

Bilan phytosanitaire des boisés de Saint-Pierre et Miquelon

Rapport de mission dans l'archipel du 28 octobre au 1^{ier} novembre
2013



Gaétan MOREAU, ingénieur forestier
Professeur d'écologie des insectes à l'Université de Moncton

Janvier 2014

Remerciements

Je souhaite adresser mes plus sincères remerciements à :

- M. Franck Urtizbéréa, technicien supérieur à la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Saint-Pierre et Miquelon, pour son accueil et pour le temps et l'énergie dévoués à ma mission;
- M. Bruno Letournel, chef du service de l'ONCFS, et M. Marcel-Christophe Dagort, Président de la Fédération des Chasseurs de Saint-Pierre et Miquelon, pour d'éclairantes discussions et une très instructive excursion sur le terrain à Miquelon et Langlade;
- Mme Leslie-Anne Davidson, biologiste à Pêches et Océans Canada, et Mme Hélène Guignard, directrice adjointe de la Direction des Territoires, de l'Alimentation et de la Mer pour l'organisation et le bon déroulement de ma mission.

Sommaire

1.0 Introduction	3
2.0 Description du système forestier des zones visitées.....	3
3.0 Problèmes phytosanitaires observés dans les zones visitées	4
3.1 Cécidomyie du sapin, <i>Paradiplosis tumifex</i> (Gagné)	4
3.2 Puceron des pousses du sapin, <i>Mindarus abietinus</i> (Koch)	4
3.3 Diprion du sapin baumier, <i>Neodiprion abietis</i> (Harris).....	5
3.4 Puceron lanigère du sapin, <i>Adelges piceae</i> (Ratzeburg).....	5
3.5 Pyrale des cônes de l'épinette, <i>Dioryctria reniculella</i> (Mutuura & Munroe), et/ou pyrale des cônes du sapin, <i>Dioryctria abietivorella</i> (Grote)	6
3.6 Cérambycidés	7
3.7 Maladies foliaires	7
4.0 Bilan phytosanitaire de la situation	7
5.0 Recommandations	8
Recommandation 1	8
Recommandation 2	8
Recommandation 3	8
6.0 Références citées	9
7.0 Figures	12

1.0 Introduction

L'objectif de la mission à Saint-Pierre-et-Miquelon décrite dans les pages suivantes était de dresser un bilan phytosanitaire qualitatif des boisés de l'archipel. Pour ce faire, des rencontres avec les principaux acteurs du milieu furent organisées dans le cadre d'excursions sur le terrain se déroulant du 28 octobre au 1^{er} novembre 2013. Les excursions permirent d'évaluer l'état des zones forestières suivantes :

Miquelon : Buttes de la demoiselle; Buttes de Michaud; Buttes à Sylvain.

Langlade : Ruisseau Desbons; vallée entre le Caillou Blanc et Cuquemel; flanc nord-est du Cuquemel; partie supérieure des Terres de la Scierie; Cap à la Vierge; flanc de la Tête Pelée.

St-Pierre : Anse à Dinan; Vallée des Sept Étangs.

2.0 Description du système forestier des zones visitées

Les boisés visités sont du domaine de la sapinière à bouleau, le paysage forestier étant dominé par le sapin baumier (*Abies balsamea*). Un faible pourcentage de la canopée (généralement moins de 25%) est composé d'essences feuillues dont le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*). Quelques autres essences résineuses (entre autre l'épinette noire –*Picea mariana*–, l'épinette blanche –*Picea glauca*– et le mélèze laricin –*Larix laricina*–) et feuillues (dont le némopanthé mucroné –*Nemopanthus mucronata*– et l'aulne crispé –*Alnus viridis ssp. crispa*–) furent aussi observées à l'occasion, mais généralement en sous-étage au niveau de la canopée. La haute fréquence de traces globuleuses sur les rameaux des sapins baumiers de l'archipel indique que ces derniers sont entrés en floraison à de nombreuses reprises au cours des dernières années, témoignant d'un niveau élevé de stress chez ces plantes.

Les caractéristiques de ces boisés et la faible profondeur des sols forestiers suggèrent que la succession forestière mène à un état d'équilibre dynamique où la canopée de sapin baumier s'ouvre sous l'effet de perturbations naturelles (épidémies d'insectes, chablis) pour permettre un remplacement des arbres sénescents par de nouvelles tiges de sapin baumier. En cela, les boisés de l'archipel sont semblables aux forêts des Hautes-Terres du Cap Breton et des côtes de Terre-Neuve, sinon pour la plus forte limitation en hauteur des peuplements de l'archipel en raison de la faible profondeur des sols et d'une exposition plus forte aux vents et aux embruns salins. En revanche, la régénération clairsemée ou fortement variable des boisés de certaines îles de l'archipel diffère fortement des forêts de Terre-Neuve et des Hautes-Terres du Cap Breton; alors que les forêts de sapin baumier du Canada Atlantique (et de St-

Pierre; Figure 2.1) présentent généralement une dense régénération qui s'explique par la tolérance à l'ombre du sapin baumier (Parent et al. 2006) et sa forte production semencière, les boisés de Langlade et Miquelon en sont pratiquement dépourvues. Le sous-bois est plutôt occupé par un tapis herbacé de cornouiller du Canada (*Cornus canadensis*) ou par des fougères (Figure 2.2). De plus, l'absence de régénération dans une zone ayant subi un incendie il y a 20 ans sur les flancs du Cuquemel (Figure 2.3) suggère que la succession forestière est plus lente dans l'archipel qu'à Terre-Neuve et au Cap Breton.

3.0 Problèmes phytosanitaires observés dans les zones visitées

3.1 Cécidomyie du sapin, *Paradiplosis tumifex* (Gagné)

La cécidomyie du sapin est un diptère gallifère indigène dont l'alimentation provoque le développement d'une protubérance (galle) à la base des aiguilles de la pousse de l'année du sapin baumier. À l'intérieur de la galle, la cécidomyie immature se nourrit des riches tissus du mésophile (West & Shorthouse 1982) et lorsqu'elle quitte la galle à la fin de son développement larvaire, l'aiguille jaunit et tombe prématurément au sol. Occasionnellement, la galle peut aussi être envahie par les larves de la cécidomyie affinée du sapin (*Dasineura balsamicola* [Lintner]), un diptère au cycle de vie similaire, mais qui nécessite l'attaque préliminaire de l'hôte par *P. tumifex* pour pouvoir compléter son cycle de vie (Osgood & Gagné 1978). Les épidémies de ces insectes en Atlantique surviennent aux sept ans (Osgood et al. 1997).

Des galles de cécidomyie furent fréquemment observées lors de ma mission à St-Pierre-et-Miquelon, indiquant que les populations de ces insectes sont à des niveaux intermédiaires, similaires à ceux observées dans le nord du Nouveau-Brunswick en 2013 (G. Moreau, observation personnelle). Ces niveaux de population ne sont toutefois pas inquiétants, car les dégâts causés par l'attaque de ces insectes sont principalement d'ordre cosmétique et affectent peu la santé de la plante hôte.

3.2 Puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* (Koch)

Le puceron des pousses du sapin est un minuscule homoptère indigène dont l'alimentation provoque la déformation (Figure 3.2.1) et la chlorose des aiguilles (Martineau 1984). Les pousses fortement attaquées auront une croissance réduite, pourront occasionnellement mourir et expérimenteront parfois une fumagine.

Des attaques de puceron des pousses du sapin furent observées sporadiquement lors de ma mission à St-Pierre-et-Miquelon. Les attaques de ces insectes en milieu naturel ont peu

d'effet sur la survie du sapin baumier et sont seulement problématiques dans les plantations d'arbres de Noël (Bradbury & Osgood 1986)

3.3 Diprion du sapin baumier, *Neodiprion abietis* (Harris)

Le diprion du sapin baumier est un hyménoptère symphyte indigène qui s'attaque principalement aux vieilles aiguilles du sapin baumier (Moreau et al. 2003). Chez ce dernier, l'attaque du diprion provoque une perte de vigueur et un ralentissement important de la croissance, mais entraîne rarement la mort de l'arbre (Piene et al. 2001; Ostaff et al. 2006). Les épidémies de cet insecte en Atlantique surviennent aux dix ans (Moreau 2006b) et sont habituellement plus intenses en milieu insulaire (Moreau 2006a) et dans les peuplements où la canopée est ouverte (Moreau et al. 2006a,b; Moreau & Quiring 2011).

Des œufs (Figure 3.3.1) et de nombreux signes de défoliation par le diprion du sapin baumier furent observés sur l'ensemble des îles de l'archipel. Certains des épisodes de défoliation étaient relativement récents, comme par exemple près de l'Anse à Dinan (Figure 3.3.2) et à Mirande. En revanche, la plupart des autres zones visitées présentaient plutôt des signes d'une défoliation antérieure aux deux dernières saisons de croissance (Figure 3.3.3). L'ouverture de la canopée due aux ravages du diprion favorise normalement le développement d'un sous-étage dans les peuplements matures de sapin baumier, accélérant ainsi le cycle naturel de succession. Cependant, ce phénomène naturel et souhaitable ne fut observé que sur l'Île de St-Pierre.

3.4 Puceron lanigère du sapin, *Adelges piceae* (Ratzeburg)

Le puceron lanigère du sapin est un homoptère exotique d'origine européenne qui fut observé pour la première fois au Canada Atlantique en 1910. Depuis, son aire de distribution ne cesse de s'agrandir dans les forêts de sapin de l'Est de l'Amérique et couvre désormais la plupart des peuplements de sapin baumier de Terre-Neuve, de la Nouvelle-Écosse et du tiers méridional du Nouveau-Brunswick (Quiring et al. 2008).

Dans son aire d'origine, le puceron lanigère cause peu de dommages à ses arbres hôtes (Balch 1952). Cependant, dans les forêts de sapin d'Amérique du Nord, l'attaque du puceron lanigère initie une réaction hypersensible chez les arbres hôtes qui cause le gonflement des nœuds de la branche (Figure 3.4.1), un phénomène communément appelé « goutte » (Balch 1952). Les modifications morphologiques et physiologiques du xylème (Puritch & Johnson 1971; Puritch & Petty 1971) et du phloème (Mullick 1975, 1977) des branches affectées entraînent une diminution de la translocation, ce qui peut mener à une baisse de la

photosynthèse, de l'élongation et de la production des bourgeons. Des infestations continues de pucerons lanigères peuvent induire un état de sécheresse physiologique chez l'arbre hôte (Hain et al. 1991), ce qui peut conduire à une mortalité des branches, de la couronne ou de l'arbre (Balch 1952). Alors qu'une forte infestation du tronc peut entraîner la mort de l'arbre en trois ans, l'infestation chronique de la couronne des arbres peut provoquer la mort de ces derniers après 10 à 20 ans (Carroll & Bryant 1960).

Des attaques de puceron lanigère du sapin furent fréquemment observées lors de ma mission dans l'archipel. Des signes de goutte sur des chicots en décomposition (Figure 3.4.2) suggèrent que l'insecte a colonisé les îles de Langlade et Miquelon il y a plus de 10 ans. Aucun signe d'attaque ne fut observé sur l'Île de St-Pierre. La fréquence des dommages liés à la goutte sur les sapins baumiers de Langlade et Miquelon est semblable à celle observée au nord sur l'Île de Terre-Neuve et dans certaines zones de la Nouvelle-Écosse. Ces attaques devraient accélérer le dépérissement des sapins baumiers sénescents et contribuer à l'abrutissement d'une partie des jeunes tiges et des arbres matures. En revanche, ces attaques ont eu apparemment peu d'impact sur une bonne partie des arbres et sur la production de semences par les sapins baumiers.

3.5 Pyrale des cônes de l'épinette, *Dioryctria reniculella* (Mutuura & Munroe), et/ou pyrale des cônes du sapin, *Dioryctria abietivorella* (Grote)

Des dommages aux cônes de nature entomologique furent fréquemment observés dans l'ensemble des îles de l'archipel. Ainsi, entre 0 et 50% (variable parmi les zones forestières et parmi les cônes d'un même arbre) des cônes présentaient des trous d'émergence et étaient couverts avec de la soie et des fèces d'insectes (Figure 3.5.1). Lorsque disséqués, de larges tunnels vides étaient trouvés à l'intérieur des cônes. Ces dommages sont typiquement associés aux pyrales des cônes (Hedlin et al. 1980), mais l'absence de l'insecte au moment de ma mission automnale ne permit pas d'obtenir une identification spécifique (voir Munroe 1959; Ross 1959), la larve quittant généralement le cône vers la fin de son développement (Keen 1952).

Les infestations par les espèces du genre *Dioryctria* peuvent avoir un impact économique significatif dans les vergers à graines mais, à l'exception des essences forestières peu abondantes (voir Mosseler et al. 1992), auront peu d'impact dans les peuplements naturels (Whitehouse et al. 2011).

3.6 Cérambycidés

De nombreuses traces d'émergence (Figure 3.6.1) de longicornes (Coleoptera : Cerambycidae) furent observées sur les troncs de baumier dans de vastes zones où la canopée avait périé et la régénération était absente. L'absence de coulée de sève sur les troncs de ces arbres suggère cependant que ces attaques étaient ultérieures au décès des arbres sous l'action d'autres facteurs de mortalité.

3.7 Maladies foliaires

Le sapin baumier est susceptible à de nombreuses maladies foliaires, par exemple les brûlures des aiguilles et des pousses par les champignons ascomycètes, la rouille des aiguilles, la rouille-balai de sorcière du sapin. Cependant, outre pour quelques rares traces d'*Uredinopsis* et possiblement *Phaeocryptopus nudus*, aucune maladie foliaire ne fut observée.

4.0 Bilan phytosanitaire de la situation

Le système observé sur Langlade et Miquelon n'est pas très différent des forêts du Cap Breton et de Terre-Neuve, sinon pour la plus forte limitation en hauteur des peuplements de l'archipel. Là aussi, la cécidomyie du sapin, le puceron lanigère, le puceron des pousses du sapin, le diprion du sapin baumier et les pyrales attaquent fréquemment le sapin baumier. En revanche, les forêts surannées du Canada Atlantique possèdent une régénération abondante qui devrait permettre au système de perdurer suite à l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clemens]) qui s'y développe actuellement (Parent et al. 2001). De plus, il n'y a pas de raison de croire que l'archipel soit à l'abri de la tordeuse à tête noire (*Acleris variana* [Fern.]) et de l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* [Guen.]), deux insectes qui furent responsables de la destruction d'immenses zones de forêts matures à Terre-Neuve et au Cap Breton ces dernières années (Kettela & Thurston 2005; Iqbal & MacLean 2010). Une épidémie par l'un de ces ravageurs primaires entrainerait une profonde perturbation du paysage forestier de l'archipel car l'élimination de la strate sénescence et l'absence ou quasi-absence de régénération dans plusieurs zones entrainerait la disparition du couvert forestier. Des exemples de ce phénomène, en l'absence d'insectes primaires, sont déjà visibles dans certaines zones de Langlade et Miquelon (Figure 4.1). De ce fait, la succession forestière quitterait son état d'équilibre dynamique pour se diriger dans une voie imprévisible. De plus, le sol perdrait son support racinaire suite à la décomposition des racines du baumier et serait sujet à des phénomènes de mouvement gravitaire et d'érosion.

Les dégâts foliaires d'insectes observés dans l'archipel pendant ma mission ne peuvent expliquer l'absence de régénération et l'apparente perturbation des phénomènes naturels de succession forestière. Les dommages aux cônes sous l'action des pyrales ne peuvent être tenus responsables car des dommages similaires sont aussi observés à St-Pierre et atteignent, au plus, 50 à 60% des cônes. Le puceron lanigère du sapin affecte au plus le tiers des jeunes tiges et ne devrait en rien empêcher le développement d'un sous-étage de jeunes sapins suite à l'ouverture de la canopée par le diprion du sapin baumier, tel qu'en font foi les forêts de Terre-Neuve et du Cap Breton. L'action des autres ravageurs indigènes du sapin baumier (cécidomyie du sapin, puceron des pousses du sapin, diprion du sapin baumier) tend à favoriser le développement de la régénération plutôt qu'à la limiter.

5.0 Recommandations

Recommandation 1

Augmenter l'effort de suivi des ravageurs forestiers, en particulier du puceron lanigère du sapin et de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, par l'échantillonnage et l'utilisation de pièges à phéromone. Éviter le transport de bois ou de pièces de bois de Miquelon et Langlade vers l'Île St-Pierre afin de ralentir l'éventuelle dispersion du puceron lanigère du sapin vers l'Île St-Pierre.

Recommandation 2

Certaines zones où fut pratiquée une récolte ne se sont pas régénérées. À l'inverse, certaines zones bien régénérées pourraient être récoltées sans conséquence néfaste. Il est donc recommandé que la récolte forestière ne soit pratiquée que dans les zones où une dense régénération est présente. Comme des amoncellements de débris ligneux qui présentent peu de signe de décomposition active furent observés dans certaines zones de récolte (Figure 5.1), les débris ligneux de la récolte seront préférablement dispersés dans l'habitat plutôt que concentrés en piles.

Recommandation 3

En raison de l'absence ou quasi-absence de régénération à Langlade et Miquelon, ces boisés sont susceptibles d'en arriver à un état de détérioration complète et irréversible, suite aux épidémies de ravageurs primaires qui se développent dans l'Atlantique. Bien que le puceron lanigère du sapin ait contribué à la sénescence des peuplements, il n'explique en rien l'absence de régénération, ne pourra être exterminé du système forestier de l'archipel et devra

désormais être considéré comme un acteur important dans les décisions futures d'aménagement du territoire. Afin d'éviter la perte du couvert forestier, il est donc urgent d'entreprendre des actions pour favoriser la régénération et le développement d'une strate dense de jeunes sapins baumiers à court terme. Comme mes observations sur le terrain ne permettent de soutenir les hypothèses que les herbivores invertébrés, les maladies ou la production semencière du sapin baumier soient responsables du problème, il sera sans doute nécessaire de diminuer la pression exercée par les herbivores vertébrés sur la régénération pour répondre à cette recommandation.

6.0 Références citées

- Balch R.E. (1952) Studies of the balsam woolly aphid, *Adelges piceae* (Ratz.) and its effects on balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill. Ottawa: Canada: Department of Agriculture. Report 867.
- Bradbury R.L., Osgood E.A. (1986) Chemical control of balsam twig aphid, *Mindarus abietinus* Koch (Homoptera: Aphididae). Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 124.
- Carroll W.J., Bryant D.G. (1960) A review of the balsam woolly adelgid in Newfoundland. Forestry Chronicle 36: 278-290.
- Hain F.P., Hollingsworth R.G., Arthur F.H., Sanchez F., Ross R.K. (1991) Adelgid host interactions with special reference to the Balsam Woolly Adelgid in North America. Dans : Baranchikov Y.N., Matison Y.N., Hain F.P., Payne T.L. (éditeurs) Forest insect guilds: patterns of interaction with host trees. USDA For Serv Gen Tech Rep NE-153.
- Hedlin A.F., Yates H.O., Tovar D.C., Ebel B.H., Koerber T.W., Merkel E.P. (1980) Cone and seed insects of North American conifers. Canadian Forestry Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, United States Forest Service, Washington, D.C., and Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Mexico.
- Iqbal J., MacLean D.A. (2010) Estimating cumulative defoliation of balsam fir from hemlock looper and balsam fir sawfly using aerial defoliation survey in western Newfoundland, Canada. Forest Ecology and Management 259: 591-597.
- Keen F.P. (1952) Insect enemies of western forests. United States Department of Agriculture Miscellaneous Publication No. 273, pages 20-23.
- Kettela E., Thurston G. (2005) Blackheaded Budworm. Canadian Forest Service-Atlantic Forestry Centre Impact Note, Fredericton, New Brunswick.

- Martineau, R. (1984) Les insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada. Service canadien des forêts, Administration centrale, Ottawa (Ontario). Rapport technique de foresterie 32F.
- Moreau G. (2006a) Large-scale thinning treatments and their unexpected consequences on insular populations of eruptive defoliators. Workshop on Silviculture and pest management. The North American Forest Insect Work Conference, 22-26 mai 2006, Asheville, NC.
- Moreau G. (2006b) Past and present outbreaks of the balsam fir sawfly in western Newfoundland: An analytical review. *Forest Ecology and Management* 221: 215-219.
- Moreau G., Quiring D.T., Eveleigh E.S., Bauce É. (2003) Advantages of a mixed diet: feeding on several foliar age classes increases the performance of a specialist insect herbivore. *Oecologia* 135: 391-399.
- Moreau G, Eveleigh ES, Lucarotti CJ, Quiring DT (2006a) Ecosystem alteration modifies the relative strengths of bottom-up and top-down forces in a herbivore population. *Journal of Animal Ecology* 75: 853-861.
- Moreau G, Eveleigh ES, Lucarotti CJ, Quiring DT (2006b) Stage- specific responses to ecosystem alteration in an eruptive herbivorous insect. *Journal of Applied Ecology* 43: 28-34.
- Moreau G, Quiring DT (2011) Stand structure interacts with previous defoliation to influence herbivore fitness. *Forest Ecology and Management* 262: 1567-1575.
- Mosseler A., Roberts B.A., Tricco P. (1992) The effects of fir coneworm, *Dioryctria abietivorella* (Grote) (Lepidoptera, Pyralidae), on seed production in small, isolated populations of red pine, *Pinus resinosa* Ait. *Forest Ecology and Management*, 53: 15-27.
- Mullick D. B. (1975) A new tissue essential to necrophyllactic periderm formation in the bark of four conifers. *Canadian Journal of Botany* 53: 2443-2457.
- Mullick D.B. (1977) The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding insect and pathogen attack. Dans : Loewus F.A., Runeckles V.C. (éditeurs) *Recent Advances in Phytochemistry*, Vol 11. Plenum Publishing Co, New York, pp 395-441.
- Munroe E. (1959) Canadian Species of *Dioryctria* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *The Canadian Entomologist* 91: 65-72.
- Osgood E.A., Bradbury R.L., Drummond F.A. (1997) The balsam gall midge—An economic pest of balsam fir Christmas trees. *Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin* 151.

- Osgood E.A., Gagné R.J. (1978) Biology and taxonomy of two gall midges (Diptera : Cecidomyiidae) found in galls on balsam fir needles with description of a new species of *Paradiplosis*. *Annals of the Entomological Society of America* 71: 85-91.
- Ostaf D.P., Piene H., Quiring D.T., Moreau G., Farrell J.C.G., Scarr T. (2006) Influence of pre-commercial thinning of balsam fir on defoliation by the balsam fir sawfly. *Forest Ecology and Management* 223: 342-348.
- Parent S., Morin H., Messier C. (2001) Balsam fir (*Abies balsamea*) establishment dynamics during a spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) outbreak: an evaluation of the impact of aging techniques ». *Canadian Journal of Forest Research* 31: 373-376.
- Parent S., Morin H., Messier C., Simard M.J. (2006) Growth, biomass allocation, and adventitious roots of balsam fir seedlings growing in closed-canopy stands. *Ecoscience* 13: 89-94.
- Piene, H., Ostaf D., Eveleigh E. (2001) Growth loss and recovery following defoliation by the balsam fir sawfly in young, spaced balsam fir stands. *The Canadian Entomologist* 133: 675–686.
- Puritch G.S., Johnson R.P.C. (1971) Effects of infestation by the Balsam Woolly Aphid, *Adelges Piceae* (Ratz) on the ultrastructure of bordered-pit membranes of Grand Fir, *Abies grandis* (Doug) Lindl. *Journal of Experimental Botany* 22: 953-958.
- Puritch G.S., Petty J.A. (1971) Effect of balsam woolly aphid, *Adelges piceae* (Ratz) infestation on the xylem of *Abies grandis* (Doug) Lindl. *Journal of Experimental Botany* 22: 946-952.
- Quiring D., Ostaf D.P., Hartling L., Lavigne D., Moore K., DeMerchant I. (2008) Temperature and plant hardiness zone influence distribution of balsam woolly adelgid damage in Atlantic Canada. *Forestry Chronicle* 84: 558-562.
- Ross D.A. (1959) Abdominal Characters of *Dioryctria* Pupae (Lepidoptera: Pyralidae) from British Columbia. *The Canadian Entomologist* 91: 731-734.
- West R.J., Shorthouse J.D. (1982) Morphology of the balsam fir needle gall induced by the midge *Paradiplosis turnifex* (Diptera: Cecidomyiidae). *Canadian Journal of Botany* 60: 131-140.
- Whitehouse C.M., Roe A.D., Strong W.B., Evenden M.L., Sperling F.A.H. (2011) Biology and management of North American cone-feeding *Dioryctria* species. *The Canadian Entomologist* 143: 1-34.

7.0 Figures (photographies de G. Moreau)



Figure 2.1. Forêt de sapin baumier de St-Pierre où la canopée supérieure est absente mais où la régénération abonde.



Figure 2.2. Forêt de sapin baumier où la régénération est inexistante et le sous-bois est dominé par des fougères.



Figure 2.3. Trace d'un ancien incendie sur les flancs du Cuquemel.



Figure 3.2.1. Déformation des aiguilles du sapin baumier causée par l'alimentation du puceron des pousses du sapin, *Mindarus abietinus* (Koch).



Figure 3.3.1. Décoloration des aiguilles du sapin indiquant la présence d'œufs de diprion du sapin baumier, *Neodiprion abietis* (Harris).



Figure 3.3.2. Traces d'une défoliation récente des aiguilles par le diprion du sapin baumier, *Neodiprion abietis* (Harris).



Figure 3.3.3. Défoliation passée des branches du sapin par le diprion du sapin baumier, *Neodiprion abietis* (Harris).



Figure 3.4.1. Gonflement des nœuds de la branche suite à l'attaque du puceron lanigère du sapin, *Adelges piceae* (Ratzeburg).



Figure 3.4.2. Signes de goutte sur la tête d'un chicot fortement décomposé.



Figure 3.5.1. Trou d'émergence et fèces d'insectes associés à une attaque des cônes de sapin par les pyrales des cônes.



Figure 3.6.1. Trous d'émergence de longicornes (Coleoptera : Cerambycidae) sur les troncs d'un sapin baumier.



Figure 4.1. Forêt dégradée de sapin baumier où la canopée et la régénération sont inexistantes.



Figure 5.1. Amoncellements de débris ligneux présentant peu de signe de décomposition active.