

AUDIENCE PUBLIQUE SUR LE PROGRAMME DE PULVÉRISATIONS
AÉRIENNES CONTRE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE

ANNEXE 2 DU RAPPORT

ÉPIDÉMIOLOGIE DE L'INSECTE ET
EFFICACITÉ DE CERTAINES SOLUTIONS

TABLE DES MATIÈRES

	Page
CHAPITRE 1: Epidémiologie de l'insecte	3
1.1 Introduction	3
1.2 Dynamique des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette	4
1.3 L'origine des épidémies	4
1.4 Comportement de l'épidémie et régression	7
1.5 Périodicité des épidémies	8
CHAPITRE 2: Efficacité des solutions proposées	13
2.1 Les insecticides chimiques	14
2.2 Les insecticides biologiques	18
CHAPITRE 3: Efficacité potentielle des autres solutions	21
3.1 La récupération et la prérécupération	22
3.2 Transport de matière ligneuse des autres régions	23
3.3 Nouvelles technologies et meilleure utilisation de la matière ligneuse	24
3.4 Phéromones et hormones	24
3.5 Les prédateurs et parasites	26
3.6 La sylviculture	28
3.7 Gravité des dommages	29
3.7.1 Influencer la composition de la forêt	31
CHAPITRE 4: Conclusions	35

1.1 Introduction

Les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette sont un phénomène qui a affecté les forêts du nord-est du continent nord-américain depuis fort longtemps. Bien qu'aucune preuve n'existe à cet effet, on peut postuler en toute sécurité que cet insecte se produit à l'état épidémique depuis que les forêts du nord-est existent dans leur forme évolutive actuelle. Compte tenu des limitations inhérentes aux techniques dendrochronologiques utilisées pour situer dans le temps et l'espace les épidémies passées, il a été possible de retracer le passage de la tordeuse dans l'est du Canada sur une période d'environ 250 ans. Contrairement à ce que l'on observe aujourd'hui, la plus grande partie de cette période a été caractérisée par de nombreuses irruptions locales de courtes durées. Ce n'est que depuis le début du vingtième siècle que les épidémies ont acquis progressivement le caractère qu'on leur connaît aujourd'hui, c'est-à-dire que ces dernières sont de plus en plus rapprochées, de plus longue durée et affectent la presque totalité de l'aire de distribution du sapin et de l'épinette blanche. Ces modifications du comportement épidémique ont conduit certains auteurs à postuler que ce sont les changements apportés à la composition et à la structure du couvert forestier qui sont en partie responsables de ce nouveau caractère épidémique de la tordeuse. Pour d'autres, ce sont les pulvérisations aériennes d'insecticides chimiques qui, par le biais de la protection des plantes-hôtes, prolongent l'épidémie en conservant nourriture et habitat pour l'insecte. Enfin, des observations récentes ont indiqué que des expositions successives à des doses sous-létales d'insecticides chimiques pourraient avoir un effet vitalisant sur les larves, induisant ainsi des changements métaboliques qui pourraient à leur tour agir comme précurseurs d'une certaine forme de résistance aux insecticides. Quoi qu'il en soit, ces observations montrent qu'avec le temps, la tordeuse a posé des problèmes de plus en plus sérieux, lesquels nécessitent pour les solutionner le déploiement de moyens

de plus en plus grands dont l'usage même suscite de nouvelles difficultés. Cette escalade porte donc à réfléchir sur l'à-propos de continuer à poursuivre des efforts dans la voie proposée puisque ceux-ci pourraient fort bien contribuer à accélérer l'escalade.

Une certaine circonspection devient alors nécessaire si l'on veut évaluer ces arguments à leur juste valeur et les intégrer à la problématique de l'actuel projet de pulvérisations. Pour bien comprendre la portée de ces énoncés, une revue des principes épidémiologiques propres à la tordeuse s'impose.

1.2 Dynamique des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette

Les principes de base qui gouvernent encore aujourd'hui la plupart des interventions contre la tordeuse ont été élaborés au cours de la dernière épidémie qui a sévi entre 1939 et 1958. Basés sur des études parfois très intenses, deux grands facteurs ont été isolés pour expliquer l'origine des épidémies, ce sont:

- 1) la présence sur de vastes étendues de forêt résineuse à maturité où le sapin est une composante principale;
- 2) une succession de trois à quatre fins de printemps et débuts d'été chauds et secs.

D'autre part, la famine et des conditions climatiques adverses (températures fraîches, précipitations abondantes, gelées tardives) sont les causes de déclin des épidémies qui ont été le plus souvent citées. Toutefois, des études récentes n'ont pas accordé la même importance à ces facteurs qui d'ailleurs expliquent mal les phénomènes que nous observons aujourd'hui. Le lien de cause à effet qui les unit mériterait donc d'être regardé de plus près.

1.3 L'origine des épidémies

Grâce au caractère écologique de la forêt boréale, nous sommes assurés d'une présence constante de vastes étendues de forêts résineuses à forte teneur en sapin, tandis que les variations climatiques ne sont pas

encore soumises aux volontés de l'homme. Vues sous cet angle, les épidémies de tordeuse feraient partie intégrale de l'écosystème boréal et rien ne pourrait être tenté pour les éviter. La fin d'une épidémie étant finalement en vue à cause de la famine, c'est-à-dire la destruction de la forêt, ou précipitée par des conditions climatiques défavorables, il ne reste qu'une solution valable soit celle retenue par le promoteur et qui consiste à retarder par l'intermédiaire de pulvérisations aériennes de pesticides chimiques ou biologiques l'échéancier d'une forêt sans vie, en espérant que le hasard du climat interviendra le premier. Serions-nous en face d'un écosystème auto-destructeur? De plus, ces mêmes facteurs expliquent mal pourquoi les épidémies sont plus longues et plus rapprochées qu'elles ne l'étaient. La succession rapide de trois épidémies majeures en soixante ans de concert avec l'exploitation forestière aurait dû rajeunir cette forêt plutôt que de la faire tendre vers la maturité, et même dans certains cas créer des conditions favorables à l'installation de feuillus tolérants au détriement du sapin. Ces tendances auraient dû contribuer à diminuer la susceptibilité de la forêt boréale, mais la réalité est toute autre et c'est la situation contraire qui prévaut maintenant. Le promoteur ayant choisi de justifier le mode d'intervention qu'il propose sur des principes qui n'offrent pas toujours le degré de cohérence souhaité, il nous apparaît donc essentiel de vérifier s'il n'existerait pas d'autres avenues ou lignes de pensées qui tiennent davantage compte de la dynamique du milieu telle qu'elle a été observée.

Des chercheurs du Nouveau-Brunswick ont repris récemment les études qui avaient mené à la conclusion que le climat était un des facteurs responsable du déclenchement des épidémies. Au lieu de considérer une moyenne courante de trois ans laissant supposer qu'à une génération donnée la survie d'un insecte serait déterminée par les conditions climatiques des trois dernières années, ces chercheurs utilisant les mêmes données en les traitant sur une base annuelle comme il se doit, n'ont pu établir de relations de cause à effet entre le climat et l'avènement de la dernière épidémie au Nouveau-Brunswick. De plus, une étude des conditions climatiques qui régnaient dans des foyers épidémiques avant le début de la présente épidémie au Québec, n'a pu établir de relation claire entre le rôle du climat et l'apparition de la présente épidémie. Bien qu'elles n'excluent pas l'influence du climat sur l'origine des épidémies, ces études éliminent néanmoins l'aspect automatique qui les liait précédemment et, par conséquent, appellent de nouvelles hypothèses sur les vraies origines des épidémies.

Le rôle des forêts résineuses dans le déclenchement des épidémies est loin d'être aussi limpide qu'il apparaît lorsque l'on considère que l'épidémie en cours a débuté au sud de la forêt boréale. Un re-

levé des foyers où l'épidémie s'est installée au Manitoba, en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et au Maine a permis de dénombrer 22 foyers incluant 4 foyers (Spruce Wood, Manitoba; Chatham et Nashwaak, Nouveau-Brunswick; et Oxbow River, Maine) où la tordeuse est présente à l'état chronique depuis au-delà de quarante ans. Cet inventaire a mis en évidence le fait que les foyers étaient tous situés dans des forêts à caractère méridional, c'est-à-dire des forêts mélangées ou feuillues où des espèces telles que l'érable à sucre, le bouleau jaune, le bouleau blanc, etc. étaient largement représentées. Aucune donnée contradictoire n'a pu être relevée lorsque les documents pertinents à l'épidémie antérieure furent examinés, bien qu'il faille noter que ces données étaient beaucoup moins complètes et cohérentes que dans le cas présent. Même si les foyers présentaient tous un caractère feuillu ou mélangé (25% et plus du couvert occupé par des espèces feuillues) la présence de résineux-hôtes de la tordeuse demeurait tout de même indéniable. L'abondance du sapin et de l'épinette blanche correspondait le plus souvent au résultat des successions écologiques engendrées par des perturbations reliées aux activités humaines, telles que le feu, la récolte du bois et l'abandon des activités agricoles. Dans tous les cas, ces perturbations avaient amorcé le processus de reconstruction écologique passant par l'implantation d'espèces pionnières suivie de l'apparition des espèces de transition telles que le sapin et l'épinette blanche. À cette enseigne, les forêts du Maine et du Nouveau-Brunswick sont probablement celles qui ont été le plus affectées par l'envahissement du sapin et de l'épinette blanche, car ces dernières comptant déjà avec l'épinette rouge une composante importante de leur climax ont vu leur susceptibilité augmenter au point de maintenir des foyers d'épidémie permanents. Même s'il est légitime de croire que les pulvérisations aériennes d'insecticides pourraient allonger les épidémies, le phénomène décrit plus haut semble s'en détacher, car la même problématique a été observée aussi bien à Oxbow River, Maine, qu'au Nouveau-Brunswick, et ce en l'absence d'une politique de pulvérisations continue d'insecticides dans le cas du Maine. D'ailleurs une situation un peu semblable s'est développée à l'île du Prince Édouard où la tordeuse ne s'était jamais matérialisée à l'état épidémique avant qu'elle n'envahisse des peuplements d'épinette blanche qui se sont établis par suite de l'abandon de la culture agricole.

Force nous est donc fait de constater que les mécanismes responsables du déclenchement des épidémies sont fort nébuleux. D'une part, des études récentes remettent en question le rôle du climat, tandis que l'épidémie en cours et peut-être même la précédente ont "ignoré" le *dictum* selon lequel une épidémie doit débiter dans les vastes forêts de sapin mature. Dans ces conditions, il va donc de soi d'examiner de près les mérites d'une politique d'intervention basée principalement sur des principes qui sont remis en question. Advenant que les principes de base demeurent valides, l'argument du promoteur le devient également,

car il faut se rendre à l'évidence: le climat est hors de notre contrôle et la forêt boréale étant une immense entité écologique ne peut être changée de façon appréciable. Ainsi, seule une intervention extérieure pourrait solutionner le problème qui nous préoccupe. Toutefois, avant d'accepter une telle conclusion, il est maintenant nécessaire de démontrer que nous sommes en face de la bonne problématique.

1.4 Comportement de l'épidémie et régression

Comme nous l'avons noté précédemment, l'épidémie en cours ainsi que la précédente ont débuté dans un certain nombre de foyers situés au sud de l'aire de distribution du sapin, pour déborder par la suite dans la forêt boréale. Toutefois, il faut bien se rappeler que la réalité est plus complexe que l'énoncé qui précède, car les phénomènes de déclenchement et de débordement d'une épidémie se réalisent le plus souvent de façon simultanée et ce sur un immense territoire qui débordent largement les frontières du Québec. De plus, les migrations massives de papillons porteurs d'oeufs ajoutent à la confusion ainsi créée. Cependant, on pourrait avoir une idée assez juste du cheminement d'une épidémie en divisant l'aire d'occupation de la tordeuse en trois zones correspondant aux domaines climatiques de la forêt du Québec et qui se succèdent du sud en allant vers le nord, ce sont: les forêts de la vallée du Saint-Laurent, la sapinière et la pessière noire.

Après avoir observé les premiers signes d'une épidémie dans les forêts de la vallée du Saint-Laurent, on assiste au cours des quelques années qui suivent à une intensification de ce phénomène doublé d'une expansion des premiers foyers vers le nord pour finalement atteindre la sapinière. Encore quelques années et ce processus aura été complété en empruntant un cheminement d'ouest vers l'est. Parallèlement la dernière phase de l'installation de l'épidémie, soit son débordement dans la pessière noire, sera engagée. Après six à huit ans, toutes ces phases auront été réalisées et on assistera à un retrait rapide de l'insecte des forêts de la vallée du Saint-Laurent, tandis que le même phénomène sera observé dans la pessière noire, mais à un degré moindre, compte tenu de la pression démographique engendrée par les migrations fréquentes des papillons venant de la sapinière.

Même si la tordeuse tarde à s'installer dans la sapinière, c'est tout de même là que l'épidémie persiste le plus longtemps et par voie de conséquence entraîne les dommages les plus spectaculaires. Dans les forêts de la vallée du Saint-Laurent, le parasitisme semble avoir un

rôle important et l'épidémie n'y séjourne que temporairement causant peu de dommages. Dans la pessière noire, le climat généralement rigoureux converge avec une source de nourriture de qualité inférieure et la très grande résistance de l'épinette noire à la défoliation peut entraîner une présence épidémique généralement de courte durée ou le cas échéant, une présence prolongée entraînant des dommages d'importance mineure. Ainsi, la sapinière se distingue par sa plus grande vulnérabilité à la tordeuse, car en l'absence de facteurs naturels de contrôle efficace autres que la famine ou des écarts climatiques importants, l'épidémie y persiste généralement assez longtemps pour causer des dommages d'envergure.

Malgré l'assurance des lignes qui précèdent et de nombreux témoignages attestant le rôle prépondérant de la famine et du climat dans la régression des épidémies, il n'en demeure pas moins que ces deux facteurs réunis ne sont pas suffisants pour expliquer toutes les situations observées. La régression significative de l'épidémie observée entre 1976 et 1980, s'est souvent produite en l'absence de ces facteurs et force nous est fait de constater que de nombreux aspects de la dynamique des populations en régression demeurent obscurs. De nouvelles hypothèses tenant compte, entre autres, de l'effet des interventions humaines sur la dynamique des populations devront être formulées et vérifiées, tandis que les recherches devront être intensifiées si l'on désire apporter une solution valable au problème de la tordeuse.

1.5 Périodicité des épidémies

À plusieurs reprises, au cours de la première partie de l'audience, on a souligné l'incertitude qui persiste quant à la fin de l'épidémie en cours, prévue pour 1986. Les mêmes inquiétudes sont apparues lorsque la discussion a porté sur la tendance des épidémies à se rapprocher au cours des dernières décennies. Le promoteur a dû admettre que l'estimation de 1986 était basée uniquement sur le comportement de l'épidémie antérieure malgré le fait que l'épidémie en cours a élargi son emprise au cours des dernières années. En seconde partie de l'audience, plusieurs intervenants ont fait valoir leurs craintes de voir l'épidémie se poursuivre au-delà de 1986. À la lumière de ce qui précède, cette préoccupation nous apparaît fort légitime, d'autant plus que la base de comparaison utilisée par le promoteur pourrait s'avérer fragile puisqu'en plus, les épidémies deviennent plus longues et plus rapprochées, comme on le verra dans les prochains paragraphes.

De telles incertitudes laissent flotter un certain malaise quant à l'à-propos d'un programme de pulvérisations "terminales" si l'épidémie devait se poursuivre au-delà de 1986 et, par conséquent, entraîner par la suite une détérioration des forêts qui auraient été protégées. Pour qu'une décision éclairée puisse être prise, il faudrait idéalement pouvoir comparer plusieurs scénarios incluant toutes les situations possibles dont celle d'une épidémie se poursuivant au-delà de 1986.

De plus, le spectre d'une présence épidémique continue de la tordeuse a été soulevé et ne doit pas être écarté. Il existe déjà des foyers épidémiques permanents dont deux au Nouveau-Brunswick, un au Manitoba et un autre au Maine. Le rapprochement des épidémies et leur plus grande emprise et durée ne peuvent être mis en doute. Des tendances inquiétantes ont été identifiées, il ne faudrait surtout pas les ignorer lorsque viendra le temps de se prononcer sur l'à-propos des pulvérisations.

Dans un manuscrit soumis à la commission et dans les commentaires qu'il a apportés en première partie de l'audience, le Dr Robert Blais, chercheur scientifique du Centre de recherche forestières des Laurentides, a proposé une relation de cause à effet entre l'enrésinement de la forêt et l'allongement des épidémies. Selon le Dr Blais, la prévention des incendies forestiers, la régénération après coupe à blanc, l'abandon de terres agricoles et la pulvérisation d'insecticides sont tous des facteurs qui ont contribué à l'enrésinement des forêts et, par conséquent, au prolongement et à la sévérité des épidémies. Ces remarques nous apparaissent très pertinentes bien que nous jugions nécessaire de distinguer entre les changements qui se sont opérés dans la forêt boréale de ceux qui ont eu lieu dans les forêts de la vallée du Saint-Laurent.

Au plan écologique, la forêt boréale est une forêt résineuse où le sapin, l'épinette blanche et l'épinette noire se partagent l'occupation du territoire en concurrence avec quelques espèces pionnières feuillues lorsqu'il y a eu des perturbations. Ce domaine climacique peut donc difficilement s'enrésiner davantage bien qu'il soit approprié de croire que des interventions humaines ont pu changer l'abondance relative des espèces qui composent cette forêt et les indications que nous possédons confirment ce point de vue, du moins dans une certaine mesure. D'une part, il faut noter l'invasion par le sapin de certaines aires appartenant au domaine de la pessière noire lorsque celle-ci est soumise à la coupe à blanc. De telles successions phytosociologiques ont évidemment eu pour effet de rendre cette partie de la forêt boréale plus vulnéra-

ble à la tordeuse. D'autre part, les mêmes interventions humaines lorsque pratiquées dans la partie sud de la forêt boréale (domaine de la sapinière) ont eu le plus souvent pour effet de favoriser une régénération riche en feuillus tolérants, privant ainsi la tordeuse d'une source de nourriture inestimable. Pour sa part, la prévention des incendies, forestiers, compte tenu de l'auto-écologie des espèces en cause aurait eu pour effet de réduire la proportion d'épinette blanche, cette espèce requérant un humus mince pour se régénérer adéquatement. Ainsi, ce serait la vulnérabilité et non pas la susceptibilité à la tordeuse qui aurait été le plus affectée dans cette portion de la forêt boréale. L'agriculture n'ayant jamais été une activité privilégiée aux latitudes de la forêt boréale, son influence sur la composition forestière devient négligeable. Ainsi, la forêt boréale aurait subi peu de changements de compositions aptes à influencer le comportement épidémique de la tordeuse. En somme, nous aurions assisté à une extension de l'aire du sapin vers le nord, extension qui a été largement compensée par l'envahissement des feuillus tolérants au sud et, finalement, une augmentation de la vulnérabilité de ces massifs forestiers à cause de la moins grande abondance relative des épinettes blanche et noire.

Il serait donc logique de conclure que la forêt boréale joue un rôle plutôt statique dans l'épidémiologie de la tordeuse et que cette dernière subit la tordeuse plutôt qu'elle ne l'incite à passer à l'état épidémique. Dans ce même esprit, une dernière contradiction mérite d'être soulignée: comment une forêt (la sapinière) qui a été techniquement rajeunie par la tordeuse à tous les vingt ans environ et où on prélève la matière ligneuse à maturité de façon régulière, peut-elle se régénérer et vieillir assez rapidement pour agir comme foyer de déclenchement des épidémies?

Lorsque l'on compare la forêt feuillue de la vallée du Saint-Laurent (l'érablière à bouleau jaune, l'érablière laurentienne et l'érablière à caryer) à la structure forestière actuelle (figure 1*) on constate que le faciès de celle-ci a énormément changé au cours des dernières décennies. La forêt feuillue proprement dite (75% et plus en espèces feuillues) se résume maintenant à quelques îlots bordant l'île de Montréal tandis que la forêt mélangée occupe la plus grande portion de l'érablière laurentienne et à bouleau jaune, deux associations à caractère feuillu. À ces forêts mélangées nouvellement formées s'ajoutent celles qui ont remplacé les forêts résineuses du sud de la forêt boréale, formant ainsi un complexe de forêts mélangées là où il n'existait qu'une bande étroite, assurant la transition entre la forêt boréale et la forêt méridionale.

* Voir à la page centre du document

Par cette comparaison, nous pouvons conclure que les forêts de la vallée du Saint-Laurent ont subi des transformations plus importantes que la forêt boréale et que ces transformations ont été dans le sens de l'enrésinement; cette région forestière aurait donc davantage subi l'effet des agents perturbateurs. En se référant à la figure 1, on pourra constater que ce phénomène n'est pas unique au Québec et que le contenu en résineux-hôtes de la forêt méridionale a augmenté aussi bien au Québec que dans les provinces voisines. Pour leur part, les forêts des maritimes, qui comptent déjà avec l'épinette rouge une composante importante du couvert forestier climacique, sont probablement celles où ces changements se sont opérés le plus dramatiquement en regard de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Cette brève analyse nous aura permis de constater que l'invasion des forêts de la vallée du Saint-Laurent par le sapin et l'épinette blanche a considérablement altéré leur susceptibilité à la tordeuse influençant ainsi le rapprochement et l'allongement des épidémies. Envisagée dans son contexte biologique, cette réalité pourrait se traduire en une série d'actions dont l'aboutissement a été d'accroître sensiblement la quantité de nourriture dont disposait la tordeuse dans un environnement qui lui était déjà physiquement favorable. D'ailleurs, cette interprétation pourrait être confirmée en se référant à une carte de vulnérabilité des forêts du Québec publiée récemment par le Dr Blais et l'un de ses associés et qui montre que les forêts les plus vulnérables à la tordeuse se situent de part et d'autre du Saint-Laurent alors qu'auparavant on les situait beaucoup plus au nord. Cette constatation déjà inquiétante en soi le devient encore plus lorsque l'on considère que par sa politique de reboisement, le promoteur contribue à intensifier le phénomène de l'enrésinement puisqu'il favorise l'implantation d'espèces telles que l'épinette blanche dans les zones de banlieue.

En conclusion, nous retenons que la forêt du Québec a subi des changements de structure et de composition importants notamment au cours du dernier siècle. Ces changements n'ont pas été sans influencer le comportement des dernières épidémies qui ont montré beaucoup de constance quant à leur rapprochement et leur allongement. La confusion et voire même les contradictions qui subsistent quant à la nature des mécanismes qui régissent le déclenchement, le maintien et la régression des épidémies indiquent clairement que les efforts de recherche en ce sens devront être intensifiés afin de pouvoir un jour appuyer les modèles d'intervention entomologique et de gestion de la ressource sur une juste connaissance des mécanismes en cause.

Avant de porter un jugement sur l'efficacité des solutions proposées par le promoteur, il serait nécessaire de s'interroger sur la nature du problème et des objectifs poursuivis. La tordeuse en soi n'apparaît pas être un problème puisqu'elle devrait normalement coexister en harmonie avec son environnement. Toutefois, lorsqu'un insecte passe à l'état épidémique, il cause souvent des dommages et ce sont ces derniers plus que la quantité d'insectes qui incitent l'homme à réagir. Cependant, même en présence de dommages considérables, il faut pousser l'interrogation plus loin et se demander si la ressource détruite est essentielle à la bonne marche des activités qu'elle supporte? Si on peut répondre oui à cette question, alors la fréquence et la durée du fléau deviennent importantes, ce qui remet en question la cause même du problème, la composition de la forêt dans le cas de la tordeuse. En prenant pour acquis que les aspects économiques et environnementaux des solutions proposées par le promoteur ou tout autre intervenant seront abordés ailleurs dans ce rapport, nous avons retenu quatre éléments qui nous serviront de critères de base pour juger de l'efficacité après avoir déterminé s'ils s'appliquent dans le cas de la tordeuse, ce sont: la gravité des dommages causés, la demande en matière ligneuse, la fréquence et la durée des épidémies et la composition des forêts.

Même s'il eût été préférable et qu'il serait nécessaire à l'avenir que les estimés du promoteur présentent une plus grande rigueur mathématique, il est quand même ressorti clairement, au cours de l'audience, que les pertes en matière ligneuse engendrées par la tordeuse sont énormes et risquent de causer des torts considérables. De plus, il est vite apparu que ces pertes viennent s'ajouter aux allocations annuelles de bois résineux pour dépasser la possibilité en sapin et épinette blanche dans plusieurs régions du Québec. Dans certaines régions, la tendance irait même jusqu'à aggraver une situation déjà critique car selon le mode d'exploitation et l'usage que

L'on fait présentement de la forêt, la coupe annuelle du résineux-hôte de la tordeuse dépasse déjà la possibilité. Dans le même ordre d'idée, les prévisions de pertes en matière ligneuse qui nous ont été présentées ont été préparées en assumant que l'épidémie prendrait fin en 1986. Or, de nombreux témoignages et les tendances présentement observables laissent croire que l'épidémie pourrait se poursuivre au-delà de 1986, provoquant ainsi des dommages supplémentaires qui s'ajouteraient aux pertes prévues. De la même façon, si les craintes de voir les épidémies se rapprocher se matérialisent, on aura à faire face à une situation encore plus désastreuse. Enfin, il faudra voir si l'épidémie elle-même ou la solution qui sera mise de l'avant pour y parer n'aggraveront pas l'état déjà déplorable de certaines de nos forêts. Dans cette optique, il faudra garder en mémoire que l'on ne devrait pas créer une nouvelle perturbation pour en corriger une déjà existante.

2.1 Les insecticides chimiques

À notre avis, le promoteur a assez bien démontré l'efficacité des pulvérisations aériennes d'insecticides chimiques lorsqu'elles sont employées en vue de préserver le feuillage de l'année courante, dans le cadre de son programme d'intervention contre la tordeuse. Par contre, il faut reconnaître que cette mesure d'intervention comporte des limitations sévères tant du point de vue des contraintes inhérentes à la méthode que par sa fragilité. En effet, le succès d'une opération de pulvérisations aériennes dépend d'un certain nombre de facteurs qui doivent être rencontrés simultanément à défaut de quoi l'efficacité sera compromise.

Parmi les paramètres les plus importants, notons d'abord la vigueur des peuplements traités. Selon que l'habileté des arbres à produire des bourgeons aura été ou non compromise, en raison de défoliations antérieures une opération d'épandage pourra être ou ne pas être réussie. Généralement, trois années de défoliations sévères consécutives sans aucune intervention seront suffisantes pour affecter sensiblement le processus physiologique de production de nouveaux bourgeons qui détermine par la suite l'aptitude de l'arbre à survivre. D'autre part, la densité larvaire aura un effet senti sur le succès des opérations, compte tenu des objectifs poursuivis. Cet objectif étant de préserver la plus grande quantité possible de feuillage de l'année courante, on comprendra que le nombre d'insectes qui survivront à un épandage d'insecticide et qui pourront continuer à consommer les aiguilles, aura une influence déterminante sur le succès de l'opération. Or, comme le pourcentage de mortalité

des larves exposées aux insecticides est en grande partie indépendant de la densité initiale des populations, il existe donc une limite démographique au-delà de laquelle la population résiduelle sera tellement élevée que même un programme de pulvérisations d'insecticides réussi ne sera pas suffisant pour éviter la défoliation.

Le succès d'un épandage aérien d'insecticides pourra également être compromis si les bourgeons sont détruits avant même qu'ils aient pu s'ouvrir et s'étaler pour devenir la pousse de l'année chez le sapin et l'épinette. Encore une fois, c'est la densité initiale des larves conditionnée par une facette normale de leur comportement alimentaire qui déterminera si suffisamment de bourgeons auront été minés et détruits pour compromettre le succès de l'opération. Lorsqu'un tel événement se produit, il est alors inutile de procéder à un épandage subséquent d'insecticide, celui-ci ne pouvant être effectué avant l'étalement du feuillage car jusqu'à ce moment, les larves séjournent à l'intérieur de tissus végétaux et ne sont pas exposées à l'insecticide.

D'autre part, les conditions météorologiques saisonnières et celles qui prévalent au moment ou immédiatement après l'épandage auront un effet déterminant sur le succès de l'opération. L'épaisseur de la couche nivale, le régime thermique du printemps, la fréquence et la quantité de pluie qui déterminent la vitesse de fonte et la reprise de l'activité physiologique des arbres et de l'insecte sont autant de facteurs susceptibles d'affecter le synchronisme entre le développement larvaire et celui de l'arbre. L'interaction de ces deux facteurs déterminera en grande partie la longueur de la période de temps favorable à un épandage. De la même manière, les conditions météorologiques qui prévalent au moment de l'épandage ou immédiatement après pourront avoir un effet marqué sur le succès de l'opération. Dans le premier cas, ce sera la vitesse du vent ainsi que les mouvements verticaux de l'air qui seront déterminants tandis que la pluie et la chaleur deviendront les facteurs à suivre après l'épandage.

Notre intention n'était pas d'analyser en profondeur chacune de ces conditions, mais plutôt de signaler leur existence et de constater que le promoteur a acquis au fil des ans une certaine expertise des pulvérisations aériennes grâce aux multiples changements et améliorations qu'il a apportés aux systèmes de pulvérisation et qui ont été la marque des dix dernières années. Cependant il ne faudrait pas croire que des progrès remarquables pourraient venir bouleverser l'ordre établi en matière de pulvérisations aériennes. À part quelques améliorations techniques d'importance mineure, l'efficacité des pulvé-

risations ne saurait être changée de façon dramatique dans un avenir prévisible à cause de la nature même des contraintes qui requièrent de profiter au maximum des conditions météorologiques, phénologiques, etc. favorables aux pulvérisations. Les seules façons de rencontrer cet objectif seraient de consentir des investissements majeurs en vue de grossir la flotte d'avions affectées à l'opération et, par conséquent, remettre en question un rapport bénéfice-coût que plusieurs intervenants considèrent déjà comme marginal ou d'effectuer un retour en arrière et de recourir à des avions plus petits. Cette alternative affecterait sans doute l'efficacité en restreignant la dispersion des insecticides aux seuls endroits où le contenu en sapin et épinette est suffisamment élevé, qui présentent des risques réels de mortalité à plus ou moins brève échéance. L'ensemble de ces remarques nous permet donc de conclure qu'indépendamment du coût et malgré des progrès remarquables, l'efficacité des pulvérisations demeure marginale en raison du nombre imposant de variables qui échappent au contrôle de l'opérateur et, de ce fait, ne sont pas sans affecter le rendement annuel des opérations.

Si l'on se réfère maintenant à la grille d'analyse que l'on s'est fixée pour juger de l'aptitude des solutions ou des alternatives proposées pour résoudre l'ensemble de la problématique de la tordeuse, on constatera rapidement que le plus grand handicap des pulvérisations ne réside pas dans leur efficacité à court terme. En effet, c'est davantage au niveau de la vision à moyen terme que l'on devient à même de constater la faiblesse d'une approche monolithique telle que la pulvérisation.

La notion de contrôle telle qu'elle est perçue dans le cadre des pulvérisations se limite à l'aspect des dommages et encore est-il que cette notion abrite par surcroît des pertes mal définies telles que les réductions de croissance, la mort en cime et celle de tiges dissimulées à l'intérieur des peuplements traités. Globalement, ce constat s'inscrit dans le cadre de la critique plus générale formulée à l'égard du manque de rigueur du calcul de l'impact de l'épidémie. Si l'objectif premier du programme d'interventions contre la tordeuse est d'assurer l'approvisionnement des usines sans créer de rupture de stock, alors les éléments cités plus haut devraient faire partie intégrale des pertes et des bénéfices anticipés. De la même manière, la dynamique d'un peuplement qui récupère suite à une épidémie de tordeuse n'a jamais été considérée lorsque l'on évalue l'impact d'une épidémie; si bien que des phénomènes tels que le recrutement de nouvelles tiges marchandes, une croissance radiale accélérée suite au dégagement des tiges etc., susceptibles d'affecter le bilan final de façon positive, sont ignorés lorsque vient le temps d'évaluer l'impact d'une épidémie.

D'autre part la pulvérisation d'insecticide ne peut à elle seule assurer l'approvisionnement en bois des usines, puisqu'en raison de contraintes logistiques ou économiques, cette mesure n'est applicable qu'à une faible portion du territoire infesté. Ainsi, même en présence d'un programme de pulvérisations, des pertes énormes doivent être consenties et ces dernières devront quand même être compensées si elles mettent en danger l'approvisionnement des usines. La forêt privée est sans contredit l'endroit où ces contraintes deviennent le plus apparentes. Le lecteur qui est déjà sensibilisé à l'importance qu'occupe le secteur privé dans l'approvisionnement des usines sera également à même de constater que le morcellement de la propriété privée ainsi que sa proximité des lieux habités mènent le plus souvent à l'absence de pulvérisations. Dans l'optique du promoteur, le reboisement et la récupération devront être substitués aux pulvérisations aussi bien en forêt privée que sur le territoire public exclu du programme. Ces deux éléments de programme seront discutés plus tard.

De plus, l'option pulvérisation soustend un autre désavantage qui n'est sûrement pas le moindre. Étant un moyen d'intervention qui ne prend pas avantage de la résistance naturelle du milieu, les pulvérisations s'intègrent mal aux facteurs déjà en place et, au surplus, elles ne changent en rien la composition des forêts suspectées d'être à l'origine de l'énormité du problème. Dans un premier temps, on pourrait croire que l'usage des insecticides aurait plutôt pour effet d'affaiblir la résistance du milieu en tuant ou incommodant un certain nombre de ses composantes telles que prédateurs et parasites tandis que l'on ne peut pas douter que la compétition intraspécifique chez la tordeuse sera fortement affectée par les insecticides. Un épandage réussi d'insecticides aura pour effet de devancer la mort d'une grande partie de la population larvaire dont une fraction importante serait morte de toute façon faute de ressources suffisantes. Dans ces conditions, les pulvérisations assurent une source de nourriture abondante pour les survivants qui pourront plus facilement réaliser leur plein potentiel biotique et assurer le succès de la génération suivante. Enfin, comme on l'a signalé, l'usage des insecticides n'influence pas la composition de la forêt dans un sens souhaité. Au contraire, si la forêt protégée était susceptible ou vulnérable à la tordeuse elle le sera encore davantage à la fin d'un programme de pulvérisations car ces forêts seront encore plus âgées donc souvent en perte de vigueur. De plus, les pulvérisations pourraient à la rigueur perpétuer des situations indésirables où des forêts hors climax et susceptibles à la tordeuse seraient maintenues en vie, constituant ainsi de futurs foyers potentiels.

2.2 Les insecticides biologiques

L'efficacité du *Bacillus thuringiensis* (B.t.), le seul insecticide biologique à être utilisé contre la tordeuse, ne peut plus être mis en doute bien qu'il faille noter que cette efficacité demeure elle aussi très fragile. À l'instar des insecticides chimiques, le degré de succès obtenu lors de pulvérisations aériennes de B.t. sera fonction des antécédents des peuplements traités, de la densité des populations de l'insecte, ainsi que des conditions météorologiques au moment et dans les quelques jours qui suivent l'épandage. De plus, le B.t. est légèrement défavorisé en regard des insecticides chimiques, car la période de temps où un traitement peut être pratiqué efficacement est un peu plus courte. Toutefois une seule application de B.t. est généralement requise alors que deux épandages d'insecticides chimiques sont nécessaires pour obtenir des résultats comparables. Il semble également acquis que le B.t. soit relativement sûr pour les organismes non visés et qu'il jouisse de la confiance de l'industrie forestière et du public en général.

Malgré ce qui précède, il est surprenant que le promoteur ait affiché certaines réserves à promouvoir l'utilisation du B.t. sur une plus grande échelle. Ces hésitations ne sont sûrement pas étrangères aux coûts d'achat et d'épandage plus élevés de même qu'aux difficultés techniques et logistiques qu'entraînent l'usage du B.t. De plus, il serait nécessaire de souligner que la formule présentement reconnue la moins dispendieuse, le Futura, ne jouit toujours pas de toutes les autorisations nécessaires à son usage opérationnel.

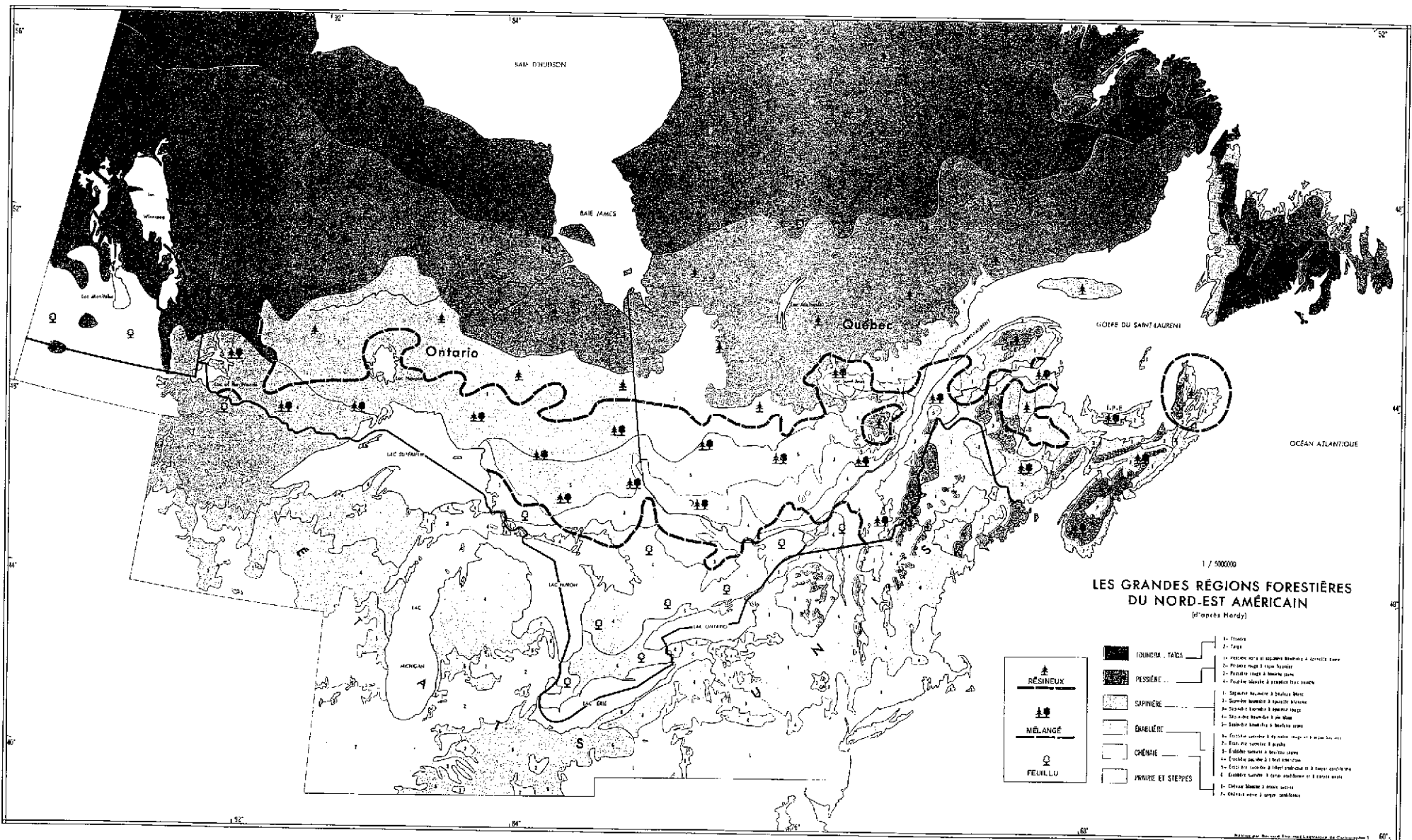
Compte tenu de ces contraintes, il serait tout de même souhaitable que le B.t. occupe une place plus importante dans le programme de pulvérisations du promoteur particulièrement près des régions habitées où les risques environnementaux sont les plus grands. Si l'on faisait abstraction des contraintes de coût, on pourrait même dire que le B.t. est supérieur aux insecticides chimiques puisque leur rendement respectif est à peu près comparable et qu'en plus le B.t. peut être employé dans les zones sensibles.

Finalement, il faut reconnaître que la solution au problème de la tordeuse ne réside pas davantage dans le B.t., puisque ce mode d'intervention permet uniquement d'exercer un certain contrôle sur les dommages causés par l'insecte. Les critiques formulées à l'égard des insecticides chimiques s'appliquent intégralement dans le cas du

Figure 1

Evolution du couvert des principaux domaines forestiers climatiques du nord-est de l'Amérique tel qu'illustré par la dernière compilation des inventaires forestiers du Canada (Bonnor, 1981).

A noter qu'une grande partie du domaine de l'érablière a perdu son caractère feuillu au profit d'un couvert mélangé



B.t., avec l'exception notable toutefois que celui-ci ne risque pas d'affecter les populations de parasites et de prédateurs. Ainsi, le B.t. n'agit pas sur les causes de l'épidémie, ni sur la composition de la forêt, pas plus qu'il n'influence l'offre ou la demande en matière ligneuse. En ce sens, le B.t. devrait être considéré comme un des éléments d'un programme d'intervention et non pas comme une solution unique.

Si l'on en juge par les propositions qui ont été faites lors de l'audience, un certain nombre d'approches sont envisageables si l'on désire apporter une solution durable au problème de la tordeuse. Pour sa part, le promoteur a fait état d'une très grande prudence au moment venu de considérer des alternatives aux pulvérisations d'insecticides. Quelques méthodes ont été retenues à titre de support aux pulvérisations tandis que la plupart ont été rejetées à cause de l'absence de techniques éprouvées ou de leur incapacité à produire des résultats à court terme. À ce stade de nos réflexions, un examen critique des solutions alternatives devrait nous permettre d'évaluer les qualités potentielles des éléments d'un programme concerté visant à trouver une solution durable au problème de la tordeuse lorsque celui-ci est considéré dans un contexte de gestion des forêts du Québec. Une revue des alternatives suggérées lors de l'audience et celles proposées dans la littérature spécialisée nous a permis de retenir un certain nombre de méthodes de lutte, de compensation ou de prévention, qui pourraient s'articuler dans un programme d'intervention intégré, ce sont:

- a) la récupération et la prérécupération du bois;
- b) le déplacement des approvisionnements;
- c) une meilleure utilisation de la matière ligneuse et les nouvelles technologies de transformation;
- d) les phéromones et hormones;

e) les parasites et les prédateurs;

f) la sylviculture.

3.1 La récupération et la prérécupération

Cette méthode retenue dans l'arsenal des moyens du promoteur a pour objet la récolte des bois tués par la tordeuse ou sur le point de l'être. Nous voici donc de nouveau en face d'une méthode dont le but ultime est d'abaisser le niveau des pertes subies sans pour cela contribuer à la résolution des autres composantes du problème. La récupération des bois morts n'affecte pas la demande en matière ligneuse ni la fréquence ou l'intensité des épidémies à venir. Toutefois, dans certaines circonstances, la récupération pourrait servir de tremplin pour agir sur la composition de la forêt bien qu'on ne l'envisage présentement pas de cette façon. Cependant, il ne serait pas réaliste de croire qu'un programme d'action contre la tordeuse pourrait se dispenser de la récupération. Cette approche permet de suppléer dans une certaine mesure à l'absence d'autres formes d'interventions ce qui est particulièrement vrai au Québec à cause de l'étendue du territoire affecté. C'est ainsi que, sauf exception, la récupération et la prérécupération demeurent les seuls moyens importants d'intervention en forêt privée et sur la plus grande partie du domaine forestier public où le promoteur n'a pas prévu de pulvérisations.

Cependant, la récupération des bois morts ou en perdition comporte un certain nombre de contraintes parfois sévères qui en entravent l'utilisation sur une plus grande échelle. Plusieurs intervenants du monde industriel ont souligné les risques d'accident accrus auxquels sont exposés les travailleurs forestiers qui oeuvrent dans les chantiers de récupération. Ainsi, la période propice à la récupération du bois mort est limitée à environ 3 ou 4 années. Les représentants de l'industrie forestière ont en effet soutenu qu'après ce laps de temps, les risques d'accidents deviennent trop élevés tandis que les pertes en matière ligneuse entraînées par le bris des tiges à chacune des phases de l'opération et du calage lors de la drave s'il y a lieu deviennent trop onéreux. La relocalisation des infrastructures routières entraîne également des déboursés supplémentaires. Enfin, la transformation de cette matière ligneuse tant pour la pâte que pour le sciage est moins efficace et nécessite des déboursés supplémentaires en plus d'aboutir généralement à un produit de qualité inférieure. Plusieurs de ces problèmes pourraient toutefois être réglés si l'on avait da-

vantage recours à la prérécupération. Parce que la prérécupération implique la récolte d'arbres affaiblis mais en grande majorité vivants, la plupart des objections inhérentes à la récupération ne s'appliqueraient plus, tant du point de vue de la récolte que de la transformation. Couplée à des scénarios de stockage de rondins et de produits finis tels qu'ils ont été ébauchés à l'annexe 1, la prérécupération pourrait alors devenir un outil de base essentiel à une saine gestion des surplus de stocks ligneux générés par la présente épidémie de tordeuse.

Finalement, une mise en garde s'impose lorsque l'on considère le danger de voir s'installer des peuplements encore plus susceptibles à la tordeuse à la suite d'opérations de récupération ou de prérécupération. Dans certaines circonstances et plus particulièrement en forêt privée où la récupération est à peu près le seul moyen d'intervention, un suivi sylvicole s'impose. Comme on le verra plus tard, l'enrésinement inconsideré de la forêt méridionale pourrait facilement conduire à la création de nouveaux foyers d'épidémie.

3.2 Transport de matière ligneuse des autres régions

Cette approche pourrait être utilisée avec succès en vue de diminuer la pression sur la demande en matière ligneuse dans les régions où la tordeuse vient mettre en péril l'équilibre entre l'offre et la demande. Envisagé dans ce contexte, l'importation de bois agit en complémentarité avec divers autres moyens tels que la récupération des bois avariés afin de diminuer l'impact de la tordeuse sur les approvisionnements. Toutefois, cette méthode comporte également un certain nombre de contraintes qui, lorsqu'elles sont prises en considération, limitent la portée de telles mesures.

Un bref examen des engagements du ministère de l'Énergie et des Ressources en relation avec la possibilité forestière, nous permet de constater que des déficits en matière ligneuse existent déjà dans la plupart des régions administratives du Québec. Ainsi, seules quelques régions pourraient contribuer de façon significative à l'importation de bois vers les régions les plus éprouvées. De plus, un examen plus attentif permettra de constater que les régions en situation de surplus sont situées sur la rive nord du Saint-Laurent tandis que les régions déficitaires sont pour la plupart sur la rive sud, présument ainsi du coût élevé du transport de cette matière première.

Ces remarques de même que celles qui apparaissent à l'annexe 1 établissent bien le cadre général dans lequel l'importation de bois devrait être considérée. De plus, on peut facilement constater que cette approche n'influence qu'un seul des volets du problème global créé par la tordeuse. Cependant, lorsque appliquée en parallèle avec d'autres mesures visant soit à réduire les dommages ou à espacer sinon à éliminer les causes des épidémies, l'importation de bois pourrait rendre des services importants. Ainsi, le transport du bois pourrait contribuer à atténuer les effets immédiats de la présente épidémie et combler une partie du vacuum qui résulterait de l'attente des résultats d'approches agissant à plus long terme.

3.3 Nouvelles technologies et meilleure utilisation de la matière ligneuse

Prévoir l'avenir a toujours comporté une certaine dose d'incertitude et il en est ainsi lorsque l'on parle de nouvelles technologies et de l'utilisation intégrale de la biomasse forestière. On peut quand même présumer que des percées intéressantes seront réalisées dans ces deux domaines et que nous assisterons alors à des changements majeurs sur la demande en matière ligneuse. La récupération de toute la biomasse aérienne des espèces généralement utilisées pour la fabrication des pâtes résulterait si elle était accompagnée de progrès similaires de la technologie de transformation en une diminution importante de la demande en matière ligneuse résineuse. De la même façon, l'utilisation d'espèces présentement peu recherchées et dont on possède un volume excédentaire allègerait la demande en matière ligneuse résineuse dans les territoires présentement sous aménagement. D'autres types d'innovations particulièrement dans le domaine énergétique, des matériaux reconstitués et de la transformation biotechnologique de la lignine pourraient fort bien venir changer la structure industrielle telle qu'elle apparaît aujourd'hui et du même souffle, modifier la perception des problèmes causés par la tordeuse. L'annexe 1 traite avec plus de profondeur de plusieurs scénarios qui pourraient contribuer à concrétiser notre perception du futur et le lecteur est prié de s'y référer pour plus de détails.

3.4 Phéromones et hormones

Les phéromones et les hormones sont des substances produites par des insectes et qui influencent soit leur comportement ou assurent leur

développement physiologique normal. Chez de nombreux insectes, les principes actifs de ces substances ont été isolés et sont maintenant reproduits par synthèse comme c'est le cas pour la tordeuse. Les phéromones synthétiques sont pour la plupart spécifiques à une ou à quelques espèces voisines et en ce sens constituent un moyen d'intervention privilégié puisqu'elles n'affectent pas les autres organismes vivants préservant ainsi la résistance naturelle du milieu déjà en place. Règle générale, ce sont les attractants sexuels qui ont reçu le plus d'attention. Chez plusieurs insectes on a réussi à incorporer les phéromones sexuelles à des programmes de lutte ou de détection. Dans le cas de la tordeuse, les phéromones ont connu certains succès pour l'inventaire et la détection des populations adultes et les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque la densité des populations était relativement faible. La poursuite des travaux de recherche présentement en cours sur l'usage de phéromones pour la détection d'éventuels foyers d'infestation pourrait conduire à des résultats intéressants. Une détection hâtive suivie de gestes immédiats en vue de la répression de foyers naissants pourrait idéalement prévenir ces derniers de s'étendre aux forêts adjacentes avant même que les premiers dommages apparaissent, épargnant ainsi du fléau de la tordeuse de vastes surfaces boisées.

Les phéromones peuvent également être employées pour perturber le comportement sexuel normal des insectes. Dans ces conditions, le produit de synthèse est vaporisé à l'aide d'avion au-dessus du territoire visé semant la confusion chez les adultes mâles qui n'arrivent plus à discerner l'odeur de la femelle de celle de la phéromone artificielle, prévenant ainsi la copulation et entraînant une diminution dramatique de la prochaine génération. Malheureusement, les expériences en ce sens menées contre la tordeuse n'ont pas donné de résultats escomptés car les territoires traités ont été ré-envahis par des populations adultes des régions adjacentes, masquant ainsi l'effet du traitement. Cette méthode ne serait donc pas applicable lorsque les populations de tordeuse ont atteint un niveau épidémique sur de vastes territoires. Dans ces conditions, les migrations des populations adultes sont trop intenses pour éviter que des oeufs soient pondus dans le territoire traité. Toutefois, compte tenu des succès obtenus chez d'autres insectes dont certains tortricidae, il y aurait sûrement lieu de poursuivre les recherches sur les phéromones. L'approche devrait néanmoins être modifiée pour mettre davantage l'accent sur le contrôle des foyers naissants qui en raison de leur caractère d'isolement risqueraient moins d'être ré-envahis.

Pour leur part, les hormones présentent peu d'intérêt dans l'immédiat et l'exploitation de leur immense potentiel comme agent d'intervention

contre les insectes ravageurs devra attendre que des produits plus spécifiques soient développés. En effet, le spectre d'activité des hormones produites commercialement étant encore très large, leur effet ne se limite pas uniquement au ravageur visé. Dans l'état actuel des connaissances on n'a pas encore réussi à isoler les principes biochimiques spécifiques à un insecte ou groupe d'insectes particulier, si bien que la dispersion d'une hormone synthétique dans le milieu aura les mêmes effets néfastes sur tous les insectes qui y évoluent, affectant les insectes parasites, prédateurs, pollinisateurs, etc. au même titre que l'insecte visé.

3.5 Les prédateurs et les parasites

L'usage de prédateurs et de parasites contre les insectes nuisibles est une méthode d'intervention qui a fait ses preuves à plusieurs occasions comme l'ont noté un certain nombre d'intervenants au cours de l'audience. De nombreuses espèces d'oiseaux, des insectes, des araignées et quelques mammifères ont été répertoriés parmi les prédateurs de la tordeuse. Toutefois, le caractère territorial des oiseaux entrave énormément leur efficacité comme prédateurs de la tordeuse même si plusieurs espèces offrent une réponse numérique et/ou fonctionnelle aux fluctuations de densité de la tordeuse. Parmi les insectes et les araignées, les prédateurs sont nombreux, mais leur efficacité est le plus souvent subordonnée à une consommation limitée de proies par individu-prédateur. Quant aux mammifères, ce sont des prédateurs occasionnels dont le comportement normal ne favorise pas les contacts fréquents avec la tordeuse. Nous devons donc considérer que les prédateurs constituent un élément de base de la résistance du milieu vis-à-vis de la tordeuse qu'il importe de préserver. Cependant, il ne semblerait pas exister d'approches qui permettraient d'exploiter ce potentiel pour en faire une nouvelle avenue d'intervention contre la tordeuse. Les quelques cas connus où des prédateurs ont été utilisés contre la tordeuse étant malheureusement applicables que sur de très petites superficies.

Les parasites de la tordeuse présentent une problématique différente de celle des prédateurs. D'abord ils sont nombreux, bien au-delà de 100 espèces ont été rapportées, collectivement ils s'attaquent à tous les stades de développement de la tordeuse, sauf l'adulte, et leur efficacité comme agent régulateur n'a plus à être démontrée bien qu'ils apparaissent rarement comme un des facteurs-clé responsable de l'effondrement d'une épidémie.

Jusqu'à présent, le consensus de la communauté scientifique était que les parasites jouaient un rôle secondaire dans la dynamique des populations de tordeuse. La plupart des observations montraient que les parasites opéraient avec plus d'efficacité lorsque la tordeuse était à des niveaux de population modérément élevés, tandis qu'il n'était pas possible d'établir de corrélation entre la chute des épidémies et l'activité des parasites. Cette conception a d'ailleurs été renforcée par le fait que les quelques tentatives timides d'introduire des parasites dans le milieu pour des fins de contrôle n'ont pas donné les résultats escomptés.

Un examen plus attentif de la situation des parasites permet de constater que la plupart d'entre eux transportent l'énorme contrainte d'avoir plus d'une seule génération par année ce qui subordonne leur abondance à la présence au moment opportun d'un hôte alterne obligatoire. Vu sous cet angle, il n'est pas surprenant de constater que les parasites offrent une réponse numérique limitée aux variations de population de la tordeuse en milieu boréal. En effet, la diversité de ce milieu étant elle-même très limitée, rares sont les larves de défoliateurs qui sont présentes au stade de développement et au moment désirés pour accommoder la seconde génération du parasite après son passage sur la tordeuse.

La situation pourrait être toute autre en milieu méridional car les contraintes énumérées plus haut ne s'appliquent plus intégralement. Le milieu méridional étant caractérisé par une plus grande diversité floristique et par conséquent une plus grande variété de défoliateurs dont plusieurs pourraient servir d'hôtes alternes aux parasites de la tordeuse. D'ailleurs, le relevé des parasites de la tordeuse effectué depuis 1975 par le promoteur a mis en relief la situation inusitée des parasites en forêt méridionale. Par exemple, durant l'année qui a précédé la chute de l'épidémie dans la région du Saint-Maurice, on a rapporté un taux de parasitisme de l'ordre de 70%, un fait jusqu'à maintenant sans précédent.

La divergence du comportement du complexe parasitaire entre les domaines de la forêt boréale et de la forêt méridionale devrait être interprétée comme un indicateur puissant du potentiel des parasites et comme agent de contrôle artificiel de la tordeuse. Les efforts déployés dans les années 50 pour introduire des parasites exotiques pour lutter contre la tordeuse sont demeurés sans lendemain malgré les progrès énormes accomplis dans ce domaine depuis trente ans. Les essais des années 50 étaient basés sur l'approche la plus populaire à l'époque, celle de l'introduction de parasites exotiques.

Cette méthode a été utilisée avec succès contre plusieurs ravageurs exotiques rétablissant ainsi un équilibre biotique qui avait été temporairement perdu par l'arrivée d'un insecte ravageur dans un nouvel environnement en l'absence de son cortège d'ennemis naturels. Malheureusement, cette approche n'a jamais donné les résultats souhaités lorsque appliquée contre un insecte indigène. Par contre, d'autres approches peuvent être envisagées contre les insectes indigènes comme la tordeuse; parmi celles-ci, la technique dite de l'inondation est celle qui a connu le plus de succès dans des situations à peu près semblables. Cette approche est relativement simple car il s'agit dans un premier temps d'identifier une ou plusieurs espèces de parasites possédant les caractéristiques biologiques recherchées, les élever en grand nombre, et les relâcher à l'endroit et au moment opportuns. Ce qui présentait des difficultés techniques insurmontables en 1950 est aujourd'hui devenu réalisable grâce à l'expérience acquise chez d'autres ravageurs et à l'évolution des techniques d'élevage chez les insectes.

Encore une fois, il serait illusoire de croire que cette approche pourrait à elle seule résoudre le problème de la tordeuse. Toutefois, on peut immédiatement apercevoir les applications intéressantes dans les foyers d'infestations naissants en forêt méridionale et, sur un plan plus général, augmenter la résistance du milieu en favorisant l'une de ces nombreuses composantes. Des efforts déployés en ce sens pourraient avoir des conséquences heureuses sur la fréquence et la durée des épidémies: c'est pourquoi des travaux en ce sens devraient être amorcés immédiatement.

Enfin, pour terminer, nous soulignerons l'existence chez la tordeuse de quelques microorganismes entomophages qui semblent jouer un rôle régulateur important en milieu naturel. Parmi ceux-ci notons un protozoaire, des virus et quelques champignons. Le rôle et le mode d'action de ces microorganismes sont encore méconnus et nous sommes loin de leur utilisation en tant qu'agents de contrôle. Toutefois, des progrès rapides pourraient être réalisés si des hypothèses récentes concernant l'interaction des virus et de certains facteurs climatiques venaient à se développer.

3.6 La sylviculture

La sylviculture comme moyen de vaincre la tordeuse a toujours exercé beaucoup d'attraction sur les personnes intéressées à la résolution

de ce problème. Déjà dans les années 50, plusieurs chercheurs avaient émis des hypothèses en se basant sur la vulnérabilité relative des essences-hôtes.

Ces recommandations ont généré peu d'enthousiasme et le suivi a été presque inexistant dans la plupart des cas. Comme la grande partie de ces recommandations était une variation d'un seul thème, soit le remplacement du sapin par l'épinette noire, il devient facile en rétrospective de comprendre pourquoi on n'a pas progressé dans cette avenue. D'une part, on doit considérer l'énormité de la tâche à accomplir puisqu'il s'agissait en somme de la demi-sud de la forêt boréale, la sapinière à bouleau blanc, qu'il aurait fallu transformer en pessière noire ou du moins en accroître le contenu. D'autre part, il est loin d'être acquis qu'une telle entreprise aurait été couronnée de succès si elle avait été mise en branle. Dans ce cas, il aurait fallu défier les exigences écologiques des espèces en cause tout en présumant que la tordeuse aurait réagi dans la direction désirée. Malgré tout, il est quand même surprenant de constater le peu de progrès accompli dans cette direction car la sylviculture, l'outil ultime du forestier, demeure encore aujourd'hui le principal moyen d'intervention contre la tordeuse, qui pourrait avoir une influence sentie sur l'ensemble des composantes du problème. En exerçant un meilleur contrôle sur la structure et la composition des forêts, des gains appréciables pourraient être réalisés à tous les niveaux. Ainsi, la manipulation du couvert forestier pourrait avoir une influence positive sur la gravité des dommages; la fréquence et la durée des épidémies pourraient être réduites, tandis que des forêts plus saines et plus productives contribueraient à réduire la pression générée par la demande en matière ligneuse.

3.7 Gravité des dommages

Même en période épidémique, la sylviculture pourrait contribuer directement à la solution des problèmes engendrés par la tordeuse. En augmentant la vigueur des peuplements sous attaque et par conséquent leur résistance à l'insecte, les dommages pourraient être réduits. Il ne faudrait toutefois pas s'illusionner sur l'à-propos d'instituer de telles mesures dans l'immédiat car nous faisons présentement face à une situation où d'une part les meilleurs efforts risqueraient d'être neutralisés par l'énormité de l'épidémie, tandis que dans bien des cas, les techniques d'intervention relèvent encore du concept.

C'est ainsi que pour plusieurs espèces résineuses, on a démontré qu'un régime de fertilisation approprié peut augmenter la croissance des arbres tout en provoquant un taux de mortalité élevé des larves de plusieurs défoliateurs. Cependant, les quelques essais timides réalisés à date chez la tordeuse n'ont pas été concluants et c'est seulement en poursuivant les recherches que le potentiel de cette méthode pourra être déterminé.

Une problématique à peu près semblable existe également dans le cas de variétés-hôtes résistantes à la tordeuse. Bien que l'utilisation de variétés résistantes aux insectes et aux maladies soit maintenant un acquis en agriculture, les progrès ont été lents et peu encourageants en foresterie. Cet écart est en grande partie la résultante des 15 à 20 ans que requièrent les arbres pour atteindre leur maturité sexuelle. Cette période d'attente a poussé les chercheurs à rejeter l'approche par essais et sélections successifs couramment employée avec les plantes annuelles au profit d'une recherche laborieuse des causes de la résistance. Toutefois, les progrès énormes réalisés récemment en génétique cellulaire et l'avènement de techniques permettant de modifier le code génétique des plantes pourraient fort bien déboucher sur des développements intéressants.

L'application de techniques sylvicoles conventionnelles pourrait également produire des résultats intéressants. Par exemple, l'éclaircie commerciale a permis de récupérer des arbres âgés et moribonds avant qu'ils ne succombent aux attaques de la tordeuse tout en augmentant la vigueur des peuplements résiduels. C'est ainsi qu'un retour périodique à tous les 10 ans environ dans les mêmes peuplements procureraient l'inestimable avantage d'éviter la plupart des pertes dues à la tordeuse. Toutefois, il ne faut pas verser dans l'utopie, mais se rappeler que sauf exception, la foresterie telle qu'elle est pratiquée au Québec est encore loin du moment où ce type de régime sylvicole sera pratiqué sur une base de routine. De plus, il est impératif de souligner que de tels succès ont été obtenus uniquement à la limite de l'aire de distribution de l'insecte là où la tordeuse connaît un comportement épidémique sporadique et ne peut généralement pas maintenir des populations élevées au-delà de 5 à 6 années consécutives. Ainsi, il serait utopique de croire que l'on pourrait substituer à brève échéance de telles méthodes aux autres formes d'intervention. Cependant, il ne serait pas farfelu de croire au bien-fondé de cette approche, après avoir d'abord réussi à normaliser le comportement des épidémies.

3.7.1 Influencer la composition de la forêt

De nombreuses leçons peuvent être tirées de l'expérience des forestiers européens qui bien avant nous ont eu l'avantage d'apprendre de leurs erreurs. Parmi les leçons à retenir, celles qui se rapportent aux conséquences économiques et écologiques des modifications majeures apportées à la composition des forêts climaciques sont certes parmi les plus éloquentes. En effet, nombreux sont les exemples où des interventions humaines visant à simplifier le milieu (monoculture, introduction d'espèces exotiques, extension de l'aire naturelle, etc.) afin de faciliter l'approvisionnement d'un bien en demande, ont eu pour résultat de diminuer la productivité et de provoquer des cataclysmes sous forme d'épidémies d'insectes, de maladies cryptomédiques ou de feux. La littérature européenne moderne abonde également d'exemples où des efforts soutenus ont été déployés afin de redonner au milieu sa diversité d'antan et de restaurer l'équilibre écologique momentanément perdu, démontrant ainsi que la nature est rarement auto-destructive et que la stabilité des écosystèmes réside dans leur diversité.

Le promoteur a noté à juste titre que la sylviculture "ne représente pas une solution à court terme au contrôle de l'infestation" mais il ne semble pas apprécier à sa juste valeur, l'immense potentiel que la sylviculture représente à long terme et même dans l'immédiat, si l'on considère les bénéfices associés à la sanitation (prérécupération) et à une politique de reboisement axée vers la réduction de la susceptibilité et de la vulnérabilité des forêts. On oublie trop facilement que l'état de dégradation avancé qui est le lot de certaines régions forestières du Québec est une résultante directe de l'activité humaine et que de tels résultats ont été obtenus après moins d'un siècle d'activités industrielles intenses. C'est donc dire que l'on peut refaire le même chemin en sens inverse à condition d'en avoir la volonté et de concerter ses actions dans une direction précise. Cette direction dans le cas de la tordeuse comporte deux lignes de force distinctes selon la nature de l'habitat visé, la forêt méridionale ou boréale.

Dans la forêt méridionale, l'objectif à poursuivre est de réduire la susceptibilité des forêts en grande partie développée au cours des dernières décennies. Les moyens à déployer sont, pour la plupart, simples et bien connus; il s'agit de favoriser par des méthodes de coupe appropriées ou par des travaux de reboisement adéquats la régénération des espèces climaciques. Cette tâche sera d'ailleurs d'autant plus facile que les espèces climaciques sont nombreuses, possèdent des qualités industrielles intéressantes et, dans certains cas, doivent même être importées pour satisfaire aux besoins de l'industrie en place.

Parmi les résineux, notons le pin blanc, le pin rouge, la pruche, le thuya, le mélèze et même dans certaines circonstances, l'épinette blanche, l'épinette rouge et le sapin, à condition évidemment de respecter les exigences écologiques du milieu méridional. Pour les feuillus, la liste est encore plus longue et c'est pourquoi nous nous restreindrons aux principales espèces dont l'érable à sucre, le bouleau jaune, le frêne blanc, le chêne rouge, le chêne blanc, le cerisier tardif, etc.

Cependant, avant d'en arriver là, il faudra d'abord réviser certaines pratiques d'usage courant qui consistent à favoriser à outrance la régénération en espèces résineuses, le plus souvent des épinettes, ou à favoriser la plantation d'espèces à caractère nordique (épinette noire, pin gris) dans la forêt méridionale. Non seulement ces pratiques ne contribuent pas à la solution du problème de la tordeuse mais servent au contraire à l'amplifier en augmentant la susceptibilité de la forêt méridionale. D'autre part, ces mêmes pratiques sont aptes à favoriser la venue de nouveaux problèmes aujourd'hui inconnus tels que l'acidification des sols et la promotion de nouveaux ravageurs.

Il est bien évident que l'approche sylvicole ne donnera pas de bénéfices tangibles avant plusieurs années, mais encore faut-il commencer si l'on désire en obtenir! D'ailleurs, ces bénéfices débordent largement du contexte de la tordeuse et leur simple énumération devrait porter à réfléchir. Parmi les principaux bénéfices anticipés, notons à titre d'exemple la plus grande diversité du milieu découlant en un équilibre biotique plus stable, donc moins d'épidémies de toutes sortes; l'augmentation du potentiel de production des stations traitées; une source d'approvisionnement en matière ligneuse à proximité du complexe industriel; la création d'un bassin d'approvisionnement pour des espèces telles que le caryer, le frêne blanc, le chêne, qui doivent être importées pour satisfaire à la demande des industries axées sur la fabrication d'articles de sport ou du bois de plancher.

Il va sans dire que l'approche sylvicole comporte son cortège de problèmes et difficultés qui devront être résolus au fur et à mesure que nous progresserons dans cette voie. Ainsi des techniques de production de semis devront être mises au point pour les espèces moins bien connues et la même problématique apparaîtra lorsque viendra le temps de procéder aux premières plantations et à des travaux d'amélioration pour lesquels nous ne possédons pas l'expérience voulue. Cependant, il ne faudrait pas que ces remarques constituent un obstacle à l'implantation de concepts nouveaux en gestion des forêts.

Au contraire, il faut voir cette approche comme un défi pour la profession concernée et la communauté scientifique en général car le succès dépendra en grande partie de leur ingéniosité et de la volonté politique qui les appuiera. D'ailleurs, les progrès qui seront réalisés dans des champs d'activités connexes auront énormément de répercussions sur le succès de cette vaste entreprise. L'innovation technologique en matière de récolte et de transformation des bois seront autant de facteurs qui accéléreront le processus car c'est de là que viendra une grande partie des outils et des débouchés nécessaires pour réaliser une gestion à la fois saine et rentable de nos forêts. Enfin, si l'on considère que la plupart des interventions auxquelles nous avons fait référence s'apparentent à des gestes que tout gestionnaire forestier pose régulièrement, il en découle qu'un programme sylvicole en regard de la tordeuse pourrait être réalisé même en l'absence de mises de fonds considérables. En canalisant ses efforts dans une direction bien déterminée, le promoteur pourrait fort bien réaliser des progrès importants en utilisant les budgets dont il dispose déjà en matière de reboisement, d'entretien des plantations, d'amélioration des peuplements, etc. Dans ce contexte, il serait souhaitable que des argents nouveaux viennent accélérer le processus, mais en attendant, le coût du reboisement est guère sensible au choix de l'espèce!

La problématique devient plus simple lorsque la discussion est transportée sur la forêt boréale. En milieu nordique, nous faisons face à la fois à un problème de fréquence des épidémies et de vulnérabilité des forêts. Il n'apparaît pas évident que les travaux réalisés en forêt boréale pourraient affecter la fréquence des épidémies mais on peut discerner au moins trois lignes d'action qui seraient aptes à rendre ces forêts plus résistantes à la tordeuse.

Dans un premier temps, soulignons l'importance de conserver les forêts résistantes que nous possédons déjà. Cet objectif pourra être atteint en exerçant un choix judicieux des méthodes de coupe et du suivi, s'il y a lieu, afin d'assurer une régénération en épinette noire lorsque l'on intervient dans la pessière noire. Dans le cas contraire, ce sera le sapin qui s'établira amplifiant d'autant l'impact de la tordeuse sur la ressource forêt.

Dans la sapinière, l'accent devrait être mis sur une augmentation du taux de boisement en épinette blanche. Par des travaux de reboisement extensifs en épinette blanche, la vulnérabilité de la sapinière serait d'autant diminuée ainsi que l'impact du passage d'une épidémie. Une approche à considérer serait de prendre avantage des opérations régu-

lières de récolte pour reboiser les parterres de coupe avec un nombre réduit de semis (500-700/ha). De cette manière, les coûts de préparation du terrain et de la plantation même seraient ramenés au minimum en concentrant les efforts sur les sites les plus propices, tandis que la régénération naturelle en sapin viendrait compléter le boisement quelques années plus tard.

CHAPITRE 4 - CONCLUSIONS

La revue que nous venons de faire des méthodes et alternatives proposées en vue de lutter contre l'insecte ou de réduire la gravité de ses dommages, nous a permis de mettre en évidence l'étroitesse de leur action. Toutes les méthodes envisagées, qu'elles soient de nature répressive, préventive ou de compensation s'adressent à un seul des éléments de l'ensemble qu'est le problème de la tordeuse. Une seule exception, la sylviculture, qui peut à la fois agir sur la gravité des dommages, la composition et la productivité des forêts et influencer la fréquence et la durée des épidémies. C'est ainsi que tout programme d'action dont l'assise principale repose sur une seule approche se verra restreint à n'influencer qu'un seul des éléments d'ensemble et ne pourra être valable à moins que les autres éléments soient statiques. Or, notre analyse nous a également permis de constater que tous les éléments de l'ensemble sont dynamiques. Les épidémies sont plus fréquentes et plus longues, la demande de la matière ligneuse varie constamment au gré des marchés et des percées technologiques, tandis que le couvert forestier a été constamment altéré au cours du dernier siècle et que dire de la gravité des dommages qui sont devenus plus importants d'une épidémie à l'autre.

Dans ce contexte, il ressort clairement que le promoteur n'a pas fait la preuve de la supériorité de son choix ni de l'inefficacité des autres méthodes proposées. Dans un univers essentiellement dynamique comme celui du complexe forêt-tordeuse, toute approche monolithique sera inefficace si elle ne s'intègre pas à d'autres approches pour tenir compte du dynamisme du milieu. À ce stade de nos réflexions, la tentation est grande de reprendre à notre compte une des conclusions que le promoteur présentait en page 66 de l'étude d'impact.

Face au problème de la tordeuse, une seule solution à court terme permet d'exercer un certain contrôle sur l'insecte, soit la pulvérisation aérienne d'insecticides chimique ou biologique. Les autres méthodes permettant de réduire la susceptibilité des forêts à la tordeuse ou d'en minimiser l'impact doivent être menées concurremment au programme de pulvérisations comme activités associées, dans une approche intégrée du problème et ainsi permettre à long terme une gestion des forêts en tenant compte de la tordeuse.

Fondamentalement, le problème de la tordeuse en est un de déséquilibre écologique et ce n'est certainement pas en en créant un nouveau que l'on pourra restaurer l'équilibre perdu. Ainsi, un programme d'action valable et durable devrait tenir compte de cette prémisse et miser le plus possible sur l'intégration des divers modes d'interventions disponibles afin d'agir simultanément sur tous les éléments de l'ensemble. On aura sans doute remarqué que certaines approches donnent des résultats immédiats tandis que les effets des autres tardent à se faire valoir. Dans d'autres cas, les techniques sont au point alors que des recherches devront être entreprises, poursuivies ou intensifiées afin de réaliser le potentiel inexploité de certaines autres approches. La solution du problème n'est pas facile; il faut à la fois utiliser des moyens à notre disposition pour parer aux problèmes les plus pressants tout en exploitant au maximum la résilience naturelle du milieu afin d'assurer un avenir meilleur.

Sans entrer dans les détails de ce que pourrait être le programme d'action intégrée contre la tordeuse, il nous apparaît quand même essentiel, en guise de recommandation, d'en tracer les grandes lignes.

Le milieu méridional est l'endroit tout désigné pour amorcer un programme d'action intégrée contre la tordeuse et c'est là que devraient être déployés les plus grands efforts et ce, d'une manière soutenue. Le promoteur se doit de prendre en charge l'aménagement de la forêt du sud et d'y réaliser les travaux nécessaires pour la rendre moins susceptible à la tordeuse. Ce premier choix s'impose en raison du rôle non équivoque que joue la forêt méridionale dans le déclenchement des épidémies et également à cause de son aptitude à s'ajuster plus rapidement à un bris d'équilibre comme l'attestent les dégâts moins importants et moins durables qu'on y observe.

Les éléments de programme sur lesquels le promoteur devrait réagir immédiatement soit en exécutant des travaux, soit en accélérant ou initiant le développement de nouvelles techniques sont nombreux et c'est pourquoi nous ne noterons que les principaux:

- perfectionner les méthodes de détection des foyers naissants;

- mise au point de méthodes de lutte à caractère biologique en vue d'éliminer les nouveaux foyers (B.t., phéromones sexuelles, parasites, etc);

- rehausser la résistance naturelle du milieu par la mise au point de techniques d'élevage et de dispersion dans le milieu d'un certain nombre de parasites qui ont déjà fait leur preuve contre la tordeuse;

- assurer le suivi des opérations de sanitation par la poursuite de travaux de régénération qui garantiront l'établissement de nouveaux peuplements moins susceptibles;

- de façon générale, poursuivre une politique agressive de reboisement et d'interventions sur le milieu visant à réduire la susceptibilité de cette forêt par la restauration du couvert forestier climacique.

En forêt boréale, on doit faire face à des impératifs immédiats, il ne saurait être question pour l'instant de se dispenser complètement des méthodes d'interventions préconisées par le promoteur. En autant qu'elles demeurent acceptables sur le plan économique et biophysique, deux éléments d'importance traités ailleurs dans ce rapport, ces interventions devraient se faire à l'intérieur d'un cadre beaucoup plus rigide qui serait le reflet d'une politique d'interventions cohérente. Dans un premier temps, le promoteur devrait limiter le recours à l'usage des pesticides au cas les plus pressants et ce, seulement lorsque l'âge et le contenu en sapin des peuplements le justifient. Pour ce faire, une meilleure évaluation des impacts réels de l'épidémie permettra de s'assurer que les territoires protégés ne sont pas en excès des besoins. La substitution des insecticides chimiques par le B.t. contribuera par

ailleurs à réduire les risques environnementaux dans le territoire protégé tandis que leur remplacement progressif par d'autres méthodes d'intervention complétera le retrait de l'une et l'autre de ces approches.

D'autre part, le promoteur devrait également poursuivre une politique non équivoque d'innovations technologiques afin de promouvoir l'utilisation optimale des produits de récupération réduisant ainsi d'autant l'impact de l'épidémie et les besoins de protection. Enfin, la forêt boréale devrait faire l'objet d'un suivi sylvicole régulier en vue de rencontrer deux objectifs complémentaires. En s'assurant d'une régénération moins vulnérable à la tordeuse, l'impact des futures épidémies sera d'autant réduit, tandis que l'exclusion des espèces feuillues envahissantes permettra de maintenir l'intégrité du bassin d'approvisionnement en fibres résineuses.

Après de nombreuses heures d'écoute et d'analyse, nous sommes maintenant convaincus que seul un programme d'intervention qui s'appuie sur la dynamique du milieu peut réussir. Le programme que nous avons rapidement ébauché dans ce chapitre a le mérite de prendre en considération les impératifs immédiats tout en prévenant la répétition rapide de ce désastre économique et écologique qu'est la tordeuse. Le fondement écologique de ce programme nous permet de nous engager sur la bonne voie, tandis que des réévaluations périodiques nous permettront de nous ajuster à la dynamique toujours changeante du milieu.