bronze birch borer and armillaria root rot occurred and there was a high level of decay on damaged trees.

Yellow Birch (*Betula alleghaniensis* Britton)

Yellow birch is found in significant numbers on one plot in Newfoundland, three in Quebec, and is a lesser component of three plots in New Brunswick. Only two trees have died, both in Quebec, as a result of stem cankers and/or mechanical injuries since 1986–87.

The condition of yellow birch crowns was good with small amounts of dieback on trees in the Maritimes. Some improvement in the condition of crowns of yellow birch occurred in Quebec where 20–30% of trees changed from condition class 4 to class 3 in 1992. However, in one plot in southern Quebec tree condition declined with 50% of trees in class 4 compared with 21% in 1991.

Light levels of damage occurred in Newfoundland from birch casebearer and mites, and trace amounts of insect, disease, and abiotic damage also occurred.

American Beech (*Fagus grandifolia* Ehrh.)

American beech is found in significant numbers on one plot in Quebec. No trees died in 1992 and crowns were healthy and unchanged from previous years. Some foliar diseases were observed on 60% of the trees, whereas none occurred in 1991.

Red Oak (*Quercus rubra* L.)

Red oak is found in significant numbers on two plots in Quebec and one in Ontario. Only one tree died in 1992, in Quebec from unknown causes.

In Quebec, trees in the Mont-Saint-Hilaire plot continue to deteriorate; over half the trees are in class 5 or greater indicating unhealthy or nearly dead trees. Additional evaluations of tree condition indicated that multiple stresses are involved in the deterioration. In the other plot of red oak, crowns are healthy and unchanged from previous years. In Ontario, an equal number of trees showed improvement and decline. Most trees (70%) had trace to light levels of dieback; insect defoliation occurred at trace levels.

Black Cherry (*Prunus serotina* Ehrh.)

Black cherry is found in significant numbers on one plot in Quebec. No trees died in 1992 and crowns were healthy and unchanged from previous years. Some foliage diseases were recorded; 75% of the trees had trace levels of leaf spot, compared with 45% and 38% in 1991 and 1990, respectively.

Red Maple (*Acer rubrum* L.)

Red maple was found in significant numbers on one plot in Nova Scotia and one in Ontario, and in lesser numbers on four plots in Nova Scotia, four in New Brunswick, two in Quebec, and three in Ontario.

No mortality occurred in 1992; average annual mortality to date has been 1.5% in the Maritimes and 0.2% in Ontario within the normal range of mortality from natural thinning. One tree died from stem breakage.

Tree condition in the Maritimes has deteriorated during the past 5 years. Although trees on the New Brunswick plot have been in the poorest condition, the biggest change was observed on one of the Nova Scotia plots where 82% of the trees were healthy, in class 1 in 1988, and 72% in class 4 in 1992. No apparent cause has yet been determined for this change. The health of conifers on the same plots has also deteriorated. In Ontario, tree condition has deteriorated steadily since 1988. This was attributed to drought which began in the late 1980s, and from which the trees have not yet recovered.

There were trace levels of foliar damage consisting of insect, disease, and abiotic damage, all of which have decreased since 1988. There was a

slight increase in abiotic symptoms on trees in one plot at trace levels. In Ontario, levels of defoliation and leaf diseases such as tar spot have been at trace to light levels since 1989 and are not considered major factors affecting tree condition. However, physical damage and associated decay were observed on one plot where 50% of the red maple occur.

Sugar Maple (*Acer saccharum* Marsh.)

Sugar maple is found in significant numbers on one plot in New Brunswick, eight each in Quebec and Ontario. No mortality was observed in 1992; the extent of mortality to date has been normal and was attributed to natural thinning.

Tree condition in the Maritimes Region is good with almost all sugar maples in classes 3 or 4. There is no pattern of change from year to year, rather twig and low-level branch mortality occur widely on sugar maple with little change in long term condition.

In Quebec, the condition of sugar maple improved in two plots with trees moving from class 4 to class 3. In one plot, trees that showed signs of deterioration in 1988 and 1989, improved as the infestation of pear thrips, *Taeniothrips inconsequens* (Uzel), declined. Defoliation caused by this insect decreased from 45% in 1988 and 1989 to 10% in 1992. In one plot (314), north of Quebec City, tree condition declined slightly from 1991 with 30% of trees in class 3 in 1992 compared with 17% in 1991. In Ontario, overall tree condition declined slightly from 1991 (Fig. 11).

Foliar damage was at trace levels from insect, disease, and abiotic causes in the Maritimes, the lowest level during the past 5 years. In Quebec, abnormal foliage color occurred on 47% of trees in plot 314. This has been observed for several years but there is no apparent cause. In Ontario, insect defoliation was a major factor as only light defoliation was observed on only two plots. However, stem cankers, and decay associated with physical damage occurred frequently.

Discussion and Conclusions

The assessment of ARNEWS plots in 1992 indicates that there is no large-scale decline in the health of Canadian forests that can be attributed directly to atmospheric pollution. This conclusion is similar to that reached from previous assessments. Evidence of the classic symptoms of air pollution were sought but few indications of pollution damage were found. Damage that may be related to air

pollution was described on birch in the Bay of Fundy area of New Brunswick but at lower levels than previously. It is possible, of course, that trees have been weakened or stressed by external factors such as air pollution and that this stress is not apparent. The effects of insects, diseases, drought, and storms were observed frequently.

Mortality was low in 1992; the overall rate was 1.22%. Among conifers it was 1.33% and among hardwoods 0.81%. Mortality was attributed to natural thinning in stands and occasional, but known, other damage. Higher levels of mortality or damage for jack pine, balsam fir, white birch, and trembling aspen were attributed to stress from blowdown, root rots, stem cankers, and spruce budworm or other defoliating insects.

There has been some recovery from the effects of spruce budworm damage on balsam fir, and damage from pear thrips on sugar maple. The leaf browning and dieback damage on white birch along the Bay of Fundy has abated and the healthier trees are showing some recovery, but the more heavily damaged ones continue to deteriorate. Levels of ozone and acid fog have been lower recently near the affected sites, and this has been paralleled by a reduction in the level of damage. The occasional occurrence of ozone-like symptoms such as needle flecking, chlorosis, and marginal discoloration occurred on a variety of species in the Maritimes Region in 1991 but no such damage was observed in 1992.

In Ontario, extensive areas of hardwood forest were subject to various levels of defoliation by the forest tent caterpillar and the birch skeletonizer. Spruce budworm and jack pine budworm also affected the health of several conifer species. Observations in 1992 suggest that drought which in previous years played a major role in tree health has largely disappeared as a cause for deterioration as rainfall levels approached or exceeded normal amounts in most areas. In northwestern Ontario, however, some local areas of drought remained and caused stress and mortality to jack pine.

In the Northwest Region, higher than normal mortality of trembling aspen was attributed to a combination of insects, diseases, and unseasonal frosts acting on old, unhealthy trees. In British Columbia, most mortality was caused by storm damage.

Selected Bibliography

- Auclair, A.N.D. 1987. The distribution of forest declines in eastern Canada. In Kairukstis, L., S. Nilsson, and A. Straszak (eds.), Proc. Workshop

- on Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences. IIASA, A-2361, Laxenburg, Austria.
- Berrang, P.; Karnosky, D.F.; Bennett, J. P. 1991. Natural selection for ozone tolerance in *Populus tremuloides*: an evaluation of nationwide trends. *Can. J. For. Res.* 21: 1091–1097.
- Berry, C.R. 1973. The differential sensitivity of Eastern White Pine to three types of air pollution. *Can. J. For. Res.* 3: 184–187.
- Bormann, F.H. 1985. Air pollution stresses on forests. *Bioscience* 35(7): 434–441.
- Cerezke, H.F.; Emond, F.J. 1989. Forest insect and disease conditions in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, and the Northwest Territories in 1987. Northern Forestry Centre, Forestry Canada, Inf. Rep. NOR-X-300.
- D'Eon, S.P.; Power, J.M. 1989. The Acid Rain National Early Warning System (ARNEWS) plot network. Forestry Canada, Petawawa Natl. For. Inst., Chalk River, Ont., Inf. Rep. PI-X-91. 119 p.
- Fraser, G.A. 1989. Acid rain control: Potential commercial forestry benefits to Canada. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. E-X-42. 31 p.
- Garner, J.H.B.; Pagano, T.; Cowling, E. 1989. An evaluation of the role of ozone, acid deposition and other airborne pollutants in the forests of eastern North America. USDA For. Serv. Southeast For. Expt. Sta., Asheville, N.C., Gen. Tech. Rep. SE-59. 172 p.
- Gregorius, H.R. 1989. The importance of genetic multiplicity for tolerance of atmospheric pollution. Pages 163–172 in Scholtz, F., H.R. Gregorius, and D. Rudin (eds.), *Genetic effects of air pollutants in forest tree populations*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hall, J. Peter. 1991. ARNEWS Annual Report 1990. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. ST-X-1. 17 p.
- Hall, J. Peter; Addison, P.A. 1991. Response to air pollution: ARNEWS assesses the health of Canada's forests. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. DPC-X-34. 13 p.
- Hall, J. Peter; Pendrel, Bruce A. 1993. ARNEWS Annual Report 1991. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. ST-X-5. 17 p.
- Magasi, L.P. 1988. Acid rain national early warning system: Manual on plot establishment and monitoring. Can. For. Ser., Ottawa, Ont., Inf. Rep. DPC-X-25.
- Magasi, L.P. 1989. White birch deterioration in the Bay of Fundy region, New Brunswick 1979–1988; Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-177.
- Magasi, L.P. 1992. Forest pest conditions in the Maritimes in 1991. Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-181.
- Malhotra, S.S.; Blauel, R.A. 1980. Diagnosis of air pollutant and natural stress symptoms on forest vegetation in western Canada. Can. For. Serv., North For. Res. Centre, Edmonton, Alta., Inf. Rep. NOR-X-228. 84 p.
- Manion, P.D. 1981. Tree disease concepts. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Mueller-Dombois, D., 1987. Natural dieback in forests. *Bioscience* 37(8) : 575–583.
- National Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP). (n.d.). Diagnosing injury to eastern forest trees. NAPAP Forest Responses Program, Vegetation Survey Research Cooperative, USDA, U.S.F.S. 122 p.
- Waring, R.H., 1987. Characteristics of trees predisposed to die. *Bioscience* 37(8): 569–574.

Rapport annuel 1992 sur le DNARPA

Table des matières

Remerciements	15
Résumé	15
Introduction.	
Méthodes .	
Bilan de santé des forêts du Canada	
Discussion et conclusions	
Bibliographie choisie	

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1993
Numéro de catalogue Fo29-33/7-1993
ISBN 0-662-59907-1
ISSN 0705-324X

Il est possible d'obtenir sans frais des exemplaires de cette publication auprès de
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario)
K1A 1G5

Des microfiches ou copies de cette publication sont en vente chez:
Micromédia Ltée
165, Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

Révision : Denis Rochon
Mise en page : Steven Blakeney, Francine Langevin

Données de catalogage avant publication

Canada. Forêts Canada. Direction générale des sciences
et du développement durable

ARNEWS annual report = Rapport annuel sur le
DNARPA = ARNEWS informe anual

1990 –
Annuel
[Rapport d'information; ST-X-7]
Texte en anglais, français et espagnol.
ISSN 1188-2891 = ARNEWS annual report.
Nº de cat. MAS Fo 29-33/-

1. Forêts — Conservation — Canada. 2. Pluies
acides — Canada. 3. Air — Pollution — Canada.
I. Titre. II. Titre: Rapport annuel . . . sur le
DNARPA. III. Titre : ARNEWS informe anual.
III. Coll.; Rapport d'information (Canada. Forêts
Canada); ST-X-7.

SD414.C32 1993 634.9'619'0971

Remerciements

Le DNARPA a été imaginé et mis au point par le personnel de Forêts Canada de partout au pays, qui continue de voir à son fonctionnement. Cette collaboration s'étend à la réalisation du présent rapport, synthèse de plusieurs comptes rendus et analyses. J'en profite pour saluer le concours de Caroline Cook, de la Direction des sciences et du développement durable, qui a préparé les illustrations de ce rapport.

Le Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) joue un rôle de premier plan dans la conduite du réseau, grâce à son personnel de terrain et de laboratoire, à ses analystes et à ses gestionnaires. Le DNARPA fait partie du Programme de transport à distance des polluants atmosphériques de Forêts Canada. Le programme «Partenaires pour le développement durable des forêts» du même ministère sert de maillon entre le DNARPA et le Plan vert du Canada.

Résumé

Le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides (DNARPA) de Forêts Canada, dont l'objet est de déceler les premiers signes de dégâts dans les forêts du Canada et de surveiller l'évolution de la végétation et des sols forestiers, existe depuis 1984. Le personnel du Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) de Forêts Canada établit les parcelles qui en font partie et en fait l'examen. Dans le cadre du DNARPA, le rôle du RIMA est d'identifier tous les types et tous les degrés de dégâts causés à la forêt, en distinguant les causes naturelles (insectes, maladies, météo) et les causes anthropiques (pratiques d'aménagement et pollution atmosphérique). Le rapport décrit l'état de santé de 18 conifères et de 9 feuillus de partout au Canada, y compris de régions que l'on sait exposées aux concentrations de polluants atmosphériques parmi les plus fortes au Canada. On n'a trouvé aucun signe de déclin généralisé de nos forêts. En outre, peu de symptômes semblables à ceux de la pollution ont été observés et, même dans ce cas, ils ont été imputés à des facteurs naturels. La région de la baie de Fundy, au Nouveau-Brunswick, où le dépérissement répandu du bouleau coïncide avec la présence de brouillard acide et d'ozone, fait cependant exception.

Introduction

Les forêts du Canada constituent une ressource socio-économique précieuse, dont la durabilité est

indispensable à notre mieux-être. En 1984, les inquiétudes face aux changements écologiques ont amené Forêts Canada (alors le Service canadien des forêts) à créer le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides (DNARPA). Ce réseau national de biosurveillance visait à déceler les premiers signes des effets des pluies acides sur les forêts du Canada, afin de déclencher des mesures de prévention des dégâts prévus. Dans ce contexte, l'expression «pluies acides» désigne toutes les formes de pollution atmosphérique — le dépôt humide et sec de sulfates (SO_4^-), de nitrates (NO_3^-), de polluants gazeux, d'ozone (O_3) et de particules atmosphériques.

Le DNARPA mesure un ensemble commun de paramètres dans des parcelles permanentes créées par le Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) de Forêts Canada afin d'évaluer la santé des forêts. Les données ainsi collectées sont étayées par d'autres relevés et enquêtes faits par le RIMA et les organismes qui collaborent avec ce dernier. La stratégie que s'est donnée le programme DNARPA est de déceler les premiers signes de dégâts qui peuvent avoir été causés aux arbres et aux sols forestiers par les pluies acides, en distinguant les causes naturelles et les pratiques d'aménagement. Elle est aussi de surveiller la lente évolution de la végétation et des sols, qui serait attribuable aux dépôts acides et aux autres polluants. Parce que les symptômes imputables à la pollution atmosphérique ne sont pas très spécifiques, ils ressemblent souvent à ceux qui sont dus à d'autres causes. L'expérience des techniciens de terrain du RIMA, formés à les distinguer des symptômes imputables aux anomalies climatiques, aux carences en éléments nutritifs et aux dégâts des insectes et des maladies, est cruciale pour la discrimination des effets de la pollution atmosphérique.

On a établi, dans l'ensemble du Canada, des parcelles représentatives des écosystèmes forestiers, en insistant sur les essences ligneuses d'importance commerciale ainsi que sur les régions que l'on sait recevoir des dépôts acides. Le DNARPA visait à évaluer tous les types de forêts. Pour le moment cependant, malgré leur grande notoriété ou le grand intérêt que le public manifeste à leur égard, les essences disséminées y sont mal représentées, par exemple le chêne (*Quercus sp.*), l'orme (*Ulmus sp.*), le caryer (*Carya sp.*) et le noyer (*Juglans sp.*). Parmi les autres types forestiers sous-représentés, mentionnons les feuillus du Nord et certains types de forêts de la Colombie-Britannique. On prévoit, en 1993, d'ajouter des parcelles qui compléteront le réseau.

Selon les premiers résultats, publiés en 1991, il n'existe aucun signe de déclin généralisé des forêts du Canada, même si des arbres peuvent avoir été affaiblis ou traumatisés, sans manifestation visible.

par la pollution atmosphérique. Les rapports ultérieurs les ont généralement confirmés.

La pollution atmosphérique exerce des effets subtils sur la physiologie des arbres ou sur la chimie des sols. Les symptômes peuvent être masqués par les effets des conditions naturelles. Beaucoup d'arbres évalués dans le DNARPA ont été traumatisés par la météo, les maladies et les insectes ainsi que par d'autres agents ordinaires des écosystèmes forestiers. En raison du stress qu'ils subissent individuellement, les arbres deviennent vulnérables aux insectes et aux maladies qui les attaquent, et il peut en résulter une certaine mortalité. Habituellement, les écosystèmes forestiers ne subissent pas de dommages permanents et ils reviennent à peu près à leur état initial. Ordinairement, c'est l'interaction de plusieurs facteurs abiotiques et biotiques, plutôt qu'un seul facteur, qui débile la forêt. L'interprétation des données collectées par le DNARPA tient compte de ce fait.

Jusqu'à ce jour, les résultats montrent un taux de mortalité généralement cantonné dans l'intervalle normal de 1 à 2 % et imputable à des facteurs naturels. La description détaillée des principales essences canadiennes attribue presque tous les dégâts à des traumatismes identifiables. Un système d'alerte rapide, visant à détecter et à surveiller les symptômes, demeure un élément essentiel de notre engagement à maintenir la durabilité des forêts du Canada. Le présent rapport annuel, synthèse des résultats des mesures effectuées en 1992, est le troisième à être publié sur l'état de santé des forêts du Canada.

❖ Traumatisme et déclin des forêts ❖

Beaucoup de traumatismes agissent sur les arbres, dès leur germination et jusqu'à leur mort. Les arbres forestiers sont des êtres à la biologie diversifiée, qui ont adopté diverses stratégies de protection contre le stress. Les écosystèmes forestiers sont rarement atteints de façon permanente, sauf dans les cas graves, lorsque leur tolérance est éprouvée au-delà de sa limite. La forêt se stabilise alors à un niveau différent ou, encore, elle décline et se dégrade complètement.

Dans les forêts, la plupart des arbres meurent davantage de la concurrence directe que de toutes les autres causes combinées de traumatisme. La concurrence cause une mortalité d'environ 2 % par année dans les jeunes peuplements. Avec le vieillissement du peuplement, l'éclaircie naturelle cesse de jouer et le taux de mortalité diminue. Ce taux de mortalité est alors considéré comme le taux

«normal» de mortalité dans les forêts. La concurrence naturelle se fait sentir lorsque les arbres luttent pour l'espace vital, la lumière, l'eau ou les éléments nutritifs. Dans les peuplements ou les plantations aménagés de façon intensive, ce type de stress est moins commun que dans les forêts naturelles parce que, dans ces écosystèmes anthropiques, la densité des peuplements est contrôlée.

D'autres traumatismes influent sur la santé des forêts, y compris les insectes et les maladies, les écarts météorologiques (sécheresse, tempêtes, extrêmes de chaleur et de froid, dégâts mécaniques causés par la glace et la neige), le sel des embruns et les produits chimiques. Agissent aussi sur les forêts les traumatismes naturels d'origine chimique, comme les carences en éléments nutritifs (azote) ou l'excès de certaines substances chimiques toxiques dans le sol (aluminium). Ces facteurs poussent souvent le taux annuel de mortalité au-dessus de 2 %.

Le déclin des forêts est la résultante de l'effet de ces facteurs. Il s'agit d'une perte progressive de vigueur et de santé, causée par l'interaction des facteurs biotiques et abiotiques, qui se généralise. On le considère également comme une réaction progressive, débutant par le dépérissement et aboutissant à la mort, avec l'augmentation du traumatisme. Il afflige généralement les arbres à maturité, présente une large gamme de symptômes et se manifeste sur de vastes étendues. Ainsi, le déclin forestier à grande échelle observé en Europe aurait été déclenché par la sécheresse ou par le gel, mais on croit également que des années d'accumulation de la pollution auraient traumatisé ces forêts. Les arbres souffrent de l'attaque primaire des insectes et des maladies. Lorsqu'ils sont ravagés, leur état physiologique est altéré. C'est alors qu'ils sont exposés à l'attaque d'organismes secondaires, lesquels ne s'attaquaient pas à eux et ne les endommageraient pas sérieusement à moins que ces végétaux n'aient déjà été affaiblis. Une combinaison de facteurs de stress, tels que les insectes, les maladies et l'exposition à la pollution atmosphérique, est plus dommageable que l'action d'un seul. Les arbres ont élaboré des défenses naturelles contre les autres organismes vivants tels que les défoliateurs et les scolytes. Ils réagissent à leurs attaques en diminuant l'appétence de leurs feuilles ou en imprégnant leurs tissus de résine.

Les causes du déclin des forêts sont rarement évidentes. Une forêt dont une ou plusieurs essences sont frappées de dépérissement à grande échelle présente un cas habituellement patent, mais la cause ou le faisceau de causes de cet état est moins évident. Dans l'est du Canada, un cycle de dépérissement et de déclin a commencé chez le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.) en 1935. Dès 1947, le cycle

avait gagné beaucoup de types de stations. Divers insectes et maladies ainsi qu'une météo aberrante ont été incriminés, mais aucune hypothèse simple ne peut expliquer ce déclin. Depuis 1950, environ, on observe un rétablissement graduel et inexplicable.

Dans l'Ouest, le déclin de conifères, du cyprès jaune (*Chamaecyparis nootkatensis*), en 1900, ainsi que du pin argenté (*Pinus monticola*), en 1936, a connu une dispersion et des effets dévastateurs semblables. Ici, les causes du déclin n'ont pas pu être corrélées à des causes précises de traumatisme, bien que l'on ait soupçonné l'effet de la météo. Aucune donnée n'est disponible sur la pollution qui existait au cours de ces périodes, de sorte qu'il est impossible de corrélérer les concentrations de polluants aux symptômes de déclin.

Afin de protéger nos forêts, nous les surveillons régulièrement afin de détecter les troubles et les manifestations de traumatisme à leur début, spécialement dans le cadre d'un changement de concentration des polluants et d'événements climatiques variables. On dispose ainsi d'un système d'alerte rapide ainsi que d'un moyen de vérifier l'après-propos des mesures de lutte.

❖ Taches foliaires ❖

Plusieurs organismes ou agents (champignons, bactéries, insectes, acariens ou, encore, polluants atmosphériques) s'attaquent au feuillage des feuillus et des résineux. Ils se manifestent sous la forme de taches ou par une altération de la couleur de la surface des feuilles. Les dégâts, faciles à remarquer, peuvent compromettre gravement la santé des arbres. Le réseau de surveillance de la santé des arbres forestiers du DNARPA permet d'enregistrer et de mesurer l'incidence de ce type de dégât ainsi que d'en déterminer les organismes qui en sont la cause.

Ces organismes tuent rarement les arbres, bien qu'ils puissent ralentir leur croissance et qu'ils provoquent la chute prématuée des feuilles. Les jeunes arbres tendent à être plus vulnérables que les vieux. Les poussées du rouge, des brûlures, etc. fluctuent considérablement d'une année à l'autre, bien souvent en raison des conditions météorologiques qui déterminent la production de spores ainsi que leur libération et leur germination. Quant aux feuillus, ils renouvellent leur feuillage chaque année, ce qui peut faire disparaître le problème. Toutefois, la défoliation ou les dégâts causés au feuillage, particulièrement lorsque la saison de croissance bat son plein, de même que la repousse ultérieure des feuilles épuisent les réserves des

arbres et peuvent provoquer un ralentissement de la croissance et le dépérissement des branches. L'altération de la couleur des feuilles et la déformation de ces dernières déparent également les arbres. Certains symptômes, notamment l'altération de la couleur, le brunissement et l'enroulement des feuilles, ressemblent aux dégâts causés par les polluants atmosphériques. Jusqu'à ce jour, nos relevés des forêts canadiennes montrent que la plupart des dégâts foliaires sont causés par des champignons microscopiques. Le brunissement des feuilles du bouleau dans la région de la baie de Fundy ferait toutefois exception.

Tache goudronneuse

Chez l'érable à sucre ou l'érable rouge, la tache goudronneuse est une affection commune des feuilles. La maladie se présente typiquement, comme des taches brunes et noires, semblables à du goudron, dont le diamètre va de la taille d'une tête d'épingle à 1 cm. Sa cause, un champignon du genre *Rhytisma*, peut provoquer une défoliation préma-turée si la flambée épidémique est grave. La plupart des taches causées par les agents biotiques se manifestent à la fin du printemps ou au début de l'été.

Tache d'encre

On l'observe souvent chez les peupliers (sauf le peuplier à grandes dents). Elle est causée par plusieurs champignons, y compris *Ciboria whetzelii*, *C. bifrons* et *Marssonina* spp. Ce sont des taches brunes lorsqu'elles arrivent à maturité, de forme circulaire à ellipsoïde, de 2 à 8 mm de diamètre, qui tombent des feuilles l'été, en faisant place à des trous de même forme. Cette maladie provoque parfois des dégâts graves aux arbres isolés.

Anthracnose

Cette maladie est commune chez les chênes, les érables, les bouleaux et les aulnes. Elle est causée par *Gnomonia veneta*. Elle se manifeste habituellement par temps humide, au débourrement. Les symptômes sont l'apparition de taches brunes le long des nervures, qui s'élargissent en formant des zones de tissu mort ou nécrosé. Lorsqu'elle est prononcée, la maladie peut tuer la feuille et les petites pousses, mais l'arbre n'en souffre pas gravement.

Maladies du blanc

Le blanc est causé par un groupe de champignons appartenant aux genres *Erysiphe*, *Phyllactinia*, *Uncinula* et *Microsphaera*. Les symptômes consistent en l'apparition d'une moisissure superficielle blanche, semblable à une toile d'araignée, habituellement sur les deux surfaces des feuilles. Les dégâts sont habituellement légers, mais ils sont faciles à observer même pour les moins avertis. La maladie est fréquemment observée chez le saule, le peuplier, le chêne, l'aulne, l'érable, l'orme et quelques arbustes et plantes herbacées.

Fumagines

Les fumagines sont observées chez une grande variété de feuillus. Elles se présentent comme une moisissure ou des croûtes à l'aspect de suie, en plages isolées, couvrant la feuille. Elles font souvent suite aux attaques des pucerons et des cochenilles, car ces champignons opportunistes se nourrissent des exsudations des feuilles endommagées. Les fumagines déparent les arbres, mais elles ne sont pas nocives.

Rouilles

Les rouilles endommagent également les feuilles d'une grande variété de conifères et de feuillus, notamment les peupliers, les saules, les chênes, les amélanchiers, les aubépines et les sorbiers. Elles sont causées par un groupe de champignons et provoquent l'apparition de toute une palette de couleurs sur le feuillage, du jaune au jaune rougeâtre en passant par le jaune doré et l'orange. Elles causent rarement des dégâts graves, même si elles ralentissent la croissance.

Brûlures des conifères

La brûlure printanière, causée par *Phacidium infestans* ou des formes similaires, est souvent observée chez les épinettes et le sapin baumier. Les dégâts ne sont habituellement graves qu'en pépinières. L'organisme attaque le feuillage sous la neige, en lui conférant une couleur brun glauque. Les brûlures des aiguilles et le rouge sont également des affections communes, causées par plusieurs espèces de champignons. Les plus communes appartiennent aux genres *Lophodermium*, *Rhabdocline*, *Lophodermella*, *Lirula*, *Isthmiella* et *Bifusella*. Elles causent rarement des dommages graves aux arbres, contrairement au rouge.

Cette description ne comprend que quelques-unes des formes les plus répandues de dégâts foliaires. Des centaines de champignons et insectes s'attaquent aux feuilles des arbres. Pourtant la majorité n'a aucun effet sur la santé de ces végétaux, même si elles en altèrent l'aspect.

Méthodes

Le DNARPA est constitué de 103 parcelles permanentes situées dans les 10 provinces (figure 1) (Les figures 1 à 11 se trouvent à la fin de la version espagnole dans ce rapport.) On trouvera des précisions sur l'établissement et la description des parcelles ainsi que sur les méthodes d'évaluation dans D'Eon et Power (1989) et dans Magasi (1988).

Les paramètres mesurés chaque année, à intervalle de 5 ans ou, au besoin, à des intervalles plus courts, sont les suivants :

A. Évaluations annuelles

1. Mortalité des arbres
2. État des arbres
3. Symptômes imputables aux pluies acides

B. Évaluations à tous les 5 ans

1. Accroissement radial
2. Accroissement vertical
3. Structure et densité de la cime
4. Éléments nutritifs du feuillage
5. Chimie du sol

C. Évaluations une ou plusieurs fois au cours de la saison de végétation

1. Symptômes imputables aux pluies acides
2. Attaques des insectes et des maladies
3. Production de graines (facultatif)

Sur les parcelles, on ne fait que des évaluations visuelles; les prélèvements et les mesures détaillées, qui exigent le prélèvement à la main d'échantillons de branches, se font sur des arbres à l'extérieur des parcelles, pour que les sujets à l'intérieur de ces dernières ne soient pas dérangés. Les mesures données dans le présent document sont celles de la mortalité et de l'état des arbres, et celles de la nature et de l'intensité des dommages foliaires, y compris de tout symptôme de pollution atmosphérique. Les symptômes que l'on pouvait attribuer à la pollution atmosphérique ont été comparés aux symptômes qui sont attribuables avec certitude aux émissions toxiques pour la végétation.

L'état de santé de la cime des conifères est évalué par le pourcentage de feuillage manquant, quelle

qu'en soit la cause, par rapport au feuillage «normal» de l'arbre. On tient compte de la perte naturelle des aiguilles, à mesure que les rameaux vieillissent. La conservation des aiguilles par les conifères est mesurée en pourcentage du feuillage complet dans chaque classe d'âge (entre-nœud de la rameille) représentée sur la branche. Le classement de l'état de la cime des feuillus tient compte de la perte du feuillage, mais, aussi, de la proportion de rameaux et de branches mortes dans la cime.

Classification de l'état des conifères

- 1 = Arbre sain, non défolié.
- 2 = Arbre sain, n'ayant perdu que des feuilles de l'année.
- 3 = Arbre dont les feuilles de l'année et certaines feuilles plus anciennes ont été ravagées; dans l'ensemble, la défoliation est inférieure à 25 %.
- 4 = Défoliation totale de 26 à 50 %.
- 5 = Défoliation totale de 51 à 75 %.
- 6 = Défoliation totale de 76 à 90 %.
- 7 = Plus de 90 % de défoliation totale.
- 8 = Arbre mort (depuis les dernières mesures).
- 9 = Arbre mort.

Classification de l'état des feuillus

- 1 = Arbre sain, normal.
- 2 = Feuillage clairsemé, à la couleur altérée, notamment dans le haut de la cime, mais pas de rameaux ni de branches dénudées.
- 3 = Arbre comportant des rameaux morts, mais pas de branches mortes. Les rameaux morts se trouvent à l'extrémité des branches, habituellement dans le haut de la cime, à environ 0,5 à 1,0 m de la périphérie de cette dernière; dans cette catégorie et les catégories suivantes, le feuillage est habituellement affaibli, mais pas nécessairement.
- 4 = Présence de branches mortes dans jusqu'à 25 % de la cime.
- 5 = Présence de branches mortes dans jusqu'à 50 % de la cime.
- 6 = Plus de 50 % de la cime est morte, mais des branches vivantes persistent.
- 7 = Plus de la moitié de la cime est morte. Aucune branche vivante, sauf de petites branches adventives, habituellement à la base de la cime ou sur la tige.
- 8 = Arbre venant de mourir ou moribond.
- 9 = Arbre mort.

La plupart des parcelles du DNARPA sont situées dans des forêts naturelles arrivant à maturité, où le nombre d'arbres devrait normalement diminuer du fait de la concurrence qui

s'exerce à mesure que le peuplement vieillit. Une mortalité supérieure à 2 % traduit souvent les effets de traumatismes tels qu'une forte défoliation due aux insectes, la sécheresse ou les tempêtes de vent. La distribution de la fréquence des arbres selon l'état des cimes montre ordinairement la réduction du nombre d'arbres dans les catégories en bonne santé et l'accroissement du nombre d'arbres morts, victimes de la concurrence.

Les insectes et les maladies sont identifiés, et leurs déprédatations sont déterminées à partir d'échantillons prélevés aux abords de la parcelle. Toutefois, l'évaluation de l'état des arbres se fonde sur les sujets qui se trouvent dans la parcelle. Les observations sont effectuées durant la saison de croissance, si c'est possible, pour qu'elles coïncident avec les stades évolutifs des différents groupes d'organismes. Les parcelles sont toujours évaluées à la même époque de l'année, dans le souci de réduire la variabilité qui serait rattachée à l'étalement des évaluations dans le temps.

Ce rapport présente les observations faites sur 18 conifères (pin blanc, pin gris, pin tordu, pin rouge, mélèze laricin, épinette noire, épinette d'Engelmann, épinette de Norvège, épinette rouge, épinette hybride, épinette de Sitka, épinette blanche, pruche occidentale, douglas taxifolié, sapin subalpin, sapin gracieux, sapin baumier et thuya géant) et 9 feuillus (peuplier à grandes dents, peuplier faux-tremble, bouleau à papier, bouleau jaune, hêtre à grandes feuilles, chêne rouge, cerisier tardif, érable rouge, érable à sucre). Les espèces décrites sont représentées par au moins 10 arbres dans la parcelle.

Bilan de santé des forêts du Canada

Le rapport décrit l'état de santé de chaque essence et précise pour chacune le taux de mortalité, l'état des arbres et les causes des symptômes observés. Les dégâts foliaires qui sont symptomatiques de la pollution atmosphérique ou qui pourraient lui être imputés sont mis en évidence. Comme prévu, on a observé une large gamme de conditions, d'une parcelle à l'autre et d'une région à l'autre, à cause des conditions naturelles variables. Il ne convient donc pas toujours d'effectuer une comparaison rigoureuse de l'état des arbres entre les parcelles. C'est plutôt la tendance à l'intérieur de chaque parcelle, les comparaisons intrarégionales et l'état général de santé qui sont les plus susceptibles de donner un bon aperçu de l'état de santé des forêts.

Pin blanc (*Pinus strobus* L.)

L'essence est bien représentée dans 1 parcelle de la Nouvelle-Écosse, 1 du Québec et 2 de l'Ontario.

En 1992, aucun pin blanc n'est mort. À 1,0 %, le taux moyen de mortalité au cours de la période des mesures est tout à fait conforme au taux normal d'éclaircie naturelle.

Les cimes se portent également bien. Dans les Maritimes, la situation de l'essence s'est améliorée, plus de 80 % des arbres se trouvant dans les 3 classes supérieures. Presque toutes les aiguilles de l'année et les aiguilles de 1 an tenaient encore aux branches, mais, au cours de l'évaluation effectuée en août, on n'a observé, en moyenne, que 35 % des aiguilles de 2 ans. En Ontario, l'état des arbres n'avait pas changé depuis 1991; dans l'ensemble, 60 % des arbres souffraient de dépérissement à un certain point (classes 1 à 3), et 30 % se trouvaient dans la classe 4.

Dans les Maritimes, on a observé des dégâts foliaires minimes. En 1992, aucun symptôme n'a été imputable à des facteurs abiotiques. Au Québec, aucun changement marqué n'est survenu en 1992. La plupart des arbres se trouvaient dans la classe 4, du fait d'une baisse de la conservation des aiguilles sur les pousses de 3 ans. On n'a pas observé de rouille vésiculeuse. En Ontario, on n'a pas observé de défoliation due aux insectes depuis l'établissement de la parcelle. Toutefois, les jeunes arbres ont souffert de la rouille vésiculeuse.

Pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.)

Le pin gris est bien représenté dans 1 parcelle du Nouveau-Brunswick, dans 7 de l'Ontario, dans 3 du Manitoba et dans 1 de la Saskatchewan.

Aucune mortalité n'a été observée dans les Maritimes et la région du Nord-Ouest en 1992; en Ontario, 6 arbres sont morts, 3 des séquelles du bris par le vent et 3 de mort naturelle. Le taux moyen de mortalité dans les Maritimes, de 1984 à 1992, se situe à 2,2 %. 2 des arbres morts en 1991, au Manitoba, avaient été attaqués par le pourridié-agaric (*Armillaria* sp.). Dans l'ensemble, le taux de mortalité chez cette essence a été beaucoup inférieur au taux observé en 1991.

Dans les Maritimes, la plupart des pins gris se portent bien (66 % sont dans la classe 3), ce qui traduit une augmentation de la rétention des aiguilles, grâce à la réduction des dégâts des insectes depuis 1990. Toutefois, les arbres dont la cime est plus gravement attaquée (classe 4) se meurent lentement, et, même si aucun n'est mort en 1992, on peut s'attendre à l'augmentation du taux de mortalité. La conservation des aiguilles de l'année

ainsi que des aiguilles de 1 et de 2 ans était excellente. Plus de la moitié des aiguilles de 3 ans subsistaient, et même le cinquième (18 %) de celles de 4 ans tenaient encore aux arbres, en août. Le taux de conservation a donc été plus élevé qu'en 1991 dans toutes les classes d'âge des aiguilles, et il s'ensuit que beaucoup d'arbres sont passés de la classe 4 à la classe 3.

En Ontario, dans l'ensemble, l'état des arbres s'est amélioré depuis 1989, aucun dépérissement de la cime n'étant observé chez 90 % des arbres dominants ou codominants. Dans la région du Nord-Ouest, dans la parcelle du centre-ouest de la Saskatchewan, on a observé une légère augmentation de la fréquence des arbres fortement défoliés, dans les classes 6 et 7.

Dans les Maritimes, les dégâts foliaires ont été minimes. Aucun dégât imputable aux insectes ou aux maladies n'a été observé en 1992, et on n'a observé que des dégâts minimes d'origine abiotique. En Ontario, on a observé qu'une infime défoliation imputable aux insectes, de 1987 à 1991 et aucune défoliation en 1992. Une seule parcelle a été frappée par la rouille-tumeur et par la rouille des aiguilles, à un degré infime cependant. Dans la région du Nord-Ouest, les arbres ont conservé la proportion normale de leurs aiguilles des quatre dernières années de croissance. L'agent le plus fréquemment observé en 1992 était la rouille-tumeur autonome (*Endocronartium harknessii* [J.P. Moore] Y. Hiratsuka), qui s'attaquait aux branches du tiers des arbres échantillonnes. Ces tumeurs exercent une incidence mineure sur la santé des arbres, lorsque leur incidence est faible. Les écureuils roux (*Tamiasciurus hudsonicus* Erxleben) ont causé des dégâts mineurs aux cônes et aux branches.

Pin tordu (*Pinus contorta* Dougl.)

Bien représenté dans 3 parcelles de l'Alberta et 1 de la Colombie-Britannique, le pin tordu se trouve en nombres plus modestes sur une deuxième parcelle de cette dernière province.

En 1992, on n'a déploré aucune mortalité dans cette province. En Alberta, 2 arbres sont morts, ce qui porte le taux annuel de mortalité à moins de 1 %. Le pourridié-agaric (*Armillaria* sp.) a tué 1 arbre, tandis que l'autre a succombé à une infection grave du chancre atropellienn (*Atropellis piniphila* [Weir] Lohman & Cash) et de la rouille-tumeur autonome. Plusieurs arbres présentaient des symptômes de déclin.

Dans toutes les parcelles de l'Alberta, les arbres se portaient généralement bien : 85 % se trouvaient dans les 3 classes supérieures, ce qui était quelque peu mieux qu'en 1990 (figure 2). En moyenne, les

arbres conservent une proportion normale des aiguilles des 3 ou 4 dernières années. La rouille-tumeur autonome a infecté 47, 26 et 2 % des arbres et le chancre atropellien 3, 82 et 19 % des arbres des 3 parcelles, respectivement. On a observé de légers dégâts dus à une faible incidence du rouge à tache goudronneuse (*Davisonomyces ampla* [J. Davis] Darker) et d'un nodulier (*Petrova* sp.). En Colombie-Britannique, la plupart des arbres, en bonne santé, possédaient tout leur feuillage normal, sauf 3 arbres de la même parcelle, qui étaient défoliés de 26 à 50 % à cause du rouge à *Lophodermella concolor* (Dearn.) Darker.

Pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.)

Le pin rouge est bien représenté dans 1 parcelle du Québec. Aucune mortalité n'est survenue chez cette essence depuis l'établissement de la parcelle, en dépit du déclin observé depuis 1987. En 1991, 93 % des arbres se trouvaient dans la classe 4. En 1992, la situation s'est améliorée (figure 3), mais le nombre d'aiguilles de 2 à 4 ans était inférieur aux années antérieures. Parmi les causes du déclin on trouve la sécheresse, la faible profondeur des sols, l'âge des arbres (moyenne de 110 ans), les insectes, les acariens et les maladies. Les dégâts foliaires, infimes en 1991, étaient légers en 1992.

Mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch)

Le mélèze laricin est bien représenté dans 1 parcelle du Nouveau-Brunswick. En 1992, la mortalité a été nulle. Un seul arbre est mort depuis l'établissement de la parcelle, ce qui fait que le taux moyen de mortalité, de 1984 à 1992, se chiffre à 0,5 %. Le déclin graduel des arbres se poursuit: le tiers d'entre eux sont dans la classe 3 et la proportion des arbres des classes 4 à 6 augmente. Les arbres sont tous infectés par le chancre européen du mélèze (*Lachnellula willkommii* [R. Hartig] Dennis), ce qui cause la dégradation de leur état de santé. La mortalité des branches et des rameaux observée en 1991 persiste. En 1992, on n'a observé aucune autre cause pathologique de dégâts au feuillage, même si l'on a observé d'infimes dommages dus aux insectes ou à des causes abiotiques.

Épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.)

L'épinette noire est bien représentée dans 3 parcelles de Terre-Neuve, 2 du Nouveau-Brunswick, 3 du Québec, 4 de l'Ontario et 1 du Manitoba.

En 1992, certains arbres sont morts dans les Maritimes, l'Ontario et la région du Nord-Ouest, du fait de l'éclaircie naturelle et du bris par le vent. Dans les Maritimes, le taux annuel moyen de mortalité, pour toute la période des mesures, est de 2,2 %, en grande partie à cause des ravages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette au cours des années antérieures. Ces 5 dernières années, le taux de mortalité s'est lentement mais graduellement relevé, chaque augmentation représentant 1 ou 2 arbres.

L'état des arbres varie d'un endroit à l'autre de l'aire de répartition. À Terre-Neuve, la majorité des arbres (80 %) se portaient bien et se rangeaient dans les 3 classes supérieures, à peu près comme en 1991. Dans les Maritimes, on assiste à une détérioration graduelle et généralisée, puisque, pour la troisième année consécutive, moins d'arbres se trouvent dans les 3 classes supérieures, tandis que l'on observe une augmentation correspondante dans la classe 4 et la classe 7+ (figure 4). Le degré de conservation des aiguilles est corrélé à la défoliation des vieilles classes d'âge par les insectes dans les années antérieures. Ce degré de conservation, pour toutes les classes d'âge sauf celle de l'année, était peine inférieur au taux de 1991.

Le déclin des arbres du Québec s'est poursuivi (figure 5). En 1989, 84 % d'entre eux se trouvaient dans la classe 3, contre 46 % à peine en 1992, les autres arbres étant ravalés dans les classes inférieures. En Ontario, le tableau général, semblable à celui de 1991, coïncide avec un répit dans les attaques de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur 2 parcelles; 90 % des arbres étaient dans les classes 1 et 2. En 1991-1992, les cimes étaient dans l'ensemble un peu en meilleur état qu'en 1988-1990, alors que jusqu'à 40 % des arbres avaient perdu une partie de leur feuillage de l'année. Dans la région du Nord-Ouest, la conservation des aiguilles était normale, et quelques sujets étaient infectés par la rouille-balai de sorcière (*Chrysomyxa arctostaphyli* Diet.) pendant que 2 arbres étaient légèrement infectés par la rouille des aiguilles (*Chrysomyxa* sp.).

Au Québec, dans toutes les parcelles, les arbres au feuillage malade étaient plus nombreux en 1992 qu'en 1991 ou 1990. Dans une parcelle, des traces de maladies foliaires étaient présentes chez tous les arbres. En conséquence, le taux de conservation des vieilles aiguilles était inférieur à celui des années antérieures. En Ontario, la santé du feuillage était la moins bonne chez les arbres qui avaient subi des dommages par le vent en 1990, et qui ont été légèrement modérément ravagés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Toutefois, tous les arbres présentaient des traces de dégâts foliaires.

Épinette d'Engelmann (*Picea engelmannii* Parry)

Bien représentée dans 1 parcelle de la Colombie-Britannique, l'épinette d'Engelmann n'a subi ni mortalité ni altération de la couleur du feuillage en 1992. La plupart des arbres, en bon état, possédaient leur feuillage normal. Un sujet en avait perdu 26 à 50 %, sous les attaques du pourridié-agaric.

Épinette de Norvège (*Picea abies* [L.] Karst.)

L'épinette de Norvège est bien représentée uniquement dans une parcelle de l'Ontario. En 1992, aucune mortalité n'a été observée. Les cimes étaient en bon état, et aucun dégât n'a été observé comme par les années passées. Depuis l'établissement de la parcelle, on n'a signalé qu'une incidence infime de ravageurs et de parasites.

Épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.)

L'épinette rouge est bien représentée dans 3 parcelles du Nouveau-Brunswick, 2 de la Nouvelle-Écosse et 4 du Québec. En 1992, aucune mortalité n'a été observée, tandis que le taux annuel moyen de mortalité, surtout dû à l'éclaircie naturelle, a été inférieur à 1 % jusqu'à ce jour.

Dans les Maritimes, l'état des arbres s'est généralement amélioré un peu depuis quelques années. La proportion d'arbres des classes 1 et 2 a légèrement et graduellement augmenté, aux dépens de la classe 3, tandis que quelques arbres, auparavant de la classe 4, se trouvent maintenant dans la classe 3. Le nombre d'arbres des classes inférieures (5 à 7+) reste inchangé. D'une parcelle à l'autre, l'état de l'épinette rouge connaît des variations considérables, la plupart des sujets se rangeant dans les classes 3 ou 4. En moyenne, l'état des arbres du Québec est stable, mais, dans 2 parcelles, on a observé un recul.

Dans les Maritimes, le degré de conservation des aiguilles variait d'une parcelle à l'autre, mais il était semblable à celui de 1991. Les dégâts foliaires ont été minimes, en 1992, l'incidence des insectes, des maladies ou des facteurs abiotiques ayant été infime.

Hybrides de l'épinette rouge et de l'épinette noire

Des hybrides de l'épinette rouge et de l'épinette noire sont observés dans 1 parcelle de l'Île-du-Prince-Édouard et dans une autre au Nouveau-Brunswick.

Résultant de l'introgression des épinettes à divers degrés avec les 2 essences parentales, ces épinettes sont considérées comme hybrides pour les besoins du présent rapport. En 1992, aucune mortalité n'a été signalée. De 1984 à 1992, ce taux a été en moyenne de 1,0 %. Entre 1988 et 1992, l'état de beaucoup d'arbres s'est détérioré. En 1988, plus de 90 % des arbres se trouvaient dans la classe 3. Depuis, leur état s'est soit amélioré, et les arbres sont passés dans les classes 1 et 2, soit dégradé, et les arbres sont passés à la classe 4. En 1992, la dégradation s'est ralentie, mais il est encore trop tôt pour dégager une tendance. Les arbres conservent bien leurs aiguilles, puisqu'ils n'hébergent aucun parasite. En 1992, l'état du feuillage était généralement stable, les dégâts dus aux insectes, aux maladies ou aux agents abiotiques étant infimes.

Épinette de Sitka (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.)

Essence mineure de plusieurs parcelles de la Colombie-Britannique, l'épinette de Sitka n'a souffert d'aucune mortalité ni d'aucune altération de la couleur de son feuillage en 1992. Tous les arbres étaient en bon état et possédaient tout leur feuillage normal.

Épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss)

L'épinette blanche est bien représentée sur 1 parcelle de Terre-Neuve, 2 de la Nouvelle-Écosse, 1 du Nouveau-Brunswick, 3 de l'Ontario, 2 de la Saskatchewan, 2 de l'Alberta et 2 de la Colombie-Britannique.

À la création du DNARPA, on a tenté de la voir représentée dans toutes les régions, afin de disposer d'une essence autorisant des comparaisons à l'échelle nationale. Jusqu'à ce jour, le taux global de mortalité de l'essence, inférieur à 1 %, a été attribué à l'éclaircie naturelle des peuplements. L'état des arbres reste généralement bon (cimes en santé, bonne conservation des aiguilles et peu de changements depuis l'établissement des parcelles) (figure 6).

En Ontario, l'état de l'épinette blanche s'est amélioré en 1992, tous les arbres faisant partie des classes 1 à 3. C'est mieux qu'en 1991, car 18 % des arbres souffraient alors d'une défoliation légère à grave et faisaient partie des classes 4 à 7. En Saskatchewan, la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) a légèrement ravagé, pour la deuxième année consécutive, le feuillage de l'année. La rouille des aiguilles (*Chrysomyxa ledicola* Lagh.) a provoqué une

augmentation de l'effectif des arbres des classes 2 et 3. Beaucoup d'arbres ont été légèrement défoliés par cette maladie. Parmi les autres parasites qui ont causé de légers dommages, citons le puceron gallicole de l'épinette (*Adelges lariciatus* [Patch]) ainsi que la cécidomyie gallicole de l'épinette (*Mayetiola piceae* [Felt]). La plupart des arbres de la Colombie-Britannique étaient en bonne santé et possédaient tout leur feuillage normal, sauf les arbres dominés.

Le feuillage de l'essence a subi des dommages faibles partout au pays. Dans les Maritimes, en 1992, on n'a observé que des traces de dégâts dus aux insectes, aux maladies ou aux causes abiotiques. En Ontario et au Québec, une défoliation causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette variait de légère à grave. Dans la région du Nord-Ouest, beaucoup d'arbres avaient des traces de défoliation, accompagnées d'une perte d'aiguilles, causées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la rouille des aiguilles.

Pruche occidentale (*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.)

L'essence est bien représentée dans 8 parcelles de la Colombie-Britannique. En 1992, on n'a déploré aucune mortalité. Dans le bas de la cime, le dépérissement dû à l'étiollement naturel et à la concurrence dans les peuplements au couvert fermé a altéré la couleur du feuillage. La plupart des arbres étaient en bonne santé et possédaient tout leur feuillage normal. À peine 6 % étaient défoliés jusqu'à 25 %, et 2 % l'étaient jusqu'à 50 %. La plupart de ces derniers étaient des arbres de l'étage dominé ou des arbres intermédiaires dominés par un couvert dense, tandis que 6 avaient été étêtés par des orages.

Douglas taxifolié (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)

Le douglas taxifolié est bien représenté dans 6 parcelles de la Colombie-Britannique. En 1992, la mortalité, de 0,7 %, a été causée par l'éclaircie naturelle et les orages. Chez 9 % des sujets, jusqu'à 25 % du feuillage manquait. Cela a été attribué au dépérissement naturel des dominés dans les peuplements denses, au couvert fermé. Un arbre avait été étêté par l'orage (10 à 20 % de la cime). L'état des arbres était légèrement meilleur qu'en 1991.

Beaucoup d'arbres ont également souffert des attaques de la tordeuse occidentale (*Choristoneura occidentalis* Freeman). L'une des parcelles se trouve dans l'aire d'infestation qui, en 1992, s'étendait sur

plus de 340 000 ha dans le sud de la Colombie-Britannique. Dans cette parcelle, 15 % des arbres étaient défoliés à plus de 50 %; 55 % l'étaient à 26 à 50 % et 30 % l'étaient à moins de 25 %.

Sapin subalpin (*Abies lasiocarpa* [Hook.] Nutt.)

Le sapin subalpin est une essence mineure de 3 parcelles de la Colombie-Britannique. En 1992, on ne déplore aucune mortalité. Tous les arbres possédaient tout leur feuillage normal, dont la couleur n'était pas altérée.

Sapin gracieux (*Abies amabilis* [Dougl.] Forbes)

Le sapin gracieux est bien représenté dans 2 parcelles de la Colombie-Britannique. En 1992, 2 % des arbres ont succombé aux séquelles de la concurrence, de l'étiollement et de l'attaque d'un scolyte (*Pseudohylesinus sericeus* [Mannerheim] [= *P. grandis* Swaine]).

La plupart des arbres étaient en bonne santé et possédaient tout leur feuillage normal, bien que 9 % d'entre eux aient subi une défoliation à 25 % et que 1 % d'entre eux se fussent trouvés dans chacune des classes inférieures (5, 6 et 7) de défoliation. Tous les arbres étaient des sujets dominés ou intermédiaires, sous couvert fermé, et les pertes du feuillage étaient dues à une éclaircie naturelle ou au dépérissement sous le couvert fermé.

L'altération de la couleur du feuillage (chlorose et coloration brun rougeâtre) a été infime à modérée. En moyenne, la couleur du feuillage de 80 % des arbres des parcelles était altérée par la brûlure des aiguilles à *Phaeocryptopus nudus* (Peck) Petrank et par l'étiollement naturel dû au couvert fermé.

Sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.)

Le sapin baumier est bien représenté dans 7 parcelles de Terre-Neuve, 5 de la Nouvelle-Écosse, 3 du Nouveau-Brunswick, 5 du Québec et 1 de l'Ontario.

Le taux de mortalité du sapin baumier a été au moins égal au taux auquel on pouvait s'attendre du fait de l'éclaircie naturelle. Dans toutes les régions, il a été d'environ 1 %, et il a été provoqué par l'éclaircie des peuplements. Des pertes supplémentaires sont imputables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au longicorne gris, à d'autres insectes et au bris par le vent. Des taux supérieurs de mortalité (2,6 %) ont été observés dans la région des Maritimes. Ils étaient dus à la défoliation provoquée par la tordeuse des

bourgeons de l'épinette et aux attaques subséquentes des scolytes. Dans certaines localités, le taux de mortalité imputable à la tordeuse et aux ravageurs secondaires était beaucoup plus élevé, 40 et de 32 % ayant été observés dans 2 parcelles de l'est de la Nouvelle-Écosse et 29 % dans 1 du Nouveau-Brunswick. Au Québec, 2 arbres sont morts en 1992.

L'état du sapin baumier reste inchangé ou s'est amélioré à cause du lent déclin des effectifs de la tordeuse. À Terre-Neuve, 94 % de tous les arbres appartenaient aux classes 1 à 3, soit la même répartition qu'en 1991. Dans les Maritimes, le taux de mortalité a graduellement augmenté, du fait de la mort d'arbres dominés puis affaiblis par les attaques des insectes. La proportion des arbres en grande partie intacts des classes 3 et 4 a aussi lentement diminué (figure 7). L'état des arbres d'une parcelle à l'autre varie selon les antécédents d'infestation des insectes. Le sapin baumier était à son mieux dans une parcelle de l'ouest de la Nouvelle-Écosse où la tordeuse n'a pas été vue au cours des 30 dernières années. La conservation du feuillage de l'année s'améliore également, ce qui traduit l'abaissement des effectifs de la tordeuse.

Au Québec, l'état des cimes est en grande partie stable depuis 1990, sauf si l'on compte un léger déclin dans 1 parcelle de l'ouest de la province, où le pourcentage d'arbres de la classe 3 est passé de 100 % en 1989 à 56 % en 1992 (figure 8). La plupart des arbres en déclin souffraient de dégâts dus aux insectes ou aux maladies. En Ontario, l'état des cimes s'est dégradé depuis 1988. En 1992, 22 % seulement des arbres étaient en bonne santé, c'est-à-dire qu'ils appartenaient aux classes 1 à 3.

Les dégâts foliaires étaient fréquents : légères attaques de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans les Maritimes et en Ontario; de la cécidomyie du sapin à Terre-Neuve et de l'arpenteuse de la pruche au Nouveau-Brunswick. Dans 2 parcelles du sud et de l'est du Québec, les dégâts des insectes et des maladies ont augmenté, réduisant de ce fait même le taux de conservation des aiguilles. Dans les autres parcelles du Québec, les dégâts foliaires ont diminué et le taux de conservation des aiguilles a été au moins aussi bon qu'auparavant.

Thuya géant (*Thuja plicata* Donn)

Le thuya géant est bien représenté dans 2 parcelles de la Colombie-Britannique. Un arbre chablis est mort en 1992. La plupart des arbres étaient en bon état et possédaient tout leur feuillage intact. Dans chaque parcelle, 3 arbres dominés ont perdu jusqu'à 25 % de leur feuillage, à cause de l'étiollement sous un couvert fermé. En 1992, la couleur du feuillage n'a pas subi d'altération.

Peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.)

Le peuplier à grandes dents est une essence mineure de 1 parcelle de la Nouvelle-Écosse et de 3 de l'Ontario. En 1992, il n'en est mort qu'un seul, en Ontario, de causes naturelles. L'état des cimes était semblable à ce qui avait été signalé en 1991, la proportion d'arbres en bonne santé ayant augmenté. La défoliation se trouvait à des taux négligeables, bien que certains arbres aient été traumatisés par la sécheresse et, peut-être, par le pourridié agaric.

Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.)

Le pauplier faux-tremble est bien représenté dans 1 parcelle de l'Île-du-Prince-Édouard, 2 de l'Ontario, 1 du Manitoba et 1 de la Saskatchewan.

Dans les Maritimes, on n'a pas observé de mortalité depuis le début des mesures. En Ontario, même constat pour 1992. Dans la région du Nord-Ouest, 1 arbre est mort. Il avait été infecté par la carie blanche du tronc (*Phellinus tremulae* [Bond.] Bond. & Boriss). Le taux cumulatif de mortalité de l'essence dans la région, depuis 1985, s'élève à 27,2 %, et le taux annuel à 3,9 %. Imputable à l'éclaircie naturelle, il est exacerbé par les insectes défoliateurs et par les gels printaniers tardifs.

Dans les Maritimes, le peupliers faux-tremble a subi un dépérissement des ramilles ou des branches, et la plupart des arbres étaient des classes 3 ou 4. En Ontario, l'état des arbres a peu changé depuis 1991. Dans les deux parcelles, plus de 70 % des peupliers faux-trembles étaient touchés à moins de 25 % par le dépérissement (classes 1 à 3), mais, dans 1 parcelle, on a observé une augmentation du nombre d'arbres touchés par un dépérissement modéré à grave. Ce dernier était causé par les défoliations de la livrée des forêts, de 1989 à 1991. Dans la région du Nord-Ouest, où le dépérissement des branches était répandu au cours des années antérieures, la situation des cimes avait peu changé en 1992.

Les dégâts subis par le feuillage du peuplier faux-tremble ont été minimes dans toutes les régions bien que dans la région du Nord-Ouest, on a observé des dégâts infimes à légers qui ont été causés par divers facteurs biotiques et abiotiques : tache des feuilles (*Marssonina tremuloides* Kleb.), rouille des feuilles (*Melampsora medusae* Thuem.) et tordeuse du tremble (*Choristoneura conflictana* [Walker]). On a également observé les déprédatations d'une mineuse (*Phyllonorycter* sp.) et, parfois, les dégâts de la saperde du peuplier (*Saperda calcarata* Say). La carie blanche du tronc a causé des dégâts, tandis

qu'on a relevé une maladie provoquant une coloration et une carie (*Peniophora polygonia* [Pers.:Fr.] Bourd. et Gaby.) chez 21 % des arbres de 1 parcelle du Manitoba. Un arbre était également infecté par le chancre hypoxylonien (*Hypoxylon mammatum* [Wahlemb.] P. Karsten).

Bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.)

Le bouleau à papier est bien représenté dans 1 parcelle de la Nouvelle-Écosse, 1 du Nouveau-Brunswick, 2 du Québec et 4 de l'Ontario.

En 1982, 2 bouleaux affaiblis sont morts, l'un dans les Maritimes et l'autre au Québec. Dans les Maritimes, l'arbre se trouvait dans une région où on observe de façon chronique, depuis le début des années 80, l'altération prématurée de la couleur du feuillage. L'arbre était presque mort en 1991, beaucoup de ses branches frappées par le dépérissement. Le taux cumulatif de mortalité en 1992 était de 13,8 %, tous les cas ayant été observés dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Le taux annuel moyen pour la période de 1984 à 1992 est de 1,7 %. Les arbres morts se trouvaient dans la région qui avait été exposée à une forte incidence du brouillard acide.

Dans les Maritimes, la plupart des arbres se trouvaient dans les classes 1 à 4. Le taux de mortalité augmente graduellement avec la mort des arbres les plus mal en point. L'état des arbres a commencé à s'améliorer en 1989 et a continué depuis, sans interruption, ce qui porte à croire à la fin du dépérissement et du déclin (figure 9). Hors de la région de la baie de Fundy, le bouleau à papier est en bonne santé: on n'a constaté aucune mortalité en Nouvelle-Écosse ou dans le nord du Nouveau-Brunswick, et tous les arbres se trouvent dans les classes 1 à 4. Dans les parcelles près de la baie de Fundy, 30 % des arbres sont morts et la moitié se trouvent dans la classe 5 ou les classes inférieures. Au Québec, les arbres de la classe codominante de la parcelle du mont Mégantic continuent de décliner, à cause d'infestations antérieures d'insectes. Par ailleurs, l'état du bouleau à papier n'a pas changé depuis 1991, la plupart des arbres (62 %) étant dans la classe 4.

En Ontario, l'état des arbres s'est légèrement détérioré depuis 1991, poursuivant l'évolution commencée en 1988 (figure 10). Ce déclin a été des plus évidents dans 1 parcelle qui, de 1989 à 1992, avait subi une défoliation légère à modérée. Dans celle-ci, 17 % des arbres étaient affligés d'un dépérissement grave (classes 6 et 7); 22 % seulement étaient en bonne santé (classes 1 à 3). Le pourcentage d'arbres en bonne santé dans 2 autres parcelles était de 92 et de 53 %, respectivement.

Dans 1 parcelle, on a observé une attaque du pourridié agaric : la situation est susceptible de se détériorer davantage.

En 1992, les dégâts au feuillage étaient infimes ou légers dans les Maritimes et au Québec. En Ontario, l'agrile du bouleau et le pourridié agaric ont sévi, et l'incidence de la carie chez les arbres attaqués était élevée.

Bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton)

Le bouleau jaune est bien représenté dans 1 parcelle de Terre-Neuve et 3 du Québec; c'est une essence mineure de 3 parcelles du Nouveau-Brunswick. Seulement 2 bouleaux sont morts au Québec, à cause de blessures mécaniques, de chancres de la tige ou des deux, depuis 1986-1987.

La cime de ces arbres était en bon état, un peu de dépérissement ayant été observé dans les Maritimes. Au Québec, la situation s'est améliorée, de 20 à 30 % des arbres étant passés de la classe 4 à la classe 3 en 1992. Toutefois, dans 1 parcelle du sud de cette province, elle s'est aggravée, 50 % étant dans la classe 4 contre 21 % en 1991.

À Terre-Neuve, le porte-case du bouleau et des acariens ont provoqué de légers dégâts tandis que l'on a observé d'infimes dommages causés par les insectes, les maladies et les facteurs abiotiques.

Hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.)

Le hêtre à grandes feuilles est bien représenté dans 1 parcelle du Québec. Aucun n'est mort en 1992. Les cimes, en bonne santé, se trouvaient dans les mêmes classes que par les années antérieures. Certaines maladies des feuilles ont été observées chez 60 % des arbres, alors qu'aucune n'avait été observée en 1991.

Chêne rouge (*Quercus rubra* L.)

Le chêne rouge est bien représenté dans 2 parcelles du Québec et 1 de l'Ontario. Un seul arbre est mort en 1992, au Québec, de causes inconnues.

Dans cette province, la situation des arbres du mont Saint-Hilaire continuent de se dégrader, plus de la moitié étant dans la classe 5 ou les classes inférieures, ce qui signifie qu'ils sont mal en point ou près de mourir. Des évaluations supplémentaires ont révélé plusieurs causes de traumatismes. Dans l'autre parcelle, les cimes sont dans le même bon état que par les années antérieures. En Ontario, un nombre égal d'arbres a vu sa situation soit

s'améliorer, soit s'aggraver. La plupart (70 %) étaient affligés d'un dépérissement infime à léger, tandis que la défoliation causée par les insectes a été infime.

Cerisier tardif (*Prunus serotina* Ehrh.)

Le cerisier tardif est bien représenté dans 1 parcelle du Québec. Aucun arbre n'est mort en 1992. Les cimes étaient dans le même bon état que par les années antérieures. On a observé des maladies du feuillage : 75 % des arbres étaient affligés à un degré infime par la tache foliaire, contre 45 et 38 % en 1991 et en 1990, respectivement.

Érable rouge (*Acer rubrum* L.)

L'érable rouge est bien représenté dans 1 parcelle de la Nouvelle-Écosse et 1 de l'Ontario, tout en constituant une essence mineure dans 4 parcelles de la Nouvelle-Écosse, 4 du Nouveau-Brunswick, 2 du Québec et 3 de l'Ontario.

Aucun arbre n'est mort en 1992, et la mortalité annuelle moyenne jusqu'à ce jour se chiffre à 1,5 % dans les Maritimes et à 0,2 % dans l'Ontario, ce qui est dans la fourchette normale de la mortalité attribuable à l'éclaircie naturelle. Un arbre a été tué par le bris de sa tige.

Dans les Maritimes, l'état des arbres se détériore depuis 5 ans. Même si les arbres de la parcelle du Nouveau-Brunswick sont les plus mal en point, l'évolution la plus notable a été observée dans l'une des parcelles de la Nouvelle-Écosse, où 82 % des arbres étaient de la classe 1 en 1988 et 72 % de la classe 4 en 1992. Rien n'explique encore ce changement. Dans les mêmes parcelles, la situation des conifères s'est également détériorée. En Ontario, cette aggravation a été constante depuis 1988. On l'a attribuée à la sécheresse qui a commencé à la fin des années 80 et dont les arbres ne se sont pas encore remis.

On a observé des dégâts infimes au feuillage, causés par les insectes, les maladies et des facteurs abiotiques. Dans tous les cas, leur gravité a diminué depuis 1988. Les symptômes imputables aux facteurs abiotiques se sont légèrement aggravés chez les arbres de 1 parcelle (à l'état de traces). En Ontario, la défoliation et les maladies foliaires telles que la tache goudronneuse, dont l'incidence est infime à légère depuis 1989, ne sont pas considérées comme des facteurs importants de l'état des arbres. Toutefois, des dégâts mécaniques et les caries consécutives ont été observés dans 1 parcelle où se trouvent la moitié des érables rouges.

Érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.)

L'érable à sucre est bien représenté dans 1 parcelle du Nouveau-Brunswick, 8 du Québec et autant de l'Ontario. Aucun arbre n'est mort en 1992, et, jusqu'à maintenant, le taux de mortalité, normal, a été imputé à l'éclaircie naturelle.

Dans les Maritimes, les arbres, en bon état, sont presque tous dans les classes 3 ou 4. D'une année à l'autre, on n'observe aucune évolution: on constate que la mort des rameaux, et un peu des branches, est largement répandue chez les érables à sucre, mais qu'elle affecte peu à long terme l'état des arbres.

Au Québec, la situation de l'érable à sucre s'est améliorée dans 2 parcelles où les arbres sont passés de la classe 4 à la classe 3. Dans 1 parcelle, les arbres, mis à mal en 1988 et 1989, ont profité du déclin de l'infestation du thrips du poirier (*Taeniothrips inconsequens* [Uzel]). Le taux de défoliation causé par cet insecte est passé de 45 % en 1988 et 1989 à 10 % en 1992. Dans une parcelle (n° 314), au nord de Québec, l'état des arbres s'est légèrement aggravé depuis 1991, la proportion d'arbres dans la classe 3 étant passée de 17 à 30 %. En Ontario, l'état des arbres s'est en général légèrement dégradé depuis 1991 (figure 11).

Dans les Maritimes, les dégâts foliaires causés par les insectes, les maladies et les facteurs abiotiques étaient infimes — le taux le plus faible depuis 5 ans. Au Québec, la couleur du feuillage de 47 % des arbres de la parcelle 314 était anormale. Le phénomène, observé plusieurs années, n'a aucune cause apparente. Les insectes défoliateurs ont sévi presque partout en Ontario, seules 2 parcelles n'ayant été que légèrement ravagées. Toutefois, on a observé de nombreux chancres de la tige et des caries consécutives aux atteintes physiques.

Discussion et conclusions

D'après l'examen des parcelles du DNARPA, en 1992, aucun déclin à grande échelle de l'état de santé des forêts du Canada ne saurait être imputé directement à la pollution atmosphérique. Cette conclusion ressemble à celle des évaluations antérieures. Après avoir recherché les symptômes classiques de la pollution atmosphérique, nous en avons trouvé peu de manifestations. Les dégâts qui peuvent être attribués à la pollution atmosphérique ont été décrits chez le bouleau de la région de la baie de Fundy, au Nouveau-Brunswick, mais leur incidence était inférieure à celle des années antérieures. Il se peut, bien entendu, que des arbres aient été affaiblis ou traumatisés par des facteurs

extérieurs tels que la pollution atmosphérique, mais ce traumatisme n'est pas évident. On a souvent observé les effets des insectes, des maladies, de la sécheresse et des tempêtes.

En 1992, le taux de mortalité a été faible, de 1,22 % dans l'ensemble. Chez les conifères, il a été de 1,33 %, tandis qu'il a été de 0,81 % chez les feuillus. L'éclaircie naturelle des peuplements et, parfois, d'autres causes connues ont été incriminées. Les taux supérieurs de mortalité ou de dégâts observés chez le pin gris, le sapin baumier, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble ont été attribués au bris causé par le vent, au pourriidié-agaric, aux chancres de la tige et à la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou d'autres insectes défoliateurs.

Le sapin baumier et l'érable à sucre se sont remis, dans une certaine mesure, des séquelles des dégâts infligés par la tordeuse et par le thrips du poirier, respectivement. Le brunissement du feuillage et le dépérissement observés chez le bouleau à papier de la région de la baie de Fundy ont cessé, et les arbres qui étaient les mieux en point semblent se rétablir, tandis que les sujets les plus touchés continuent de décliner. Près des localités touchées, les concentrations d'ozone et le brouillard acide ont été plus faibles récemment, ce qui a concordé avec la réduction des dégâts. En 1991, on a parfois observé, chez diverses espèces des Maritimes, des symptômes qui ressemblaient à ceux que cause l'ozone : mouchetures, chlorose et altération de la couleur de la bordure des feuilles. Cependant, aucun dégât du genre n'a été observé en 1992.

En Ontario, de vastes étendues de forêts feuillues ont été défoliées à divers degrés par la livrée des forêts, la squeletteuse du bouleau. La tordeuse des bourgeons de l'épinette et la tordeuse du pin gris ont également influé sur l'état de santé de plusieurs essences résineuses. En 1992, les observations portent à croire que la sécheresse, dont le rôle avait été majeur par les années passées, a en grande partie cessé d'être un facteur de la dégradation de l'état de santé des arbres, puisque la pluviosité a presque atteint ou a même dépassé la normale dans la plupart des régions. Dans le nord-ouest de l'Ontario, toutefois, subsistent des poches localisées de sécheresse, laquelle a traumatisé et tué des pins gris.

Dans la région du Nord-Ouest, la mortalité supérieure à la normale chez le peuplier faux-tremble a été attribuée à un concours de facteurs (insectes, maladies et gels inhabituels) et qui ont agi sur les vieux arbres, peu vigoureux au départ. En Colombie-Britannique, la plus grande partie de la mortalité avait comme source les dégâts causés par les orages.

Bibliographie choisie

- Auclair, A.N.D. 1987. The distribution of forest declines in eastern Canada. In Kairukstis, L., S. Nilsson, and A. Straszak (eds.), Proc. Workshop on Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences. IIASA, A-2361, Laxenburg, Austria.
- Berrang, P.; Karnosky, D.F.; Bennett, J. P. 1991. Natural selection for ozone tolerance in *Populus tremuloides*: an evaluation of nationwide trends. Can. J. For. Res. 21: 1091-1097.
- Berry, C.R. 1973. The differential sensitivity of Eastern White Pine to three types of air pollution. Can. J. For. Res. 3: 184-187.
- Bormann, F.H. 1985. Air pollution stresses on forests. Bioscience 35(7): 434-441.
- Cerezke, H.F.; Emond, F.J. 1989. Forest insect and disease conditions in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, and the Northwest Territories in 1987. Northern Forestry Centre, Forestry Canada, Inf. Rep. NOR-X-300.
- D'Eon, S.P; Power, J.M. 1989. Réseau de parcelles du Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides. For. Can., Institut forestier national de Petawawa. Rapp. d'inf. PI-X-91. 119 p.
- Fraser, G.A. 1989. Lutte contre les pluies acides : Avantages potentiels en foresterie commerciale pour le Canada. For. Can., Ottawa (Ontario). Rapp. d'inf. E-X-42. 31 p.
- Garner, J.H.B.; Pagano, T.; Cowling, E. 1989. An evaluation of the role of ozone, acid deposition and other airborne pollutants in the forests of eastern North America. USDA For. Serv. Southeast For. Expt. Sta., Asheville, N.C., Gen. Tech. Rep. SE-59. 172 p.
- Gregorius, H.R. 1989. The importance of genetic multiplicity for tolerance of atmospheric pollution. Pages 163-172 in Scholtz, F., H.R. Gregorius, and D. Rudin (eds.), Genetic effects of air pollutants in forest tree populations. Springer-Verlag, Berlin.
- Hall, J. P. 1991. Rapport annual 1990 sur le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides (DNARPA). Forêts Canada, Ottawa (Ontario). Rapp. d'inf. ST-X-1.
- Hall, J. P.; Addison, P.A. 1991. En riposte à la pollution atmosphérique : Le DNARPA permet de prendre le pouls des forêts du Canada. For. Can., Ottawa (Ontario). Rapp. d'inf. DPC-X-34.
- Hall, J.P.; Pendrel, B.A. 1993. Rapport annual 1991 sur le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides (DNARPA). Forêts Canada, Ottawa (Ontario). Rapp. d'inf. ST-X-5.

- Magasi, L.P. 1988. Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides : Guide pour l'établissement et la surveillance des parcelles. Serv. can. forêts, Ottawa (Ontario). Rapp. d'inf. DPC-X-25F.
- Magasi, L.P. 1989. White birch deterioration in the Bay of Fundy region, New Brunswick 1979-1988; Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-177.
- Magasi, L.P. 1992. Forest pest conditions in the Maritimes in 1991. Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-181.
- Malhotra, S.S.; Blauel, R.A. 1980. Diagnosis of air pollutant and natural stress symptoms on forest vegetation in western Canada. Can. For. Serv., North For. Res. Centre, Edmonton, Alta., Inf. Rep. NOR-X-228. 84 p.
- Manion, P.D. 1981. Tree disease concepts. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Mueller-Dombois, D., 1987. Natural dieback in forests. Bioscience 37(8) : 575-583.
- National Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP). (n.d.). Diagnosing injury to eastern forest trees. NAPAP Forest Responses Program, Vegetation Survey Research Cooperative, USDA, U.S.F.S. 122 p.
- Waring, R.H., 1987. Characteristics of trees predisposed to die. Bioscience 37(8): 569-574.

ARNEWS Informe Anual 1992

Índice

Agradecimiento	31
Resumen .	31
Introducción	31
Métodos	34
El estado de los bosques de Canadá	35
Comentarios y conclusiones	42
Bibliografía selecta	43

©Ministro de la suministración y de los servicios de Canadá, 1993
No de catálogo Fo29-33/7-1992
ISBN 0-662-59907-1
ISSN 0705-324X

Para obtener ejemplares gratis, escriban a:
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ottawa, Ontario
K1A 1G5

Se puede comprar una edición sobre microficha de este publicación a:
Micromedia Ltd.
Place du Portage
165 Hôtel-de-Ville Street
Hull, Quebec
J8X 3X2

Producción: Paula Irving
Disposición: Steven Blakeney, Francine Langevin

Esta edición en español no ha sido revisado.

Agradecimiento

El sistema nacional de detección temprana de lluvia ácida (ARNEWS por su sigla en inglés) fue concebido y elaborado por el personal del ministerio de Silvicultura de Canadá (Forestry Canada) que está encargado de su ejecución. Este esfuerzo colaborativo incluye la preparación de este informe que es el resultado de análisis e informes previos. El autor desea agradecer la asistencia de Caroline Cook de Science and Sustainable Development Directorate que preparó las ilustraciones del informe.

El grupo de Estudio sobre Insectos y Enfermedades Forestales (FIDS por su sigla en inglés) desempeña un papel preponderante en el funcionamiento del ARNEWS por intermedio del personal de laboratorio, análisis y administración. El ARNEWS forma parte del programa Desplazamiento de Contaminantes Atmosféricos a Grandes Distancias (Long Range Transport of Atmospheric Pollutants—LRTAP) que realiza Forestry Canada y está vinculado al Plan Verde de Canadá a través del programa ministerial "Socios para un Desarrollo Forestal Sostenido".

Resumen

El sistema nacional de detección temprana de lluvias ácidas (ARNEWS) se halla en funcionamiento desde 1984 con el fin de detectar los síntomas precoces de deterioro de los bosques canadienses. El ARNEWS es un programa de observación a largo plazo diseñado para detectar cambios en la vegetación y los suelos de los bosques. Las parcelas del ARNEWS son establecidas y evaluadas por el grupo de Estudio sobre Insectos y Enfermedades Forestales (FIDS) de Forestry Canada. El papel del FIDS en el ARNEWS consiste en identificar todos los tipos y grados de daños forestales, separando los causados por factores naturales tales como insectos, enfermedades y clima de los producidos por factores antropogénicos tales como la explotación del bosque y la contaminación atmosférica. Este documento describe el estado de salud de 18 especies de coníferas y de 9 especies de frondosas incluyendo zonas que cuentan entre las más afectadas por la contaminación atmosférica en Canadá. No hay indicios de deterioro a gran escala en nuestros bosques y hay escasa evidencia de síntomas de contaminación. Además, se observaron pocos síntomas de contaminación y los síntomas que parecen síntomas de contaminación, se debieron a factores naturales. Una excepción es la zona de la Bahía de Fundy, en Nuevo Brunswick, donde el marchitamiento descendente observado en extensas poblaciones de abedules es coincidente con la presencia de niebla ácida y del ozono.

Introducción

Los bosques canadienses constituyen un valioso recurso económico y social. Su mantenimiento es esencial para el bienestar del país. Las preocupaciones sobre el estado de los bosques frente a los cambios ambientales condujo a Forestry Canada (conocido entonces como Servicio Forestal Canadiense) a establecer un sistema nacional de detección temprana de lluvias ácidas (ARNEWS) en 1984. Esta red nacional de observación fue diseñada con objeto de detectar los síntomas precoces de los efectos de las lluvias ácidas en los bosques de Canadá para, de este modo, prevenir daños posibles. El término "lluvia ácida" abarca todas las formas de contaminación atmosférica tales como precipitaciones húmedas o precipitaciones secas de sulfatos, (SO_4), nitratos (NO_3), gases contaminantes (ozono, O_3), y partículas en suspensión en el aire.

El ARNEWS utiliza una serie uniforme de mediciones tomadas de parcelas permanentes de muestreo establecidas por el grupo de Estudio sobre Insectos y Enfermedades Forestales (FIDS) de Forestry Canada con objeto de evaluar el estado de los bosques. Los datos recogidos son supplementados con los resultados de otros estudios e investigaciones llevados a cabo por el FIDS y sus colaboradores. La estrategia del programa de ARNEWS es de detectar síntomas precoces de degradación de árboles o de suelos del bosque atribuibles a las lluvias ácidas, aislando los daños imputables a causas naturales o la explotación del bosque. Dicho programa debe observar a largo plazo, los cambios de la vegetación y de los suelos atribuibles a precipitaciones ácidas y a otros contaminantes. Puesto que los síntomas de la contaminación atmosférica son poco específicos, a menudo suelen confundirse con daños causados por otros agentes. La experiencia de los técnicos de campo del FIDS, capacitados para distinguir entre estos síntomas y los producidos por condiciones climáticas anormales, deficiencias en nutrientes y efectos de los insectos y enfermedades, es decisiva para separar los efectos de la degradación normal del bosque de los efectos producidos por la contaminación atmosférica.

A través de Canadá se han establecido parcelas en ecosistemas forestales representativos haciendo hincapié en las especies de árboles de mayor importancia comercial y en zonas donde se sabe que hay precipitaciones ácidas. El sistema ARNEWS fue concebido para evaluar todos los tipos de bosques, aunque de momento, especies que aparecen esporádicamente a pesar de su gran interés público o de presencia en las noticias, tales como el roble (*Quercus* sp.), el olmo (*Ulmus* sp.), el hickory genuino (pacanero) (*Carya* sp.) o el nogal europeo (*Juglans*

sp.), se hallan escasamente representadas. Otros tipos de bosque tales como los bosques de frondosas boreales y ciertos tipos de bosque del sur de Colombia Británica no están bien representados. Para completar el sistema se ha planificado establecer algunas parcelas más en 1993.

La publicación de informes anuales comenzó en 1991 y en ese primer informe se concluía que no había pruebas de deterioro a largo plazo en el estado de los bosques canadienses, aunque se daba como posible que ciertos árboles hubiesen sido debilitados o sufriesen presión ambiental a causa de la contaminación atmosférica y que esta debilidad quedase latente. Los resultados posteriores confirmaron generalmente esta posición.

La contaminación atmosférica produce efectos sutiles en la fisiología de los árboles o en la química del suelo, tales efectos pueden quedar encubiertos bajo las condiciones naturales. Muchos árboles evaluados como parte del ARNEWS han sufrido presión ambiental debido a condiciones climáticas, enfermedades causadas por insectos y otras condiciones típicas de los ecosistemas forestales. Sin embargo, árboles individuales resultan alterados por la presión del ambiente y se ponen susceptibles a insectos y organismos que causan enfermedades que pueden llegar a ocasionarles la muerte. Normalmente los ecosistemas forestales no sufren daños permanentes y recuperan un estado parecido a su condición original. Normalmente es la interacción de varios factores abióticos y bióticos que producen un bosque en mal estado, no los efectos de un factor único. Es en este contexto que se interpretan los datos del ARNEWS.

Los resultados hasta la fecha demuestran que la mortalidad estuvo generalmente en un nivel normal de 1 a 2% y se atribuyó a factores naturales. Descripciones detalladas de las principales especies de árboles canadienses mostraron que casi todo el daño se debió a presiones identificables. Un sistema de detección temprana destinado a observar y vigilar condiciones sigue siendo una parte esencial de nuestro esfuerzo para mantener el carácter sustentable de los bosques de Canadá. Este es el tercero de la serie de informes anuales sobre el estado de los bosques de Canadá y sintetiza los resultados de las mediciones hechas en 1992.

❖ Presión ambiental y decadencia en los bosques ❖

Hay muchas presiones ambientales que actúan sobre los árboles desde el momento en que germinan hasta que mueren. Los árboles de los bosques son organismos biológicamente diversos y han adoptado varias estrategias de protección para combatir las

presiones del ambiente. Los ecosistemas forestales muy pocas veces sufren daños permanentes a causa de la presión, excepto en casos severos, cuando el ecosistema es empujado más allá de su capacidad de resistencia. En esos casos se estabiliza a un nivel diferente o decae y se deteriora completamente.

En los bosques, más árboles mueren a consecuencia de la competencia directa que de todas las presiones combinadas, un factor que causa alrededor de 2% de mortalidad anual en los rodales jóvenes. A medida que los rodales envejecen el raleo natural se completa y la mortalidad decrece. Esto es lo que se considera la mortalidad "normal" en los bosques. La competencia natural ocurre cuando los árboles compiten por espacio donde crecer, radiación solar, agua, o nutrientes esenciales. En los rodales explotados intensamente o plantaciones, este tipo de presión es menos común que en los bosques naturales porque en éstos, la densidad está controlada.

Hay otras presiones que afectan el estado del bosque dentro de las cuales se incluyen insectos y enfermedades, presiones climáticas (sequía, tormentas, extremos de calor y frío, daños mecánicos ocasionados por el hielo y la nieve), y exposición a la sal del mar y a substancias químicas. Las presiones químicas naturales debidas a deficiencias de nutrientes (nitrógeno) o excesos de substancias tóxicas en el suelo (aluminio) también afectan a los bosques. Estos factores a menudo aumentan la mortalidad anual por encima del nivel del 2%.

El decaimiento del bosque es un resultado de estas presiones. El decaimiento es un pérdida progresiva de vigor y salud, causada por una interacción de factores bióticos y abióticos que produce un deterioro gradual y general. El decaimiento se considera también una respuesta progresiva, que comienza con el marchitamiento descendente y termina con la mortalidad a medida que la presión aumenta. El decaimiento se observa en árboles maduros que exhiben una amplia gama de síntomas y sucede en zonas extensas. Se considera que los decaimientos forestales en gran escala de Europa fueron iniciados por sequía y heladas, pero se estima que muchos años de acumulación de sustancias contaminantes ejercieron presión sobre estos bosques. Los árboles sufren alteraciones a causa del ataque primario de insectos y enfermedades y cuando un árbol resulta dañado su estado fisiológico se altera. En ese momento son susceptibles a organismos facultativos, organismos que ya sea no afectarían al árbol ni causarían serio daño a menos que éste haya sido debilitado previamente. Las combinaciones de presiones tales como el ataque de insectos, enfermedades o la exposición a la contaminación atmosférica causan más daño que en forma aislada. Los árboles han

desarrollado defensas naturales contra otras presiones de organismos vivos como los insectos defoliadores y los barrenillos de la corteza. Responden a estos insectos reduciendo el sabor agradable de sus hojas o inundando los tejidos con resina.

Raras veces son las causas del decaimiento forestal evidentes. Un bosque con marchitamiento descendente en gran escala que afecta una o más especies es usualmente bastante obvio, pero menos obvia es la causa o el grupo de causas. En la región este de Canadá, ocurrió una secuencia de marchitamiento descendente y decaimiento en el abedul amarillo (*Betula alleghaniensis* Britt.), a partir de 1935; en 1947 se había extendido a muchos tipos de lugares. Se sugirió que la causa sería la acción de diversos insectos y enfermedades y condiciones climáticas aberrantes pero no se pudo formular una hipótesis única para explicar el decaimiento. A partir de aproximadamente 1950, ha habido una recuperación gradual e inexplicable del decaimiento.

El decaimiento de las coníferas en la región oeste de Canadá, en el ciprés amarillo (*Chamaecyparis nootkatensis*) en 1900 y el pino blanco americano (*Pinus monticola*) en 1936 fue igualmente extendido y destructivo. En estos casos las causas del decaimiento no pudieron relacionarse a presiones específicas si se sospechó que podría haber sido el clima. No hay datos sobre los niveles de contaminación durante esos períodos, de modo que no es posible relacionar los síntomas de decaimiento con los niveles de contaminación.

A fin de proteger nuestros bosques hacemos constantes observaciones para detectar desórdenes y presión incipiente, especialmente en el contexto de los niveles cambiantes de contaminantes y diversos eventos climáticos. Esto sirve como un sistema de detección temprana y una verificación de la suficiencia de las medidas de lucha.

❖ Manchas foliares ❖

Muchos organismos afectan las hojas de frondosas y coníferas. Los síntomas adoptan la forma de manchas o descoloración en la superficie de la hoja. Las manchas foliares pueden ser causadas por hongos, bacterias, insectos o ácaros o por sustancias contaminantes atmosféricas. El daño es evidente y puede afectar seriamente la salud del árbol. El sistema de observación de la salud forestal del ARNEWS registra y mide la incidencia de este tipo de daño y los organismos que lo causan.

Estos organismos rara vez causan la muerte del árbol, a pesar de que inducen la caída prematura de

las hojas y pueden reducir la tasa de crecimiento. Los árboles más jóvenes tienden a ser más susceptibles al daño que los más viejos. Epidemias de enrojecimiento de las agujas y necrosis etc. fluctúan enormemente de un año al otro, dependiendo en gran medida de las condiciones climáticas que gobiernan la producción de esporas y su difusión y germinación. En el caso de las frondosas, el árbol adquiere hojas nuevas todos los años y el problema puede desaparecer. Sin embargo, la defoliación o daño foliar particularmente en el punto máximo de la época de crecimiento junto con la refoliación subsecuente agota las reservas de los árboles y puede resultar en un menor crecimiento y marchitamiento de las ramas. La aparición de hojas descoloradas y disfiguradas también reduce el valor estético de los árboles. Algunos de los síntomas, particularmente la descoloración, pardeado y enrulamiento de las hojas son similares al daño causado por las substancias contaminantes atmosféricas. Hasta la fecha, nuestros estudios de los bosques canadienses indican que la mayoría del daño foliar es causado por hongos. Sin embargo, el pardeado del abedul cerca de la Bahía Fundy puede ser una excepción.

Costras negras

La costras negras en el arce son comunes en las hojas del arce de azúcar o el arce rojo; la mayoría de los síntomas característicos son manchas negras o marronas parecidas al alquitrán y varían en tamaño desde una cabeza de alfiler hasta 1 cm de ancho. La enfermedad la ocasiona el hongo *Rhytisma* sp. El patógeno puede inducir defoliación prematura si la epidemia es severa. La mayoría de las manchas producidas por agentes bióticos aparecen a fines de la primavera o principios del verano.

Manchas de tinta del álamo

Estas manchas se encuentran corrientemente en los álamos (excepto en el álamo canadiense) y son ocasionadas por varios hongos incluyendo *Ciborinia whetzelii*, *C. bifrons* y *Marssonina* spp. Las manchas son marronas cuando maduran, de forma circular a elipsoidal, de 2-8 cm de ancho y caen de las hojas en el verano dejando hoyos que corresponden a la forma de la mancha. Esta enfermedad ocasionalmente causa daños serios a árboles individuales.

Antracnosis de las hojas

Esta enfermedad es común en robles, arces, abedules y alisos y es causada por el *Gnomonia veneta*. Normalmente aparece durante clima húmedo cuando brotan las yemas. Los síntomas consisten en

manchas marronas a lo largo de las venas de las hojas que se ensanchan en áreas de tejido foliar muerto o necrótico. Si la enfermedad adquiere severidad puede matar la hoja y brotes pequeños pero el árbol no resulta dañado severamente.

Nieblas blanquecinas

Las causa un grupo de hongos que pertenecen a los géneros *Erysiphe*, *Phyllactinia*, *Uncinula* y *Microsphaera*. Los síntomas consisten en un crecimiento superficial blanco como una telaraña usualmente a ambos lados de la hoja. El daño corrientemente es ligero pero evidente al observador casual. Las nieblas blanquecinas se observan más a menudo en el sauce, álamo, roble, aliso, arce, olmo y en una pocas malezas y arbustos.

Fumagina

La fumagina se encuentra en una amplia variedad de frondosas. Aparece como tumores o costras en áreas aisladas que cubren la hoja. A menudo se da después de un ataque de pulgones y cochinillas, por ser un hongo oportunista se alimentan de las exudaciones de las hojas dañadas. Estos mohos son desagradables a la vista pero no son dañinos.

Royas de las hojas

Dañan las hojas de una variedad de coníferas y especies de frondosas especialmente álamos, sauces, robles, serbas, espinos y eucalipto *regnans*. Las royas de las hojas son causadas por un grupo de hongos, conocidos como hongos de roya, y resultan en una variedad de colores en las hojas, amarillo a dorado, naranja, amarillo rojizo, etc. Estas royas raras veces causan daños serios si bien reducen el crecimiento.

Enfermedad de las agujas de las coníferas

Las necrosis blancas son causadas por *Phacidium infestans* o formas similares y se encuentran comúnmente en piceas y abetos balsámicos. El daño es corrientemente severo sólo en los viveros. Atacan el follaje en la nieve dándole al follaje afectado un color marrón glauco. Las royas y enfermedades de las agujas también son comunes y son causadas por varias especies de hongos. Las más comunes pertenecen a los géneros *Lophodermium*, *Rhab-*

docline, *Lophodermella*, *Lirula*, *Isthmiella* y *Bifusella*. Las enfermedades de las agujas raras veces causan daños serios a los árboles pero las royas de las agujas sí.

Estas son sólo algunas de las formas más comunes de daños foliares, hay cientos de hongos e insectos que dañan las hojas de los árboles, la mayoría de ellos no son significativos para la salud del árbol aunque alteran su apariencia.

Métodos

El ARNEWS está constituido por 103 parcelas de muestreo permanentes situadas en las 10 provincias (Fig. 1). Las figuras 1-11 siguen la versión española en este informe. Los procedimientos para el establecimiento y la evaluación de parcelas se encuentran descritos en D'Eon y Power (1989) y Magasi (1988).

Los parámetros medidos anualmente, a intervalos quinquenales o con mayor frecuencia según convenga, son los siguientes:

- A. Evaluaciones anuales
 - 1. Mortalidad de árboles
 - 2. Estado de los árboles
 - 3. Síntomas de deterioro debidos a las lluvias ácidas
- B. Evaluaciones quinqueniales
 - 1. Crecimiento radial
 - 2. Crecimiento vertical
 - 3. Estructura y densidad de la copa
 - 4. Toma de muestras del follaje para análisis de nutrientes
 - 5. Toma de muestras del suelo para análisis
- C. Una o más evaluaciones por temporada de crecimiento
 - 1. Síntomas de deterioro debidos a las lluvias ácidas
 - 2. Insectos y enfermedades
 - 3. Producción de semillas (facultativo)

Los árboles de las parcelas de muestreo sólo son evaluados ocularmente; la toma de muestras y las mediciones detalladas que requieren manipulaciones de las muestras se hacen en árboles fuera de esas parcelas, a fin de no perturbar los árboles de las parcelas. Las mediciones presentadas aquí son: mortalidad, estado de los árboles, y tipo y grado de daño foliar incluyendo cualquier síntoma de contaminación atmosférica. Los síntomas posibles de contaminación atmosférica fueron comparados con los síntomas conocidos de emisiones tóxicas sobre la vegetación.

El estado de salud de las copas de las coníferas se evalúa calculando el porcentaje de hojas que faltan, por la razón que sea, en relación al follaje normal del árbol. Esta medición tiene en cuenta la pérdida natural de agujas a medida que maduran los ramos. La retención de agujas en las coníferas se mide calculando el porcentaje presente en la rama en relación al número total, para cada edad (entrenudo de los ramos). La clasificación del estado de la copa para las frondosas integra la pérdida foliar con la proporción de ramos muertos y de ramas en la copa.

Clasificación de las coníferas según su estado:

- 1 = Árbol sano, sin defoliación.
- 2 = Árbol sano que ha perdido sólo las hojas del año.
- 3 = Follaje del año en curso y una parte de las hojas viejas se encuentran dañadas pero la defoliación total es inferior al 25%.
- 4 = Defoliación total de 26 a 50%.
- 5 = Defoliación total de 51 a 75%.
- 6 = Defoliación total de 76 a 90%.
- 7 = Defoliación total superior al 90%.
- 8 = Árbol muerto (desde la última medición).
- 9 = Árbol muerto.

Clasificación de las frondosas según su estado:

- 1 = Árbol sano (normal).
- 2 = Árbol con follaje ralo, descolorido, particularmente en la parte superior de la copa pero que no tiene ramos ni ramas deshojadas.
- 3 = Árbol que tiene ramos muertos, pero sin ninguna rama muerta. Los ramos muertos se encuentran en los extremos de las ramas, habitualmente en la parte superior de la copa y a una distancia de alrededor 0,5 a 1,0 m. del borde de la copa. El follaje de los árboles clasificados en esta y en las subsecuentes categorías es generalmente, pero no invariablemente, ralo.
- 4 = Árbol en que las ramas muertas ocupan hasta un 25% de la copa.
- 5 = Árbol en que las ramas muertas ocupan hasta un 50% de la copa.
- 6 = Árbol en que más del 50% de la copa está muerta, pero que tiene algunas ramas vivas.
- 7 = Árbol en que más del 50% de la copa está muerta. No quedan ramas vivas a excepción de las pequeñas ramas adventicias que se encuentran habitualmente en la base de la copa o sobre el tronco.
- 8 = Árbol recientemente muerto o moribundo.
- 9 = Árbol muerto.

La mayoría de las parcelas del ARNEWS se encuentran en bosques semimaduros, naturales, donde cabría esperar una disminución en el número

de árboles como consecuencia de la competencia a medida que el rodal se hace adulto. Un índice de mortalidad superior al 2% suele reflejar los efectos de las tensiones ambientales, tales como defoliación significativa producida por insectos, sequía o temporales, etc. La distribución de frecuencias de árboles en la gama de estados de salud de las copas muestra una disminución en el número de árboles sanos a clases menos sanas y muestra también un aumento en el número de árboles que mueren a causa de la competencia.

Los insectos y enfermedades, y los daños ocasionados, se identifican en árboles adyacentes a la parcela. Sin embargo, las observaciones sobre el estado de los árboles se refieren a los árboles dentro de la parcela. Siempre que es posible, las observaciones se hacen durante la temporada que coincide con las distintas etapas en la vida de los distintos grupos de organismos. Las parcelas se evalúan en la misma época del año para reducir la variación debido a la época en que se hace la evaluación.

Este informe describe las observaciones hechas sobre 18 especies de coníferas y sobre 9 de frondosas. Se describen las especies que tienen por lo menos 10 especímenes en la parcela. Las coníferas son el pino de Weymouth, el pino banksiano, el pino contorta, el pino silvestre, el alerce americano, la picea negra americana, la picea de Engelmann, la picea de Noruega, la picea roja, la picea híbrida rojinegra, la picea de Sitka, la picea de Canadá, el tsuga del Pacífico, el abeto de Douglas, el abeto blanco americano, el abeto amabilis, el abeto balsámico y el cedro rojo del Pacífico. Las frondosas son el álamo canadiense, el álamo temblón americano, el abedul americano, el abedul amarillo, la haya americana, el roble rojo, el cerezo negro, el arce rojo y el arce de azúcar.

El estado de los bosques de Canadá

A continuación se describe el estado de las especies individuales. Para cada especie se describe la mortalidad, el estado de los árboles y las causas de los síntomas. Se indican los daños en el follaje que son sintomáticos de la contaminación atmosférica y también otros que se podrían atribuir a la misma. Como era de esperar, se observó una gran variedad de estados entre las parcelas y regiones a causa de la variación en las condiciones naturales. En consecuencia, una comparación estricta del estado de los árboles entre parcelas no es siempre apropiada; en cambio, las tendencias dentro de una parcela, las comparaciones intrarregionales y las condiciones generales de salud pueden proporcionar los

conocimientos necesarios sobre la salud de los bosques.

Pino de Weymouth (*Pinus strobus* L.)

Hay cantidades importantes de pino de Weymouth en una parcela de Nueva Escocia, una de Quebec y dos de Ontario.

No murió ningún pino de Weymouth en 1992, la mortalidad media de las especies durante el período de medición fue de 1%, lo cual está perfectamente dentro de la tasa normal de raleo.

La condición de las copas del pino de Weymouth también es buena. En las provincias marítimas la condición de los árboles también ha mejorado estando más de 80% en la clase 3 o mejor. Casi todas las agujas actuales y de 1 año fueron retenidas pero sólo se encontró un promedio de 35% de las agujas de 2 años en la evaluación de agosto. En Ontario, la condición de los árboles fue similar a la de 1991; en general, 60% de los árboles presentan marchitamiento descendente (clases 1-3) y 30% de los árboles eran de clase 4.

En las provincias marítimas, se observó cierto daño foliar a niveles mínimos. No hubieron síntomas abióticos en 1992. En Quebec, no se produjeron cambios de importancia en 1992. La mayoría de los árboles estaban clasificados en la clase 4 como resultado de la menor retención de agujas observada en los árboles. En Ontario, no ha habido defoliación a causa de insectos desde el establecimiento de la parcela, sin embargo, la roya vesiculosa de la corteza del pino de Weymouth ha afectado a los árboles más jóvenes.

Pino banksiano (*Pinus banksiana* Lamb.)

El pino banksiano abunda en una parcela de Nuevo Brunswick, en siete de Ontario, en tres de Manitoba, y en una de Saskatchewan.

No se registró mortalidad en las parcelas de las Marítimas y en la región del Noroeste en 1992; en Ontario murieron seis árboles, tres a causa de daños derivados de derribamientos y tres de raleo natural. La tasa de mortalidad promedio en las Marítimas en el período de 1984-1992 es de 2,2%. Dos árboles que habían muerto en 1991 en Manitoba habían sido dañados por la podredumbre de las raíces que causa el hongo armillaria (*Armillaria* sp.). En general, la mortalidad del pino banksiano fue mucho menor que en 1991.

En las Marítimas, la mayoría de los pinos banksianos estaban en buena condición (66% en la clase 3) lo cual refleja la mayor retención de agujas

producto del menor daño provocado por insectos desde 1990. Sin embargo, los árboles con más daño en las copas (clase 4) están muriendo lentamente y si bien no hubo mortalidad en 1992, se espera que haya un aumento. Hubo una excelente retención de agujas en las clases actuales de 1 y 2 años. Más de la mitad de las agujas de 3 años se retuvieron e incluso un 18% de las agujas viejas de 4 años se encontraban presentes cuando se evaluaron los árboles en agosto. Hubo una mejor retención de las agujas en todas las clases por edad en comparación a 1991, y esto se refleja en los árboles que cambiaron de la clase 4 a la clase 3.

En Ontario, la condición general de los árboles mejoró en comparación a 1989 habiendo 90% de árboles dominantes o codominantes que no tienen marchitamiento descendente en sus copas. En la región del Noroeste, en la parcela al oeste central de Saskatchewan, hubo un ligero aumento en la frecuencia de árboles muy defoliados, en las clases 6 y 7.

El daño foliar fue mínimo en los árboles de las Marítimas. En 1992 no se observaron daños causados ni por insectos ni por enfermedades y se registró sólo una mínima cantidad de daños por causas abióticas. En Ontario, se informaron sólo niveles mínimos de defoliación a causa de insectos en las parcelas de 1987-1991 y no hubo informes de defoliación en 1992. Se observó roya de las agallas y roya de las agujas sólo en una parcela a niveles mínimos. En la región del Noroeste, la retención de agujas promedio en los últimos 4 años de crecimiento de brotes ha sido normal. El agente dañino más común registrado en 1992 fue la roya globulosa (*Endocronartium harknessii* (J.P. Moore) Y. Hiratsuka), que afecta las ramas de alrededor de un tercio de los árboles de donde se sacaron muestras. El impacto de esta roya de las ramas en el estado de los árboles es menor cuando se da en poca cantidad. Se observaron algunos daños menores a las piñas y las ramas causados por ardillas rojas (*Tamiasciurus hudsonicus* Erxleben).

Pino contorta (*Pinus contorta* Dougl.)

El pino contorta se encuentra en cantidades significativas en tres parcelas de Alberta y en una de Colombia Británica, y en menor cantidad en una segunda parcela de Colombia Británica.

No hubo mortalidad en las parcelas de Colombia Británica en 1992. En Alberta murieron dos árboles, una tasa anual de menos del 1%. La podredumbre de las raíces causada por el hongo armillaria (*Armillaria* sp.) contribuyó a la muerte de un árbol y a una severa infección del chancro atropellis

(*Atropellis piniphila* (Weir) Lohman y Cash) y de roya globulosa causó la muerte del otro. Hubo síntomas de decadencia en varios árboles.

Los árboles se encontraban en general en buen estado en todas las parcelas de Alberta habiendo 85% en las clases de mejor salud (1-3), habiendo algún mejoramiento desde 1990 (Fig. 2). La retención promedio de agujas en los últimos 3-4 años ha sido normal. La roya globulosa infectó 47%, 26% y 2% de los árboles y el chancro atropellis 3%, 82% y 19%, en las mismas tres parcelas. Se observó que la baja incidencia del ennegrecimiento de las agujas, *Davisomycelia ampla* (J. Davis) Darker, y de la tórrix de las yemas, *Petrova* sp. causó una cantidad baja de daños. En Colombia Británica, la mayoría de los árboles estaban en buen estado con el agregado completo de follaje normal, excepto en tres árboles en una parcela con 26% a 50% de defoliación, causada por un enrojecimiento de las agujas, *Lophodermella concolor* (Dearn.) Darker.

Pino silvestre (*Pinus resinosa* Ait.)

El pino silvestre se encuentra en abundancia en una parcela de Quebec. No ha habido mortalidad en esta parcela desde que fue establecida. Hay deterioro del estado del árbol desde 1987. En 1991, el 93% de estos árboles estaban clasificados en la clase 4 y hubo un mejoramiento en 1992 (Fig. 3). La retención de las agujas de 2-4 años de antigüedad fue menor en 1992 que en años anteriores. Las causas de la decadencia incluyen la sequía, el suelo poco profundo, la edad de los árboles (promedio de 110 años), los insectos, los ácaros y las enfermedades. El daño foliar aumentó de niveles mínimos en 1991 a ligeros en 1992.

Alerce americano (*Larix laricina* [Du Roi] K.Koch)

El alerce americano abunda en una parcela de Nuevo Brunswick. No hubo mortalidad en 1992, sólo un árbol ha muerto desde el establecimiento de la parcela, una tasa media entre 1984 y 1992 de 0,5%. Un gradual deterioro de los árboles continúa, habiendo un tercio de árboles en la clase 3 y la proporción de árboles en las clases 4-6 está aumentando. Todos los árboles de la parcela están infectados con el chancro del alerce europeo (*Lachnellula willkommii* [R. Hartig] Dennis) el cual está causando un deterioro gradual en el estado de los árboles. La mortalidad de ramas y ramos, presente en 1991, continúa. En 1992 no se observaron otros daños foliares a causa de

enfermedades, aunque habían indicios mínimos de daños causados por insectos y causas abiotícas.

Picea negra americana (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.)

La picea negra americana abunda en tres parcelas de Terranova, dos de Nuevo Brunswick, tres de Quebec, cuatro de Ontario y una de Manitoba.

En 1992 hubo mortalidad en las Marítimas, Ontario y la región del Noroeste, a causa de raleo natural y derribamientos. La mortalidad anual promedio ha sido de 2,2%, principalmente como resultado del daño ocasionado en años anteriores por la oruga de las yemas de la picea negra. En los últimos 5 años ha habido un lento pero gradual aumento en la mortalidad, cada aumento ha significado uno o dos árboles.

El estado de los árboles es variable en el territorio donde hay piceas negras. En Terranova, la mayoría de los árboles (80%) estaban sanos, en las clases 1-3, una situación similar a 1991. En las Marítimas, ha habido un deterioro gradual de la picea negra en toda la región, el que se demuestra en 3 años consecutivos de una menor cantidad de árboles en las clases 1-3, y un aumento correspondiente en las clases 4 y árboles de clase 7+ (Fig. 4). La retención de agujas refleja la previa defoliación, a causa de insectos, de las clases de follaje de más edad. La retención de agujas de la mayor parte de clases por edad excepto la actual fue un poco menor que en 1991.

Los árboles en Quebec continuaron declinando (Fig. 5). En 1989, 84% de los árboles estaban en la clase 3 mientras en 1992 sólo 46% estaba en la clase 3, y el resto en clases más altas. En Ontario, la condición general de las copas fue similar a la registrada en 1991 y coincidió con una reducción en la defoliación causada por la oruga de las yemas de la picea en dos parcelas, 90% de los árboles estan en las clases 1 y 2. El estado general de las copas en 1991-1992 ha mejorado ligeramente en comparación al período de 1988 a 1990 cuando un porcentaje de hasta 40% de los árboles tenían defoliación en curso. En la región del Noroeste, la retención de agujas fue normal, unos pocos árboles estaban infectados con escoba de bruja amarilla (*Chrysomyxa arctostaphyli* Diet.) y dos árboles tenían infecciones ligeras con roya de las agujas (*Chrysomyxa* sp.).

En Quebec, en todas las parcelas, el número de árboles con daño foliar causado por enfermedad fue mayor en 1992 que en 1991 ó 1990. En una parcela, todos los árboles tenían rastros de enfermedades foliares, como resultado, la retención de agujas viejas fue menor en 1992 que en años anteriores. En

Ontario, los árboles que han sufrido daños a causa de derribamientos en 1990, y han estado sometidos a defoliación entre ligera y moderada a causa de la oruga de las yemas de la picea han mostrado el peor estado foliar. Sin embargo, todos los árboles tenían rastros de daño foliar.

Picea de Engelmann (*Picea engelmannii* Parry)

La picea de Engelmann se encuentra en abundancia sólo en una parcela de Colombia Británica. En 1992 no se observó mortalidad ni descoloración foliar. La mayoría de los árboles estaban sanos con el agregado completo de follaje normal. Un árbol había perdido 26% a 50% de su follaje a consecuencia de sufrir podredumbre de la raíz.

Picea de Noruega (*Picea abies* [L.] Karst.)

La picea de Noruega se encuentra en abundancia sólo en una parcela de Ontario. En 1992 no hubo mortalidad. Las copas estaban sanas y sin daños tal como se ha informado anteriormente. Sólo se han registrado cantidades mínimas de plagas desde el establecimiento de la parcela.

Picea roja (*Picea rubens* Sarg.)

La picea roja se encuentra en abundancia en tres parcelas de Nuevo Brunswick, dos de Nueva Escocia, y cuatro de Quebec. En 1992, no se observó mortalidad y el promedio anual de mortalidad ha sido hasta la fecha de menos de 1%. La mortalidad ha sido causada por raleo natural.

El estado de los árboles ha mejorado en general ligeramente en los últimos años en las Marítimas. Ha habido un aumento lento y gradual en la proporción de árboles saludables en las clases 1–2 de la clase 3 y algunos árboles, anteriormente clasificados como clase 4, pasaron ahora a la clase 3. El número de árboles en las clases de peor estado (5–7+) no ha sufrido cambios. Hay considerable variación en el estado de las piceas rojas de una parcela a otra pero la mayoría de los árboles están en las clases 3 ó 4. El estado promedio de los árboles en Quebec está estable, pero ha habido algo de deterioro en dos parcelas.

En las Marítimas, la retención de agujas varió de parcela a parcela pero fue similar a la de 1991. En 1992, el daño foliar fue mínimo registrándose sólo cantidades mínimas a causa de insectos, enfermedades o motivos abióticos.

Piceas híbridas rojas/negras

Hay piceas híbridas rojas/negras en una parcela de la Isla del Príncipe Eduardo y otra en Nuevo Brunswick. Los árboles son piceas introgresivas con varias mezclas de dos padres y se consideran híbridos para fines de este informe. En 1992, no se observó mortalidad, la mortalidad media durante el período entre 1984 y 1992 ha sido de 1,0%. Entre 1988 y 1992 el estado de muchos árboles deterioró. En 1988, más de 90% de los árboles estaban en la clase 3, y después de esa fecha ya sea han mejorado para quedar en la clase 1–2 o han deteriorado pasando a la clase 4. En 1992, la tasa de deterioro disminuyó, pero no se puede hablar todavía de una tendencia. La retención de agujas fue buena ya que no hubo plagas en los árboles. El follaje no se vió afectado durante 1992 registrándose sólo cantidades mínimas de insectos, enfermedades y daños abióticos.

Picea de Sitka (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.)

La picea de Sitka es un componente menos importante de varias parcelas de Colombia Británica. En 1992 no se observó mortalidad ni descoloración foliar. Todos los árboles estaban sanos con el agregado completo de follaje normal.

Picea de Canadá (*Picea glauca* [Moench] Voss)

La picea de Canadá se encuentra en cantidades importantes en una parcela de Terranova, dos de Nueva Escocia, una de Nuevo Brunswick, tres de Ontario, dos de Saskatchewan, dos de Alberta y dos de Colombia Británica.

Cuando se estableció el ARNEWS, se hicieron intentos para que se incluyera la picea de Canadá en parcelas de todas las regiones para tener una especie que sirviera de comparación nacional. La mortalidad general de la picea de Canadá ha sido hasta la fecha inferior a 1% y se la ha atribuido al raleo natural del rodal. El estado de los árboles generalmente sigue siendo bueno, con copas sanas, buena retención de agujas y pocos cambios desde el establecimiento de las parcelas (Fig. 6).

En Ontario, el estado de la picea de Canadá mejoró en 1992, estando todos los árboles clasificados en las clases 1–3. Esto es un adelanto con respecto a 1991 cuando 18% de los árboles tenían defoliación entre ligera y severa y estaban en las clases 4–7. En Saskatchewan, la oruga de las yemas de la picea, *Choristoneura fumiferana* (Clem.), causó defoliación ligera del follaje actual por segundo año consecutivo. Ha habido un aumento en la frecuencia de árboles en

las clases 2 y 3 a causa de la defoliación ligera en muchos árboles causada por la roya de las agujas, *Chrysomyxa ledicola* Lagh. Otros agentes que causaron ciertos daños fueron el pulgón de las agallas de la picea, *Adelges lariciatus* (Patch), y la cecidomía de las agallas, *Mayetolia piceae* (Felt). La mayoría de los árboles de Colombia Británica estaban sanos con el agregado completo de follaje normal, excepto en árboles dominados.

Había daño foliar bajo en las piceas de Canadá en todo el país. En las Marítimas, se dieron en 1992 cantidades mínimas de insectos, enfermedades o daños abióticos. La picea de Canadá en las parcelas de Ontario y Quebec sufrió defoliación entre ligera y severa causada por la oruga de las yemas. En la región del Noroeste muchos árboles tenían cantidades mínimas de defoliación a causa de la oruga de las yemas y roya de las agujas que causó cierta pérdida de agujas.

Tsuga del Pacífico (*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.)

El tsuga del Pacífico abunda en ocho parcelas de Colombia Británica. En 1992 no hubo mortalidad. Hubo cierta descoloración foliar a causa del marchitamiento descendente en la parte baja de las copas ocasionada por la sombra natural y la competencia en los rodales con cubierta forestal cerrada. La mayoría de los árboles estaban en buen estado con el agregado completo de follaje normal. Sólo 6% de los árboles tenían 25% de defoliación, y 2% estaba desfoliado en 50%. La mayoría de éstos formaban parte del sotobosque o eran árboles intermedios bajo la sombra de cubiertas densas y seis habían sufrido daños ocasionados por tormentas teniendo como consecuencia una porción de la copa superior quebrada.

Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)

El abeto de Douglas abunda en seis parcelas de Colombia Británica. La mortalidad del abeto de Douglas fue de 0,7% en 1992 y fue causada por el raleo natural y el daño ocasionado por temporales. A cerca de un 9% de los árboles les faltaba 25% del follaje, esto se atribuyó al marchitamiento descendente natural en los árboles de sotobosque en rodales densamente poblados con cubierta forestal cerrada. Un árbol había sufrido daños por temporales, y tenía entre 10 y 20% de la copa quebrada. Hubo un ligero mejoramiento del estado de los árboles con respecto a 1991.

Muchos árboles habían sido dañados por la oruga de las yemas de la picea, *Choristoneura occid-*

entalis Freeman. Una parcela de abeto de Douglas está en la zona de una infestación en curso que cubrió más de 340.000 ha en la región sur de Colombia Británica en 1992. En esta parte 15% de los árboles estaban desfoliados en más de 50%, menos de 55% estaban desfoliados en 26 a 50% y 30% estaban desfoliados en menos de 25%.

Abeto blanco americano (*Abies lasiocarpa* [Hook.] Nutt.)

El abeto blanco americano es un componente menor de tres parcelas de Colombia Británica. En 1992 no hubo mortalidad. Todos los árboles tenían follaje normal y no presentaban descoloración foliar.

Abeto amabilis (*Abies amabilis* [Dougl.] Forbes)

El abeto amabilis abunda en dos parcelas de Colombia Británica. En 1992, 2% de los árboles murieron a consecuencia de la presión de la competencia, sombra y un ataque de un barrenillo de la corteza, *Pseudohylesinus sericeus* (Mannerheim) (=*P. grandis* Swaine).

La mayoría de los árboles estaban en buen estado con un agregado completo de follaje normal, aunque 9% de los árboles presentaban 25% de defoliación y 1% de los árboles estaban en cada una de las clases 5,6 y 7. Todos los árboles eran árboles del sotobosque o árboles intermedios en cubiertas forestales cerradas y sufrían pérdida foliar debido al raleo natural de la copa o marchitamiento descendente (muerte regresiva) bajo la cubierta cerrada.

Hubo descoloración foliar, produciéndose follaje clorótico y rojizo pardo, en cantidades entre mínimas y moderadas. En promedio, 80% de los árboles en las parcelas tenían follaje descolorado a causa de una necrosis de las agujas, *Phaeocryptopus nudus* (Peck) Petrack, y descoloración natural que ocurrió bajo una cubierta forestal cerrada.

Abeto balsámico (*Abies balsamea* [L.] Mill.)

El abeto balsámico abunda en siete parcelas de Terranova, en cinco de Nueva Escocia, en tres de Nuevo Brunswick, en cinco de Quebec y en una de Ontario.

La mortalidad del abeto balsámico ha estado a niveles similares o mayores que los calculados debían ocurrir a causa del raleo natural. Cerca de un 1% de la mortalidad natural ocurrió en todas las regiones, causada por el raleo de los rodales. Mortalidad adicional fue ocasionada por la oruga de las yemas de la picea, cerambícidos, daño causado por otros

insectos y derribamientos. Los niveles superiores de mortalidad (2,6%) se registraron en la región de las Marítimas, ocasionados por los efectos de la defoliación de la oruga de las yemas de la picea y ataques subsecuentes de barrenillos de la corteza. En zonas localizadas la mortalidad causada por la oruga de las yemas de la picea y otros insectos dañinos asociados fue mucho mayor, observándose 40% y 32% en dos parcelas en la región este de Nueva Escocia y 29% en una parcela de Nuevo Brunswick. En Quebec, murieron dos árboles en 1992.

El estado de los abetos balsámicos sigue igual o ha mejorado a medida que baja lentamente la población de la oruga de las yemas de la picea. En Terranova, 94% de todos los árboles estaban clasificados en las clases 1-3, igual que en 1991. En las provincias de las Marítimas, ha habido un aumento gradual de la mortalidad porque han estado muriendo los árboles dominados que además han sido debilitados por insectos dañinos. También ha habido una lenta disminución en la proporción de árboles sin daños en las clases 3-4 (Fig. 7). El estado de los árboles varía de parcela a parcela de acuerdo con la historia de brotes epidémicos de insectos. El abeto balsámico está en mejores condiciones en la parcela de la región occidental de Nueva Escocia donde no ha habido defoliación causada por la oruga de las yemas en los últimos 30 años. Ha habido una mejor retención del follaje de reposición lo cual refleja la menor población de oruga de las yemas.

En Quebec, el estado de las copas no ha experimentado cambios desde 1990 excepto por un ligero deterioro de la condición en una parcela del oeste de Quebec, donde el porcentaje de árboles en la clase 3 disminuyó de 100% en 1989 a 56% en 1992 (Fig. 8). La mayoría de los árboles sufrieron algún daño a causa de insectos o enfermedades. En Ontario, el estado de las copas se ha deteriorado desde 1988. En 1992 sólo 22% de los árboles estaban sanos, es decir en las clases 1-3.

El daño foliar ocurrió frecuentemente y estuvo causado por la oruga de las yemas de la picea a niveles moderados en las regiones de las Marítimas y de Ontario, la cecidomía de las agallas del abeto balsámico en Terranova y la oruga geométrica en Nuevo Brunswick. En dos parcelas en el sur y este de Quebec, aumentó el daño a las hojas causado por insectos y enfermedades lo cual redujo la retención de agujas. En otras parcelas de Quebec, el daño foliar disminuyó y la retención de agujas fue similar o más alta que con anterioridad.

Cedro rojo del Pacífico (*Thuja plicata* Donn)

El cedro rojo del Pacífico abunda en dos parcelas de Colombia Británica. Un árbol murió en 1992 como

resultado de un derribamiento. La mayoría de los árboles estaban sanos con el agregado completo de follaje sin daños. En cada parcela, 3 árboles del sotobosque tenían hasta 25% de defoliación causada por la sombra debajo de la cubierta cerrada. No se registró descoloración del follaje en 1992.

Álamo canadiense (*Populus grandidentata* Michx.)

Este álamo es un componente menor de una parcela de Nueva Escocia y de tres de Ontario. No se registró mortalidad en 1992 excepto de un árbol en Ontario por causas naturales. El estado de las copas fue similar al descrito en el informe de 1991, habiéndose observado un cierto mejoramiento en la proporción de árboles sanos. La defoliación se presentó a niveles insignificantes, si bien algunos árboles habían sido sometidos al embate de la sequía y posiblemente de *Armillaria*.

Álamo temblón americano (*Populus tremuloides* Michx.)

El álamo temblón americano abunda en una parcela de la Isla del Príncipe Eduardo, en dos de Ontario, en una de Manitoba y en una de Saskatchewan.

En la región de las Marítimas no ha habido mortalidad desde que se comenzaron a hacer mediciones. En Ontario, no hubo mortalidad en 1992. Murió un árbol en la región del Noroeste, que había sido infectado con falso hongo yesquero, *Phellinus tremulae* (Bond) Bond. y Boriss. La mortalidad acumulada de álamo temblón en la región, desde 1985, es de 27,2%, y la tasa de mortalidad anual es de 3,9%. La mortalidad causada por raleo natural, exacerbada por la defoliación ocasionada por insectos y heladas a fines de la primavera.

El álamo temblón de la región de las Marítimas tenía marchitamiento descendente de ramos o ramas y la mayoría de los árboles estaban en clase 3 ó 4. En Ontario el estado de los árboles cambió en comparación a 1991. En las dos parcelas de álamo más de 70% de los álamos tenían menos de 25% de marchitamiento descendente (clases 1-3), pero en una parcela hubo un aumento en el número de árboles con marchitamiento entre moderado y severo. Esto se debió a la defoliación causada por gusanos telarañosos durante 1989-1991. En la región del Noroeste, donde en los años anteriores hubo extensas manifestaciones de marchitamiento descendente de las ramas, hubo cambios menores en el estado de las copas en 1992.

El daño foliar del álamo fue mínimo en todas las regiones habiéndose registrado niveles mínimos a

ligeros de una variedad de causas bióticas y abióticas en la región del Noroeste. Estas causas incluyeron una mancha foliar (*Marssonina tremuloides* Kleb.), una enfermedad de roya foliar (*Melampsora medusae* Thuem.), y defoliación causada por la tórrix gigante del álamo, *Choristoneura conflictana* (Walker). También se observó daño foliar causado por un minador de las hojas (*Phyllonorycter* sp.) y daños ocasionales a causa de la saperda de los chopos (*Saperda calcarata* Say). Ciertos daños fueron provocados por el falso hongo yesquero y una enfermedad que se manifiesta en manchas y marchitamiento (*Peniophora polygonia* [Pers.:Fr.] Bourd. & Galz.) que fue identificada en 21% de los árboles de una parcela de Manitoba. Un árbol también estaba infectado con el chancro *Hypoxylon* (*Hypoxylon mammatum* [Wahlenb.] P. Karsten).

Abedul americano (*Betula papyrifera* Marsh.)

El abedul americano abunda en una parcela de Nueva Escocia, una de Nuevo Brunswick, dos de Quebec y cuatro de Ontario.

Un árbol murió en cada una de las regiones de las Marítimas y de Quebec, en ambos casos los árboles habían sido previamente debilitados. En las Marítimas, el árbol que murió en 1992 estaba en una zona de descoloración prematura crónica de las hojas que ocurrió a comienzos de los 80. El árbol estaba casi muerto en 1991, con marchitamiento descendente muy extendido. La mortalidad del abedul americano en 1992 llega a una tasa acumulada de 13,8%, toda en el sudoeste de Nuevo Brunswick, la mortalidad anual promedio es de 1,7% entre 1984 y 1992. Estos árboles murieron en la zona previamente sometida a una alta incidencia de niebla ácida.

En las Marítimas, la mayoría de los árboles estaba en las clases 1–4 y se observó un gradual aumento de la mortalidad a medida que mueren los árboles en mal estado. El mejoramiento en el estado de los árboles comenzó en 1989 y ha continuado desde entonces, sugiriendo una recuperación del previo marchitamiento descendente y decaimiento (Fig. 9). En zonas fuera de la Bahía Fundy, el abedul americano está sano, no teniendo mortalidad ni en Nueva Escocia ni al norte de Nuevo Brunswick, y todos los árboles están en las clases 1–4. En las parcelas cerca de la Bahía Fundy, 30% de los árboles están muertos y cerca de la mitad están en la clase 5 o mayor. En Quebec, los árboles en la clase codominante en la parcela Mont-Mégantic continúan deteriorando, como resultado de previas infestaciones con insectos. De lo contrario, el estado del abedul americano no ha cambiado en relación a 1991 y la mayoría de los árboles están en la clase 4.

En Ontario, los árboles han deteriorado un poco desde 1991, continuando la tendencia comenzada en 1988 (Fig. 10). El deterioro fue más evidente en una parcela que había tenido defoliación entre ligera y moderada de 1989 a 1992. En esta parcela 17% de los árboles sufrían marchitamiento descendente severo (clases 6,7), sólo 22% de los abedules americanos en la parcela estaban sanos, en las clases 1–3. El porcentaje de árboles sanos en otras dos parcelas era de 92% y 53% respectivamente. En una parcela atacó *Armillaria* sp. en 1992 y es probable que haya mayor deterioro.

El daño foliar en 1992 tuvo niveles mínimos o ligeros en las regiones de las Marítimas y de Quebec. En Ontario, hubo carcoma bronceada del abedul y podredumbre de las raíces causada por el hongo *armillaria* y hubo un alto nivel de marchitamiento en los árboles que habían sufrido daños.

Abedul amarillo (*Betula alleghaniensis* Britton)

El abedul amarillo abunda en una parcela de Terranova y en tres de Quebec pero es un componente menor en tres parcelas de Nuevo Brunswick. Sólo murieron dos árboles, ambos en Quebec, como resultado de chancro del tronco y/o daños mecánicos desde 1986–1987.

El estado de las copas del abedul amarillo es bueno, habiendo pequeñas cantidades de marchitamiento descendente en las Marítimas. En Quebec hubo cierto mejoramiento en el estado de las copas del abedul amarillo donde 20–30% de los árboles pasaron de la clase 4 a la clase 3 en 1992. Sin embargo, en una parcela, al sur de Quebec, el estado de los árboles empeoró habiendo 50% de los árboles en la clase 4 mientras en 1991 había 21%.

En Terranova han habido daños ligeros a causa de orugas de vaina y termitas del abedul, y daños mínimos a causa de insectos, enfermedades y causas abióticas.

Haya americana (*Fagus grandifolia* Ehrh.)

Una parcela de Quebec contiene un buen número de hayas americanas. No murió ningún árbol en 1992 y las copas estaban en buen estado y no hubo cambios con respecto a años anteriores. Se observaron algunas enfermedades foliares en 60% de los árboles, mientras en 1991 no había ninguna.

Roble rojo (*Quercus rubra* L.)

El roble rojo abunda en dos parcelas de Quebec y en una de Ontario. En 1992 murió un árbol en las parcelas de Quebec por causas desconocidas.

En Quebec, los árboles en la parcela de Mont-Saint-Hilaire continúan deteriorando, más de la mitad de los árboles están en la clase 5 o mayor lo cual indica árboles enfermos o a punto de morir. Evaluaciones adicionales del estado de los árboles indicaron que hay múltiples tensiones involucradas en el deterioro. En otra parcela de roble rojo, las copas estaban sanas y sin cambio respecto a años anteriores. En Ontario, un número igual de árboles mostraron mejoramiento y decadencia. La mayoría de los árboles (70%) tienen rastros de marchitamiento descendente ligero, hubo niveles mínimos de defoliación causada por insectos.

Cerezo negro (*Prunus serotina* Ehrh.)

El cerezo negro abunda en una parcela de Quebec. En 1992 no murió ningún árbol y las copas estaban sanas y sin cambios con respecto a años anteriores. Se registraron algunas enfermedades foliares; 75% de los árboles tenían niveles mínimos de mancha de las hojas, en comparación a 45% y 38% en 1991 y 1990 respectivamente.

Arce rojo (*Acer rubrum* L.)

El arce rojo abunda en una parcela de Nueva Escocia y en una de Ontario y es menos numeroso en cuatro parcelas de Nueva Escocia, cuatro de Nuevo Brunswick, dos de Quebec y tres de Ontario.

No hubo mortalidad en 1992, la mortalidad anual promedio hasta la fecha alcanza a 1,5% en las Marítimas y 0,2% en Ontario lo cual está dentro de la tasa de mortalidad a causa del raleo natural. Murió un árbol por quebrarse el tronco.

El estado de los árboles en las Marítimas se ha deteriorado durante los últimos 5 años. Si bien los árboles en la parcela de Nuevo Brunswick han estado en mal estado, el mayor cambio se observó en una parcela de Nueva Escocia donde 82% de los árboles estaban en 1988 sanos, en la clase 1, y 72% en la clase 4 en 1992. No se ha determinado cual haya sido la causa aparente de este cambio. La salud de las coníferas en la misma parcela también se ha deteriorado. En Ontario el estado de los árboles se ha deteriorado constantemente desde 1988. Eso se atribuyó a la sequía que comenzó a fines de los 80, y de la cual los árboles todavía no se recuperan.

Habían niveles mínimos de daño foliar que consistía de daños causados por insectos, enfermedades y agentes abióticos, todos los cuales han disminuido desde 1988. Hubo un ligero aumento en los síntomas abióticos en los árboles de una parcela. En Ontario, los niveles de defoliación y enfermedades foliares tales como costras negras de las hojas a

niveles entre mínimos y ligeros desde 1989, y no se considera que sea un factor importante en el estado de los árboles. Sin embargo, se observaron daños físicos y marchitamiento conexo en una parcela donde estaba 50% del arce rojo.

Arce de azúcar (*Acer saccharum* Marsh.)

El arce de azúcar abunda en una parcela de Nuevo Brunswick, ocho parcelas de Quebec y otras tantas de Ontario. En 1992 no se observó mortalidad, la tasa de mortalidad hasta la fecha ha sido normal y se atribuye al raleo natural.

El estado de los árboles, en la región de las Marítimas, es bueno, estando casi todos los arces de azúcar en las clases 3 ó 4. No hay una constante de cambio de año a año, más bien se observa en el arce de azúcar mortalidad de ramos y de ramas bajas pero con poco cambio en el estado a largo plazo.

En Quebec, el estado del arce de azúcar mejoró en dos parcelas donde hubo árboles que pasaron de la clase 4 a la clase 3. En una parcela, los árboles que manifestaron signos de deterioro en 1988 y 1989, mejoraron a medida que disminuyó la infección con trips del peral, *Taeniothrips inconsequens* (Uzel). La defoliación causada por este insecto disminuyó de 45% en 1988 y 1989 a 10% en 1992. En una parcela (314), al norte de la ciudad de Quebec, el estado de los árboles empeoró ligeramente con respecto a 1991, estando 30% de los árboles en la clase 3 en 1992 mientras en 1991 había 17%. En Ontario, el estado general de los árboles declinó ligeramente con respecto a 1991 (Fig. 11).

Hubo rastros de daños causados por insectos, enfermedades y agentes abióticos en las Marítimas; el nivel más bajo de daños durante los últimos 5 años. En Quebec, se observó color anormal del follaje en 47% de los árboles de la parcela 314. Esto se ha observado por varios años pero no hay causa evidente. En Ontario, la defoliación provocada por insectos fue un factor importante en la defoliación ligera observada en sólo dos parcelas. Sin embargo, se dieron con frecuencia chancros del tronco y el marchitamiento asociado con daño físico.

Comentarios y conclusiones

La evaluación de las parcelas del ARNEWS en 1992 indica que no hay deterioro a gran escala en el estado de salud de los bosques canadienses directamente atribuible a la contaminación atmosférica. Esta conclusión es similar a la de años anteriores. Se buscaron los síntomas clásicos de la contaminación atmosférica pero no se encontraron

pruebas de los mismos. Daños posiblemente relacionados con la contaminación se describieron, especialmente en relación al abedul en la zona de la Bahía de Fundy de Nuevo Brunswick, pero a niveles menores en comparación a los anteriores. Evidentemente, cabe la posibilidad de que ciertos árboles hayan sido debilitados o sometidos a presiones ambientales tales como la contaminación del aire y que los efectos no sean aparentes. Con frecuencia se observaron efectos de la acción de los insectos, enfermedades, sequías y tormentas.

No hubo mucha mortalidad en 1992, la tasa global siendo de 1,22%. Para las coníferas, la tasa de mortalidad es de 1,33% y para las frondosas, 0,8%. La mortalidad es atribuible al raleo natural en las rodales y a otros fuentes de deterioro ocasionales pero conocidas. La alta tasa de mortalidad o de deterioro del pino banksiano, del abeto balsámico, del abedul americano y del álamo temblón americano se atribuye a presiones ambientales tales como derribamientos, podredumbre de la raíces, chancros del tronco y oruga de las yemas de la picea y otros agentes defoliantes.

Ha habido cierta recuperación de los efectos del deterioro del abeto balsámico causado por la oruga de la picea y el deterioro del arce de azúcar causado por el trips del peral. Hubo una disminución del deterioro del abedul americano causado por el pardeado y el marchitamiento descendente a lo largo de la Bahía de Fundy; los árboles más sanos están recuperando aunque los más dañados siguen deteriorándose. Los niveles ambientales de ozono y de lluvia ácida han sido más bajos recientemente cerca de los sitios afectados y esto se refleja en el nivel más bajo de deterioro. Otros síntomas parecidos a los del ozono tales como el jaspeado de las agujas, el clorosis, la descoloración marginal se registraron sobre las especies en la región de las Marítimas en 1991, pero no se registró tal deterioro en 1992.

En Ontario, hubo varios niveles de defolación en grandes zonas de bosque de frondosas causada por *Malacosoma disstria* Hbn. y *Bucculatrix canadensisella* Cham. La oruga de las yemas de la picea y la del pino banksiano también afectaron el estado de salud de muchas coníferas. Las observaciones de 1992 sugieren que la sequía que desempeño un papel mayor en el estado de los árboles ya no causa mucho deterioro a medida que las precipitaciones acercaron o sobrepasaron los niveles normales en la mayor parte de las parcelas. Sin embargo, en la parte noroeste de Ontario, hubo sequía ocasionando al pino banksiano presión ambiental y mortalidad.

En la región del Noroeste, la tasa de mortalidad más alta que la normal del álamo temblón americano se atribuye a una combinación de factores, incluyendo insectos, enfermedades y heladas tardivas o

precoces debilitando los árboles menos vigorosos. En Colombia Británica, la mayor parte de la mortalidad se atribuye al deterioro causado por las tormentas.

Bibliografía selecta

- Auclair, A.N.D. 1987. The distribution of forest declines in eastern Canada. In Kairukstis, L., S. Nilsson, and A. Straszak (eds.), Proc. Workshop on Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences. IIASA, A-2361, Laxenburg, Austria.
- Berrang, P.; Karnosky, D.F.; Bennett, J. P. 1991. Natural selection for ozone tolerance in *Populus tremuloides*: an evaluation of nationwide trends. Can. J. For. Res. 21: 1091-1097.
- Berry, C.R. 1973. The differential sensitivity of Eastern White Pine to three types of air pollution. Can. J. For. Res. 3: 184-187.
- Bormann, F.H. 1985. Air pollution stresses on forests. Bioscience 35(7): 434-441.
- Cerezke, H.F.; Emond, F.J. 1989. Forest insect and disease conditions in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, and the Northwest Territories in 1987. Northern Forestry Centre, Forestry Canada, Inf. Rep. NOR-X-300.
- D'Eon, S.P.; Power, J.M. 1989. The Acid Rain National Early Warning System (ARNEWS) plot network. Forestry Canada, Petawawa Natl. For. Inst., Chalk River, Ont., Inf. Rep. PI-X-91. 119 p.
- Fraser, G.A. 1989. Acid rain control: Potential commercial forestry benefits to Canada. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. E-X-42. 31 p.
- Garner, J.H.B.; Pagano, T.; Cowling, E. 1989. An evaluation of the role of ozone, acid deposition and other airborne pollutants in the forests of eastern North America. USDA For. Serv. Southeast For. Expt. Sta., Asheville, N.C., Gen. Tech. Rep. SE-59. 172 p.
- Gregorius, H.R. 1989. The importance of genetic multiplicity for tolerance of atmospheric pollution. Pages 163-172 in Scholtz, F., H.R. Gregorius, and D. Rudin (eds.), Genetic effects of air pollutants in forest tree populations. Springer-Verlag, Berlin.
- Hall, J. Peter. 1991. ARNEWS Annual Report 1990. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. ST-X-1. 17 p.
- Hall, J. Peter; Addison, P.A. 1991. Response to air pollution: ARNEWS assesses the health of Canada's forests. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. DPC-X-34. 13 p.
- Hall, J. Peter; Pendrel, Bruce A. 1993. ARNEWS Annual Report 1991. Forestry Canada, Ottawa, Ont., Inf. Rep. ST-X-5. 17 p.

- Magasi, L.P. 1988. Acid rain national early warning system: Manual on plot establishment and monitoring. Can. For. Ser., Ottawa, Ont., Inf. Rep. DPC-X-25.
- Magasi, L.P. 1989. White birch deterioration in the Bay of Fundy region, New Brunswick 1979-1988; Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-177.
- Magasi, L.P. 1992. Forest pest conditions in the Maritimes in 1991. Forestry Canada, Maritimes Region, Fredericton, N.B., Inf. Rep. M-X-181.
- Malhotra, S.S.; Blauel, R.A. 1980. Diagnosis of air pollutant and natural stress symptoms on forest vegetation in western Canada. Can. For. Serv., North For. Res. Centre, Edmonton, Alta., Inf. Rep. NOR-X-228. 84 p.
- Manion, P.D. 1981. Tree disease concepts. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Mueller-Dombois, D., 1987. Natural dieback in forests. Bioscience 37(8) : 575-583.
- National Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP). (n.d.). Diagnosing injury to eastern forest trees. NAPAP Forest Responses Program, Vegetation Survey Research Cooperative, USDA, U.S.F.S. 122 p.
- Waring, R.H., 1987. Characteristics of trees predisposed to die. Bioscience 37(8): 569-574.

Figures / Figuras



Figure 1. ARNEWS plot locations.

Figure 1. Emplacement des parcelles du DNARPA.

Figura 1. Ubicación de las parcelas del ARNEWS.

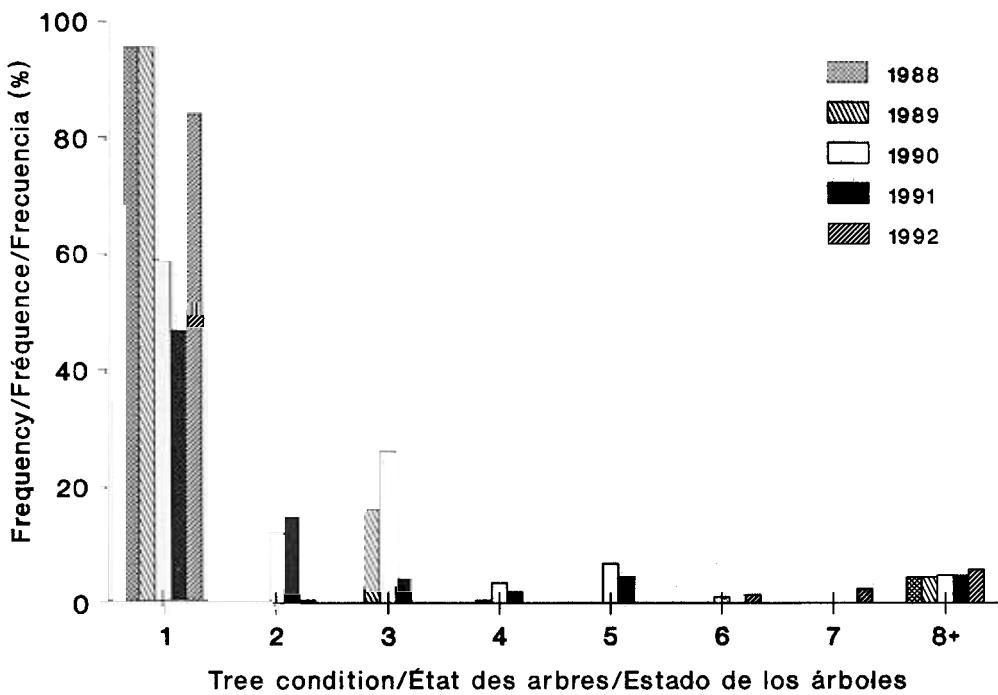


Figure 2. Lodgepole pine (*Pinus contorta*) condition, Northwest Region.

Figure 2. État de santé du pin tordu (*Pinus contorta*), Région du Nord-Ouest.

Figura 2. Estado del pino contorta (*Pinus contorta*), Northwest Region.

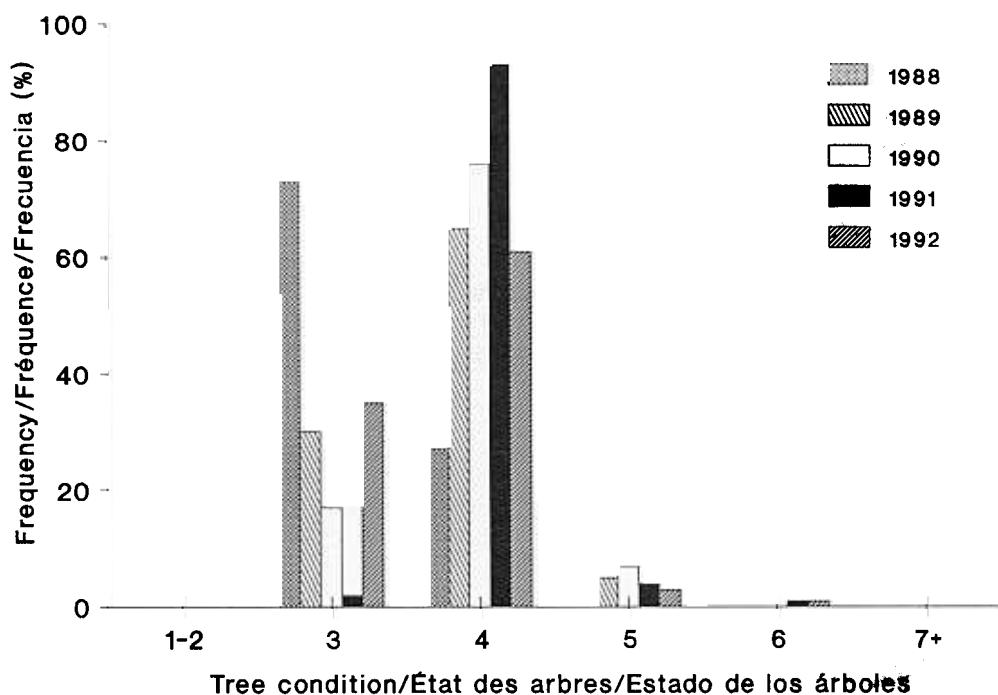


Figure 3. Red pine (*Pinus resinosa*) condition, Quebec Region.

Figure 3. État de santé du pin rouge (*Pinus resinosa*), Région du Québec.

Figura 3. Estado del pino sylvestre (*Pinus resinosa*), Quebec Region.

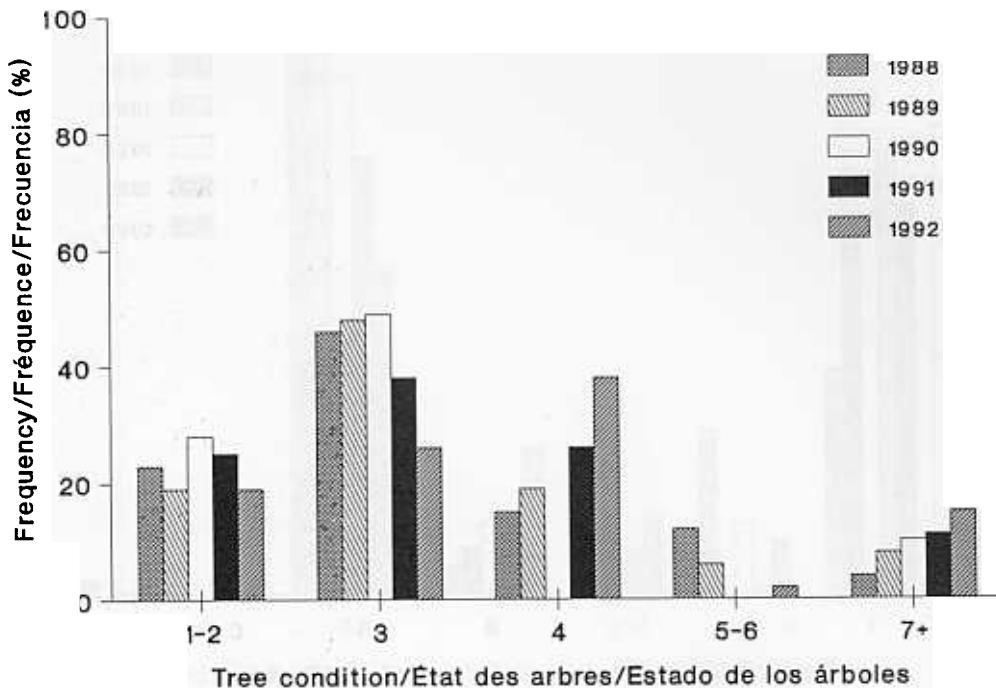


Figure 4. Black spruce (*Picea mariana*) condition, Maritimes Region.

Figure 4. État de santé de l'épinette noire (*Picea mariana*), Région des Maritimes.

Figura 4. Estado de la picea negra americana (*Picea mariana*), Maritimes Region.

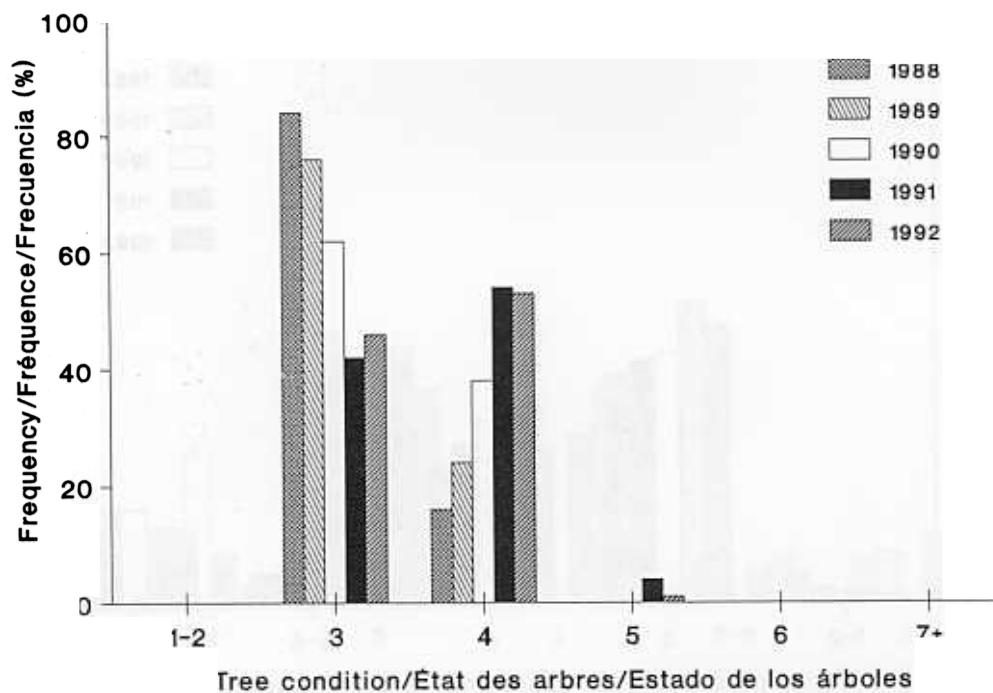


Figure 5. Black spruce (*Picea mariana*) condition, Quebec Region.

Figure 5. État de santé de l'épinette noire (*Picea mariana*), Région du Québec.

Figura 5. Estado de la picea negra americana (*Picea mariana*), Quebec Region.

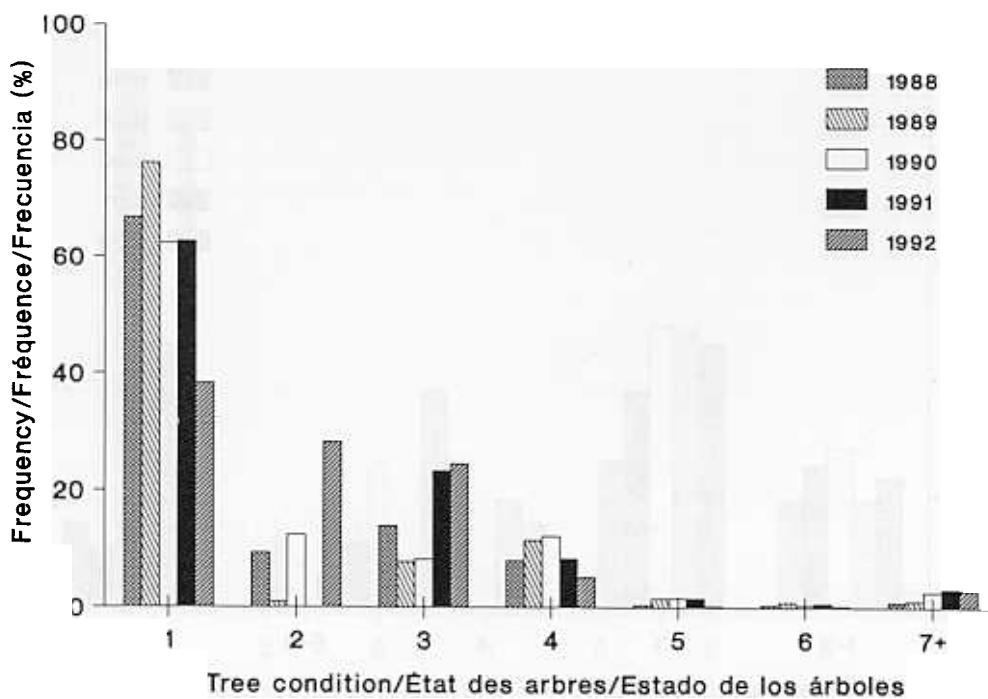


Figure 6. White spruce (*Picea glauca*) condition, Canada.

Figure 6. État de santé de l'épinette blanche (*Picea glauca*), Canada.

Figura 6. Estado de la picea de Canadá (*Picea glauca*), Canadá.

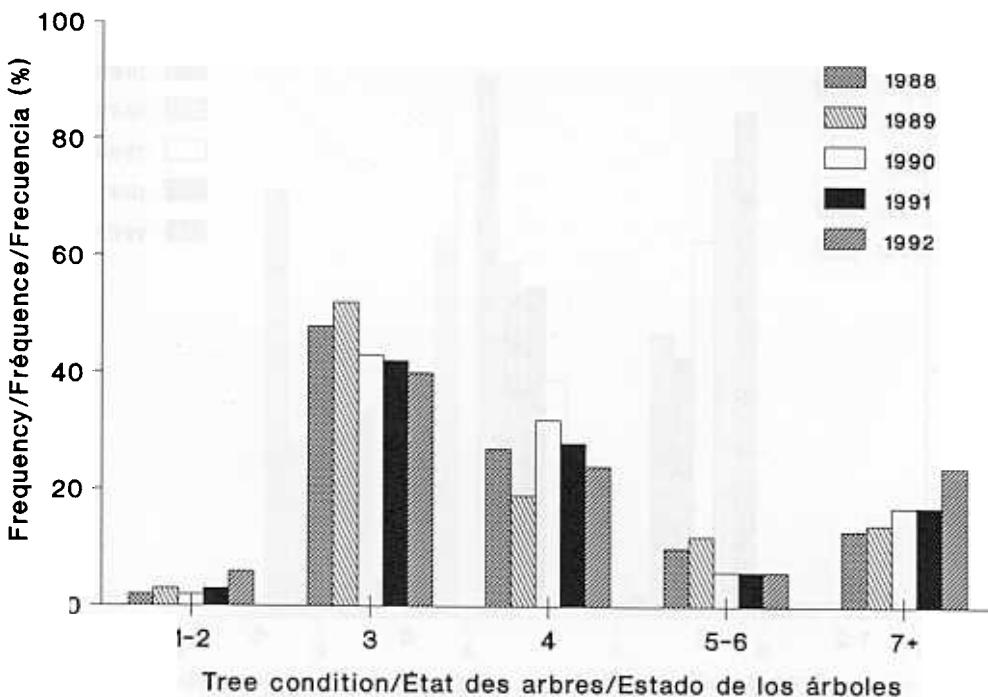


Figure 7. Balsam fir (*Abies balsamea*) condition, Maritimes Region.

Figure 7. État de santé du sapin baumier (*Abies balsamea*), Région des Maritimes.

Figura 7. Estado del abeto balsámico (*Abies balsamea*), Maritimes Region.

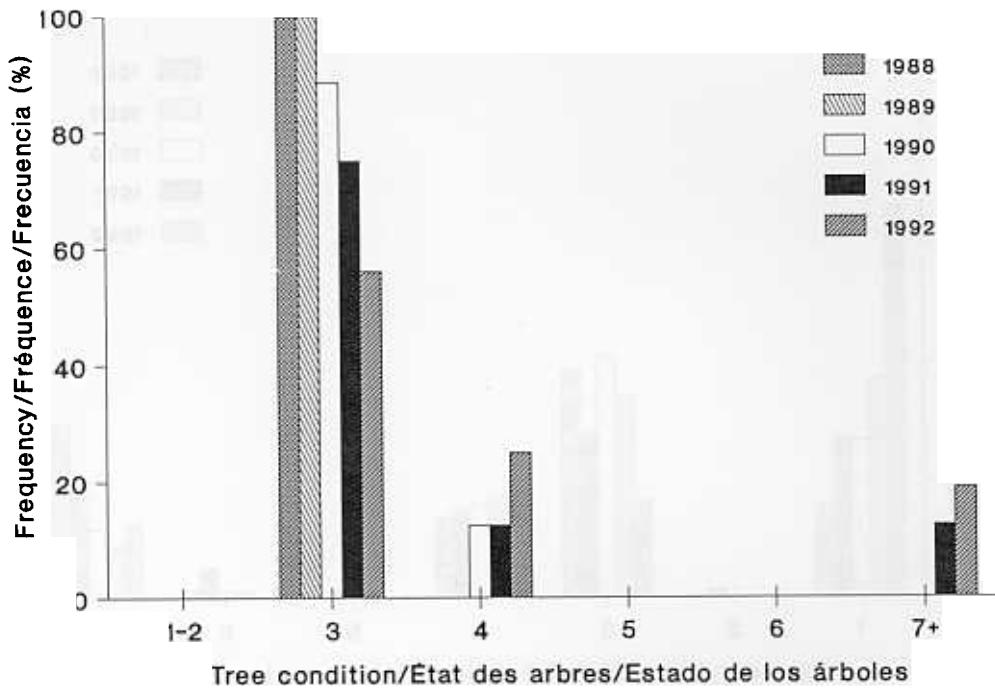


Figure 8. Balsam fir (*Abies balsamea*) condition, Quebec Region.

Figure 8. État de santé du sapin baumier (*Abies balsamea*), Région du Québec.

Figura 8. Estado del abeto balsámico (*Abies balsamea*), Quebec Region.

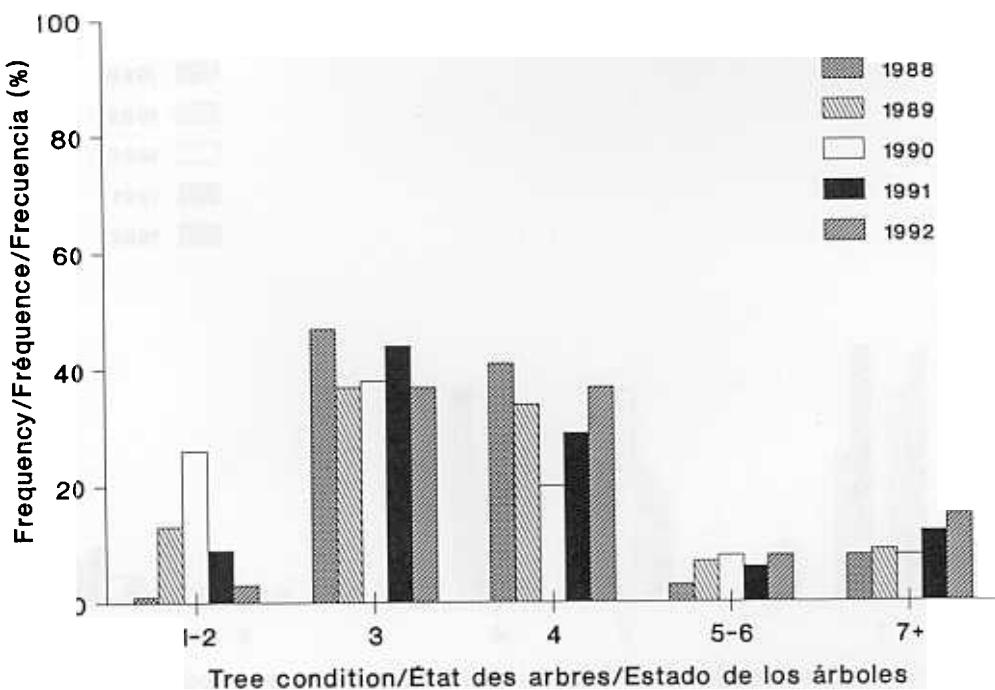


Figure 9. White birch (*Betula papyrifera*) condition, Maritimes Region.

Figure 9. État de santé du bouleau à papier (*Betula papyrifera*), Région des Maritimes.

Figura 9. Estado del abedul americano (*Betula papyrifera*), Maritimes Region.

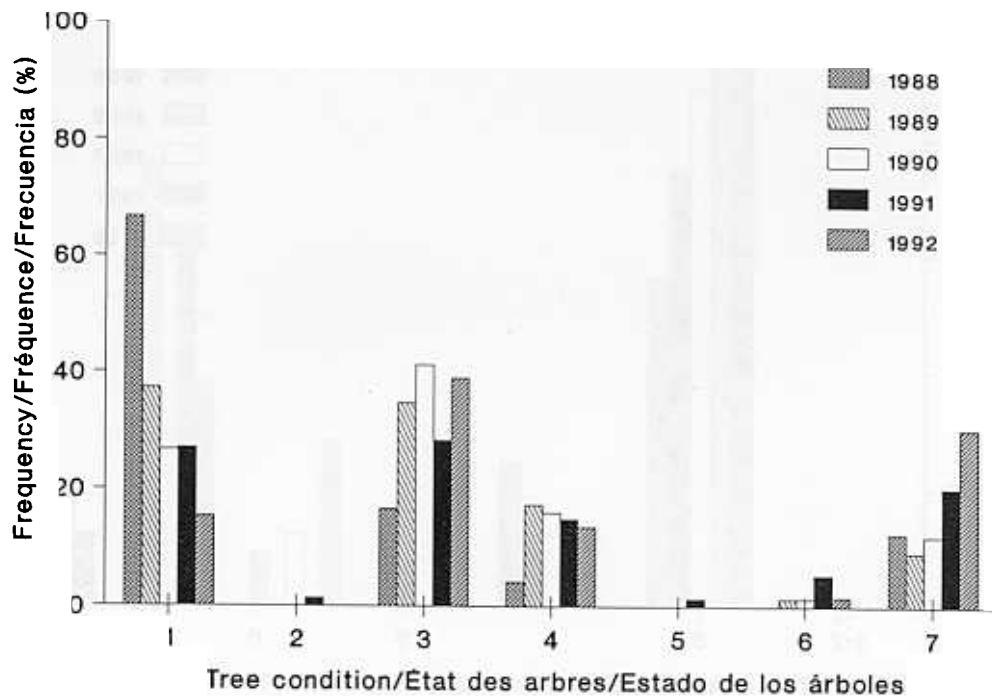


Figure 10. White birch (*Betula papyrifera*) condition, Ontario Region.

Figure 10. État de santé du bouleau à papier (*Betula papyrifera*), Région de l'Ontario.

Figura 10. Estado del abedul americano (*Betula papyrifera*), Ontario Region.

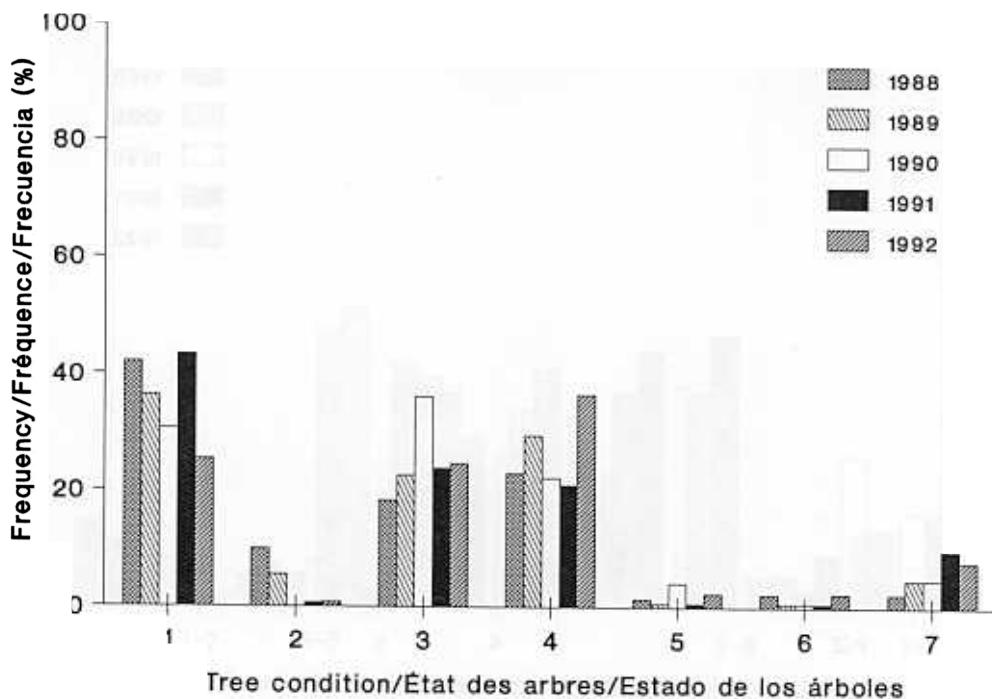


Figure 11. Sugar maple (*Acer saccharum*) condition, Ontario Region.

Figure 11. État de santé de l'érytre à sucre (*Acer saccharum*), Région de l'Ontario.

Figura 11. Estado del arce de azúcar (*Acer saccharum*), Ontario Region.