



La coupe avec rétention variable de la structure : résultats de recherche, expériences de mise en oeuvre et questions opérationnelles

(Version finale)

Rapport rédigé par :

Sylvie Sougavinski, biologiste

Frédéric Doyon, ing. f., Ph. D.



Institut Québécois d'Aménagement

de la Forêt Feuillue

avril 2002

Condensé technique

Les pratiques d'exploitation conventionnelles telles les coupes à blanc ne parviennent plus à répondre aux préoccupations sociales et environnementales grandissantes liées au maintien de la biodiversité dans les forêts. Or, l'étude du fonctionnement des peuplements résiduels à la suite de perturbations naturelles telles le feu, le chablis et les infestations d'insectes, a démontré une plus grande résilience qu'à la suite de coupes forestières pour plusieurs processus écologiques. Une alternative à la coupe traditionnelle serait donc de préserver des éléments structuraux essentiels (arbres individuels ou en groupe, vivants ou morts, débris ligneux) après exploitation de manière à imiter les perturbations naturelles. Cette approche, que l'on appelle la rétention variable, permettrait de soutenir un apport ligneux substantiel tout en préservant l'intégrité biologique des forêts. Dans ce document, nous faisons la synthèse des informations disponibles sur cette nouvelle approche.

1) Qu'est-ce que la rétention variable?

La rétention variable est un système sylvicole qui maintient des éléments structuraux de l'habitat sur le parterre de coupe. Ces éléments structuraux peuvent être des arbres, vivants ou morts, des débris ligneux, ou tous autres éléments jugés essentiels pour le bon fonctionnement de l'écosystème. Cependant, généralement, la rétention variable implique la rétention d'un minimum du couvert original du peuplement. Cette proportion retenue se situe entre 10 % et 70 %. Les éléments de structure résiduels doivent rester sur l'aire de coupe au moins pendant une révolution complète et ce traitement s'applique à des coupes finales conduites dans des peuplements qui ont atteint leur maturité économique ou biologique.

La sylviculture avec rétention variable se distingue de la sylviculture traditionnelle du fait que :

- 1- l'objet de sa prescription est ce qui est retenu plutôt que ce qui est récolté; et
- 2- la régénération n'est pas l'objectif principal.

2) Quels sont les bénéfices que la rétention variable offre?

Les bénéfices attendus de la rétention variable concernent plusieurs processus écologiques tel un effet bénéfique de l'enrichissement de la diversité structurale des peuplements de deuxième venue sur la diversité biologique et l'augmentation de la variabilité de niches écologiques. Les habitats créés peuvent soit servir d'habitats-sources, ou de refuge transitoire ou encore devenir des chemins d'accès (« stepping-stones ») et contribuer à rehausser la connectivité entre les habitats et faciliter la dispersion des espèces.

La littérature indique que la biodiversité dans les parterres de coupe est positivement liée à la quantité d'éléments structuraux retenus. Les communautés végétales (sous-végétation, mousses et lichens) et fauniques (oiseaux, petits mammifères, microarthropodes) ressemblent davantage à celles retrouvées dans les vieilles forêts continues lorsque plus de structures sont retenues. Cette hausse de diversité semble

également liée au fait qu'on retrouve dans les parterres de coupe avec rétention variable à la fois des espèces qui favorisent les milieux ouverts (ex. après une coupe à blanc) et celles qui favorisent les milieux couverts (ex. dans les forêts matures). Cependant, la rétention de structure peut cependant s'avérer défavorable pour certains organismes en créant des conditions de chasse favorables pour la prédation de ceux-ci.

Les pratiques associées à la rétention variable permettent aussi de rétablir les fonctions écosystémiques importantes (succession, productivité, cyclage de l'eau, des éléments et de l'énergie) plus rapidement dans les peuplements. Elles créent un éventail de conditions micro-climatiques souvent plus favorables à l'établissement et la survie d'organismes non- ou peu mobiles. Le couvert maintenu a un effet direct sur les processus hydrométéorologiques due à l'altération du budget énergétique. La rétention variable réduit de plus l'érosion en maintenant un treillis racinaire qui en retour soutient le sol minéral et organique. Elle améliore la productivité de l'écosystème de part les refuges importants qu'elle maintient (inoculae) pour les champignons micorhizateurs et les bactéries fixatrices d'azote. Finalement, les arbres résiduels vivants de bonne qualité augmentent la capacité d'ensemencement naturel du milieu et préserve aussi la diversité génétique.

La rétention variable peut aussi procurer certains bénéfices sociaux dont la perception par le public des activités de récolte forestière du point de vue de l'esthétisme et de l'intendance des forêts ainsi que la valorisation et la reconnaissance du travailleur forestier. Par contre, les structures maintenues debout peuvent occasionner des risques accrus pour les travailleurs pendant l'exploitation et lors de travaux subséquents.

On s'attend toutefois à observer une réduction de la possibilité en matière ligneuse compte tenu, d'une part, de la rétention d'une partie de la récolte sur les parterres de coupe, et d'autre part, de la réduction de la productivité des cohortes en régénération dû à l'ombrage et la compétition pour les ressources occasionnés par les arbres retenus. De plus, la rétention d'arbres entraînent des difficultés opérationnelles pour les traitements d'éducation des peuplements en bas âge (scarifiage, épandage aérien, etc.). Par contre, la valeur économique élevée des grumes des arbres retenus lorsqu'ils seront récoltés lors de la deuxième rotation pourrait compenser pour ces pertes initiales.

La rétention variable modifie la composition du peuplement en devenir. En effet, les essences tolérantes à l'ombre ainsi que les espèces des forêts intérieures sont avantagées par cette approche, par opposition aux espèces pionnières, à cause de l'ombrage créé, de la réduction de la perturbation du sol et de la végétation en sous étage. Ces espèces tolérantes croissent généralement plus lentement que les espèces pionnières, affectant ainsi la possibilité.

La coupe avec rétention variable présente des coûts additionnels. Ceux-ci sont occasionnés par une planification plus complexe, une formation essentielle des ouvriers sylvicoles, une supervision accrue lors de la réalisation des interventions et des modifications apportées aux méthodes d'exploitation traditionnelles.

3) Comment réaliser une coupe avec rétention variable?

Avant de procéder à une coupe avec rétention variable, il faut répondre aux questions suivantes : Quoi retenir (c.-à-d., quels éléments et avec quelles caractéristiques)? Combien? Et où les maintenir?

Une grande variété de structures peut être maintenue dans les parterres de coupe afin de répondre aux besoins de conservation pour la biodiversité, tels :

- 1- des arbres vivants qui fournissent des habitats pour plusieurs organismes et constituent une source de chicots et de débris ligneux;
- 2- des chicots à différents stades de décomposition qui représentent d'importants sites d'abri, de reproduction et d'alimentation pour plusieurs espèces;
- 3- des débris ligneux grossiers qui procurent couvert, microclimats et sites de reproduction adéquats;
- 4- des îlots de végétation de sous-étage (buissons, herbes, mousses) qui influencent les processus géomorphologiques tels l'érosion et la rétention des sédiments et jouent aussi d'importants rôles dans l'approvisionnement d'habitats;
- 5- la protection des caractéristiques du sol qui influencent le dynamisme de la végétation.

Le choix des éléments à retenir dépendra des caractéristiques de ceux-ci (essence, taille, dhp, stabilité, sécurité, stade, cavités) et des objectifs d'aménagement fixés au départ. Les directives proposées peuvent être développées pour répondre à des objectifs spécifiques pour maintenir des habitats de qualité pour une espèce en particulier ou pour le maintien de biodiversité, de façon plus générale. L'élaboration des directives de rétention variable peut être faite aussi dans une perspective plus large d'aménagement écosystémique avec une approche du filtre brut. Cette différence se perçoit dans le choix, le nombre et la distribution des éléments favorisés, mais les directives demeurent adaptées aux caractéristiques spécifiques de la forêt aménagée.

Il est possible de varier la densité et la distribution des éléments structuraux retenus et faire une rétention dispersée ou regroupée (bouquets) des structures. Tandis que la rétention dispersée procure une complexité structurale sur l'ensemble du site et assure une plus grande influence (positive et/ou négative) sur l'aire de coupée, la rétention en bouquet permet à davantage de composantes forestières de rester sur place et offre plus facilement l'opportunité de pratiquer des interventions subséquentes ou multiples. Les îlots sont particulièrement utiles pour la rétention sécuritaire de chicots ou d'arbres instables et limitent les risques de chablis. La rétention en bouquet peut aussi faciliter la récolte en permettant de circuler plus librement autour des arbres retenus. Cependant, des bénéfices additionnels peuvent découler de la combinaison des deux approches (ex. connectivité dans le paysage).

- 4) L'expérience canadienne en matière de rétention variable : directives d'implantation, faisabilité opérationnelle et monitoring

Généralement, les arbres favorisés pour la rétention sont décadents, de gros diamètre et présentent des caractéristiques fauniques intéressantes (cavités, nids). La majorité des directives ne donnent pas de spécificités quant aux choix des essences à retenir et favorisent, dans un objectif d'atténuation des impacts, plutôt de maintenir une représentativité adéquate de l'aire coupée (essences, classes d'âges). Inversement, lorsque l'objectif est spécifiquement associé au maintien de la biodiversité, on réclame la rétention d'espèces particulières pour la faune. Par exemple, le peuplier peut être favorisé grâce à sa propension de créer des cavités adéquates pour certains oiseaux. Lorsque l'objectif est de pratiquer une foresterie se rapprochant davantage des perturbations naturelles, on favorisera plutôt la rétention d'espèces plus résistantes au feu (principalement au niveau de la rétention d'arbres de couvert (ex. feuillus) et/ou localisées à des endroits où un feu serait moins agressif (bas de pente, milieu humide). Souvent par contre, on utilise un amalgame des ces approches. Certains chiffrent la rétention d'arbres entre 8 à 12 par ha (8 étant un chiffre régulièrement utilisé). D'autres indiquent plutôt une proportion du peuplement à retenir (ce qui comprend les individus et les bouquets). Cette proportion varie entre 5 % et 70 % de rétention mais s'approche le plus souvent de 15 %.

La grande majorité des documents encouragent la rétention d'un maximum de chicots, sans nécessairement définir de quantités. Uniquement le document de la forêt modèle de Fundy apporte des directives spécifiques sur le sujet soit : 15-15 chicots/ha de 30-50 cm dhp, pour atteindre des objectifs de biodiversité.

Tout comme les chicots, on reconnaît l'importance des débris ligneux grossiers et la majorité des documents encouragent leur rétention. Or, on ne chiffre pas les quantités à l'exception, une fois de plus, de la Forêt modèle de Fundy (200 morceaux/ha, >10 cm dhp).

La taille des bouquets retenus varie entre 0.1 à 1 hectare selon les documents et se définit à partir de la superficie du bloc de coupe et des caractéristiques du site. La rétention en bouquet est nettement favorisée au dépend de la rétention dispersée surtout grâce aux plus faibles risques de chablis que cette forme procure, mais aussi parce qu'elle permet de retenir une plus grande proportion d'éléments structuraux difficilement maintenus autrement (arbres instables, sous-végétation). Les bouquets s'intègrent dans les 5 % et 70 % de rétention préconisée.

Les milieux favorisés pour la rétention sont les milieux humides, fragiles, inopérables, pentes abruptes, habitats fauniques distincts, etc., à la fois pour des raisons de praticabilité et de biodiversité mais aussi dans l'espoir d'émuler les perturbations naturelles. Également, certains tentent de préserver une influence sur l'ensemble du site et limitent la distance entre les individus ou les groupes retenus (2 à 4 hauteurs d'arbres) sur le site et favorisent la distribution adéquate des éléments sur l'ensemble du parterre plutôt qu'à des endroits stratégiques.

Des taux variés de rétention peuvent être entrepris selon les méthodes de récolte utilisées (débardage terrestre, par câbles ou par hélicoptère). Il importe que les méthodes et l'équipement utilisés lors du débardage soient flexibles, efficaces et sécuritaires. Les facteurs spécifiques quant au choix du système à utiliser sont : la topographie, le type de sol, le régime sylvicole, les caractéristiques mêmes de la matière ligneuse, l'accessibilité, et la distance et l'orientation du débardage.

Certaines difficultés particulières peuvent survenir telles des blessures aux arbres résiduels par la chute des autres ou le débardage délicat dans ces sites. La préservation de structures sur le site réduit inévitablement les choix quant à la circulation de la machinerie et il importe d'en tenir compte lors de la planification. Par exemple, bien que la majorité des opérations de rétention variable chez Weyerhaeuser coastal B.C. est réalisée à l'aide d'une débusqueuse sur chenille (pentes < 30 %) ou de systèmes de téléphérage variés, Weyerhaeuser utilise également une technique d'exploitation d'arbres debout qui permet de retirer des tiges individuelles d'une forêt par hélicoptère sans coucher l'arbre au sol.

Weyerhaeuser coastal B.C. suggère de compenser les coûts additionnels liés à l'exploitation par rétention variable avec l'innovation technologique et la performance améliorée et espère perfectionner son habileté à prendre avantage des cycles du marché en synchronisant l'exploitation des peuplements afin de maximiser la valeur des ventes des espèces dominantes.

Le suivi de l'implantation des directives de rétention variable exige la mise sur pied d'une procédure structurée et bien comprise de la part de tous les intervenants. Weyerhaeuser en Alberta utilise des photographies aériennes obliques et des sondages terrains. Les résultats de surveillance démontrent l'efficacité d'implantation et indiquent si les objectifs de rétention ont été rencontrés. L'industrie forestière Alberta-Pacific vérifie quant à elle sa performance d'implantation à l'aide de feuilles d'audit remplies par les opérateurs lors de la coupe ainsi qu'avec des contrôles inopinés.

L'instauration d'un programme de monitoring qui permet de vérifier et de s'assurer que les objectifs fixés seront atteints se doit de l'être à long terme et aussi d'être adaptatif. Weyerhaeuser B.C. compare les traitements imposés à certaines cibles ou indicateurs et évalue la structure de l'habitat dans les blocs de rétention en plus de l'étude de différents organismes. Les traitements appliqués seront comparés les uns aux autres et la compagnie se servira d'outils de prédiction afin d'évaluer l'effet de ceux-ci.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
1 La rétention variable	2
1.1 Qu'est-ce que la rétention variable?	2
2.1 Considérations de la rétention variable.....	5
2.1.2 Considérations écologiques	5
2.1.1 Considérations sociales.....	8
2.1.1 Considérations économiques	9
2.2 Techniques de rétention	13
2.2.1 Éléments de rétention.....	13
2.1.2 Distribution spatiale des éléments	15
2.1.3 La rétention dispersée : avantages et inconvénients	16
2.1.4 La rétention en bouquets : avantages et inconvénients.....	17
3 Comparaison géographique de la pratique de la rétention variable.....	19
3.1 Colombie britannique.....	19
3.1.1 Biodiversity Guidebook	19
3.1.2 Clayoquot Sound Scientific Panel (1995) :.....	20
3.1.3 Iisaak Forest Resources.....	22
3.1.4 Weyerhaeuser coastal B.C	22
3.1.5 International Forest Products Limited (Interfor) :	23
3.1.6 Tembec.....	23
3.2 Alberta.....	23
3.2.1 Harvest Planning and Operating Ground Rules.....	23
3.2.2 Daishowa Marubeni International Ltd. (Alberta)	24
3.2.3 Alberta-Pacific Forest Industries Inc.	25
3.2.4 Weyerhaeuser Alberta.....	26
3.2.5 Millar Western Forest Products Ltd.....	27
3.3 Manitoba	27
3.3.1 Guide des techniques d'exploitation menant à la régénération d'une forêt naturelle (<i>document préliminaire</i>)	27
3.3.2 Louisiana-Pacific Canada Ltd.....	28
3.4 Ontario	28
3.4.1 Forest management Guidelines for the Provision of the Pileated Woodpecker Habitat	28
3.4.2 Forest Management Guidelines for the Provision of White-Tailed Deer Habitat.....	29
3.4.3 Forest Management guidelines for the Provision of Marten Habitat.....	29
3.4.4 Forest Management Guide for Natural Disturbance Pattern Emulation...	29
3.5 Nouveau-Brunswick	30

3.5.1	Directives d'aménagement forestier pour la protection de la biodiversité dans la forêt modèle de Fundy	30
3.5.2	J.D. Irving Limited.....	31
3.6	Nouvelle Écosse.....	31
3.6.1	Wildlife habitat and Watercourses Protection Regulations	31
3.6.2	Forest/Wildlife Guidelines and Standards for Nova Scotia.....	31
4	Questions d'implantation	33
4.1	Faisabilité opérationnelle	33
4.2	Implications économiques	37
5	Programmes de suivi (monitoring) et aménagement adaptatif	39
5.1	Suivi de l'implantation des directives.....	39
5.2	Suivi de l'efficacité.....	40
Conclusion	42
Références	45

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 :	Spectre du taux de rétention du couvert forestier utilisé par les régimes de rétention variable comparé à ceux des systèmes sylvicoles traditionnels... 3
Figure 2 :	Système d'exploitation par rétention dispersée et en bouquets sur l'Isle de Vancouver en Colombie Britannique..... 16
Figure 3 :	Clé décisionnelle pour les différents systèmes d'exploitation..... 34
Tableau 1 :	Les différences entre la rétention dispersée et la rétention en bouquets. Source : Franklin <i>et al.</i> (1997), p. 122. 17

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, les objectifs d'aménagement forestier se sont fortement complexifiés. Il ne suffit plus d'assurer le rendement soutenu en matière ligneuse et la cohabitation des diverses utilisations mais aussi d'assurer le maintien de l'intégrité écologique de l'écosystème forestier.

La problématique du maintien de la biodiversité est fortement à l'origine de cette préoccupation et est devenue un enjeu d'importance capitale pour la foresterie partout au Canada. En effet, cet enjeu écologique est rapidement devenu économique lorsque des organismes non-gouvernementaux ont attribué la perte de la biodiversité à l'intendance des forêts canadiennes. Ces derniers se sont appuyés sur les recherches scientifiques récentes qui démontrent que les pratiques d'exploitation forestière conventionnelles, telles les coupes à blanc, ne répondent pas aux exigences de conservation assurant le maintien de l'intégrité de l'écosystème forestier. Elles doivent conséquemment être remplacées. Les défenseurs des nouvelles pratiques (systèmes d'exploitation de substitution) soutiennent qu'il est possible de maintenir un apport ligneux substantiel sans pour autant menacer l'intégrité biologique des forêts (Hunter et Seymour 1992).

Une façon d'y contribuer est certainement de maintenir des éléments structuraux essentiels durant des périodes du développement de l'écosystème jugées critiques. En effet, on reconnaît l'importance de ces éléments dans le fonctionnement des écosystèmes et le maintien de la biodiversité (Franklin *et al.* 1997).

À partir de ce constat, plusieurs approches permettant d'intégrer cet aspect dans l'aménagement des forêts ont été proposées. Ces approches sont regroupées sous l'appellation de la rétention variable. La rétention variable promeut la création de peuplements structurellement plus complexes par la rétention des éléments de structure sur les parterres de coupe après la récolte finale (Franklin *et al.* 1997). Par la rétention, une quantité suffisante de legs biologiques est maintenue pour assurer la résilience fonctionnelle de l'écosystème.

Cette synthèse bibliographique porte donc sur la rétention variable. On tentera en premier lieu de définir en quoi consiste la rétention variable tout en tâchant de faire ressortir les différentes définitions ou interprétations évoquées à son sujet. Dans la section qui suit, on discutera des services écologiques, sociaux et économiques que cette approche présente tout distinguant quels éléments de structure retenus procurent les bénéfices identifiés. Par la suite, les différentes applications de la rétention variable au Canada seront présentées en prenant le soin de souligner comment les régimes sylvicoles y ont été adaptés, et quelles sont les implications de ces adaptations, tant du point de vue de la faisabilité opérationnelle que de la faisabilité économique.

1 La rétention variable

1.1 Qu'est-ce que la rétention variable?

La rétention variable a été développée par des écologistes de la région nord-ouest de l'Amérique du Nord. Ceux-ci cherchaient une alternative aux systèmes conventionnels, qui ne répondaient à ce moment qu'à des préoccupations de régénération et de croissance des arbres, pour répondre à de nouveaux objectifs associés au maintien de la biodiversité (Beese *et al.* s.d. a.). Le terme « variable rétention » a d'abord été présenté par le Clayoquot Scientific Sound Panel (1995) pour être par la suite précisé par Franklin *et al.*(1997). Cependant, la rétention variable peut prendre différents noms selon les structures retenues dans les systèmes sylvicoles : rétention d'arbres verts, coupe à blanc avec réserves, rétention de chicots, rétention de legs biologiques (Barg et Hanley 2001).

Le concept de rétention variable provient de l'observation des peuplements résiduels après perturbations naturelles telles le feu, le chablis et les infestations d'insectes. En effet, la caractérisation de ces peuplements a énormément renseigné sur les patrons de structure habituellement trouvés après le passage de ces perturbations. On y trouve typiquement des îlots de forêts ou d'arbres isolés intacts, accompagnés d'arbres morts ou moribonds qui rapidement produisent des débris ligneux au sol. L'étude du fonctionnement de ces peuplements résiduels a démontré une plus grande résilience pour plusieurs processus écologiques.

Ainsi, le principal objectif visé donc par la rétention variable est la préservation de l'éventail de structures résiduelles fonctionnellement importantes pour le maintien des processus écosystémiques forestiers retrouvés naturellement dans un peuplement, tant juste après une perturbation que tout au long de son développement. La rétention permet de conserver des éléments de structure associés aux vieilles forêts et ainsi enrichir la diversité structurale des peuplements de deuxième venue.

La rétention variable se concrétise par un régime sylvicole se caractérisant par le type et la quantité d'éléments retenus à l'intérieur d'unités d'aménagement (bassins hydrographiques) et des parterres de coupe (Clayoquot Scientific Sound Panel 1995). Il favorise la rétention d'éléments structuraux après coupe spatialement répartie selon une directive définie. Les éléments retenus sont généralement des arbres individuels ou en groupe (îlots ou bouquets), vivants ou morts (chicots), et des débris ligneux. Les éléments retenus doivent donc créer des caractéristiques forestières similaires aux patrons et structures rémanentes laissées sur place à la suite du passage de ces perturbations naturelles (Hunter et Seymour 1992, Franklin *et al.* 1997).

La rétention variable peut s'agencer à plusieurs régimes sylvicoles (Franklin *et al.* 1997, Barg et Hanley 2001, Beese *et al.* s.d. a.) Cette flexibilité dans son application est obtenue grâce à l'éventail d'options de rétention possibles pour rencontrer des objectifs d'aménagement spécifiques (Franklin *et al.* 1997). Les systèmes dans lesquels on retrouve habituellement moins de 10% de rétention du couvert original sont comparables aux régimes sylvicoles équiennes traditionnels utilisant la coupe à blanc (incluant aussi la coupe finale de la coupe progressive) (Figure 1). Ainsi, pour Hunter et Seymour (1992) la

ressemblance avec les systèmes traditionnels qui laissent parfois des éléments résiduels, n'est que superficielle. Les prescriptions par rétention variable pour lesquels plus de 70% du couvert est retenu se comparent aux coupes traditionnelles d'aménagement inéquienne tel le jardinage.

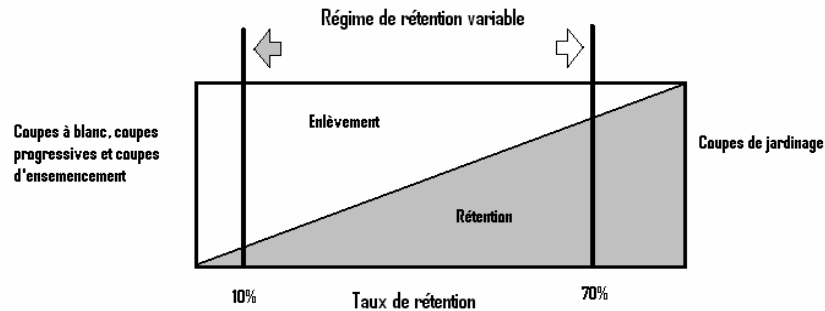


Figure 1: Spectre du taux de rétention du couvert forestier utilisé par les régimes de rétention variable comparé à ceux des systèmes sylvicoles traditionnels. (Source: Mitchel (2001) adapté de Franklin 1997).

Mais comment les systèmes sylvicoles utilisant la rétention variable se distinguent des systèmes sylvicoles traditionnels ? Plusieurs points de distinction sont importants. Une première caractéristique importante qui distingue la sylviculture avec rétention variable de la sylviculture traditionnelle est que l'objet de sa prescription est ce qui est retenu plutôt que sur ce qui est récolté et que la régénération n'est pas le seul objectif.

Deuxièmement, dans la rétention variable, tous les auteurs s'entendent pour dire que pour qu'un régime sylvicole puisse être considéré comme étant de la coupe avec rétention variable de la structure, il faut que les éléments de structure retenus restent sur le parterre de coupe de façon permanente ou au moins pendant une révolution complète (Hunter et Seymour 1992, Clayoquot Scientific Sound Panel 1995, Franklin *et al.* 1997, Barg et Hanley 2001, Beese *et al.* s.d a.). Cette caractéristique est importante puisqu'elle permet de distinguer la rétention variable de la coupe progressive et de la coupe avec réserve de semenciers ; dans ces deux cas précis, le couvert partiel résiduel est classiquement voué à la récolte bien avant la fin de la rotation du peuplement qui s'établit lors du premier passage de récolte.

Troisièmement, la rétention variable s'applique à des coupes finales conduites dans des peuplements qui ont atteint leur maturité (économique ou biologique) (Hunter et Seymour 1992, Franklin *et al.* 1997). La rétention variable exclut donc de prime abord les systèmes sylvicoles inéquiennes. Ainsi, dans le cas du jardinage, à moins qu'il y ait une désignation explicite des arbres à maintenir à des fins de biodiversité dans les

régimes de martelage, le jardinage ne constitue pas une technique de rétention variable en soit (Hunter et Seymour 1992).

Pour Beese *et al.* (s.d. a), la définition même du système sylvicole de rétention variable dépasse cette définition. Ceux-ci soutiennent que pour que la rétention variable soit plus qu'une simple variation d'une coupe à blanc, il faut maintenir assez d'arbres à l'intérieur d'un parterre de coupe et répartir ceux-ci de façon à maintenir l'influence forestière sur plus de la moitié de la surface de la forêt originale. Cette définition a été établie à partir de la définition biologique d'une coupe à blanc donnée par Keenan et Kimmins (1993) et Kimmins (1997) selon lesquels une coupe à blanc possède une surface à l'intérieure de laquelle l'influence des arbres au-dessus et en dessous du sol a été retirée sur plus de la moitié. Cette superficie minimale d'une ouverture créée par une coupe à blanc est approximativement égale à une surface plus grande en diamètre qu'environ quatre hauteurs d'arbre. Elle varie donc en fonction la hauteur de la forêt environnant la coupe et la forme de la coupe.

Pour les besoins de cette revue, on reconnaîtra qu'un système sylvicole découle de l'approche par rétention variable lorsque l'objectif est de préserver l'intégrité écologique des forêts par la rétention de structures pendant une révolution complète.

2.1 Considérations de la rétention variable

Les écologistes ont proposé la rétention d'arbres de couvert et l'augmentation du temps de révolution afin de produire de plus gros arbres, une variabilité dans la taille de ceux-ci, un couvert forestier pluri-étagé et le recrutement de gros débris ligneux. Mais quels sont vraiment les services écologiques que le maintien de ces structures procure? Et du point de vue forestier, et socio-économique, quels sont les avantages à réaliser des coupes avec rétention variable? Cette section aborde ces questions en présentant brièvement la littérature sur ce sujet.

2.1.2 Considérations écologiques

2.1.2.1 La biodiversité

Les bénéfices attendus de la complexité structurale créée par la rétention variable concernent plusieurs processus écologiques. On reconnaît dans un premier temps tous les bénéfices associés à l'enrichissement de la diversité structurale des peuplements de deuxième venue sur la diversité biologique et que le manque de complexité structurale déprécie la qualité des habitats pour plusieurs espèces associées aux forêts matures et surannées (McComb *et al.* 1993). En effet, la théorie écologique nous enseigne qu'une complexification de la structure des habitats se traduit par une augmentation de la variabilité de niches écologiques. Ainsi, plusieurs organismes requérant des conditions environnementales et/ou des éléments structuraux spécifiques aux peuplements de fin de succession ont ainsi l'opportunité de maintenir une population dans des jeunes stades de développement habituellement hostiles sans ces éléments structuraux.

Les théories de la biogéographie insulaire (MacArthur et Wilson 1967) et des métapopulations (Hanski et Gilpin 1991) indiquent que la diversité spécifique, et par conséquent la persistance des populations, est directement reliée à la quantité (comprendre aussi taille) d'habitats de qualité et la connectivité entre ceux-ci. Selon la qualité des habitats ainsi créés en rapport aux exigences des espèces concernées, ceux-ci pourront soit servir d'habitats-sources, lorsque la population y possède un bilan de productivité positif, ou de refuge transitoire lorsque ce n'est pas le cas. Même si ces milieux ne deviennent pas des habitats partiellement utilisables, la rétention variable peut les rendre plus perméables à la dispersion et ainsi contribuer à rehausser la connectivité des habitats de qualité dans le paysage en servant de chemins d'accès (« stepping-stones ») en zone hostile et de « bouées » auxquelles s'accrochent les espèces pour assurer leur survie et leur dispersion après exploitation (Franklin *et al.* 1997).

À partir de ces prémisses théoriques, plusieurs études ont démontré que la biodiversité dans les parterres de coupe est positivement liée à la quantité d'éléments structuraux retenus. Dans ces études, les communautés végétales et fauniques ressemblent davantage à celles retrouvées dans les vieilles forêts continues lorsque plus de structures sont retenues. Par exemple, Hansen *et al.* (1995) ont simulé la réponse des oiseaux forestiers à 9 taux de rétention et 4 âges de révolution pour le Western Cascades Province dans l'ouest de l'Oregon. Les résultats des scénarios simulés dans le cadre de l'étude démontrent que la structure du peuplement sous chacun des taux de rétention ressemblait

davantage à la forêt naturelle d'avant intervention qu'après une coupe à blanc. Cependant, la variabilité des classes de taille n'atteint pas celle perçue dans la forêt naturelle sous des taux de rétention intermédiaires. On y constate que la composition en espèces d'oiseaux était fortement liée aux taux de rétention et l'âge de révolution. En général, les données suggèrent que la rétention du couvert forestier rehausse la complexité structurale au-delà cela de la coupe à blanc pour environ 200 ans après coupe.

Sur l'île de Vancouver en Colombie Britannique, un projet expérimental appelé Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS) est actuellement en cours (Arnott *et al.* 1995). Ce projet compare un gradient de conditions microclimatiques et de couvert forestier résiduel créé par la coupe par petites assiettes de coupes dispersées, la coupe avec réserve d'arbres vivants, la coupe progressive, la coupe à blanc (69 ha) et une vieille forêt adjacentes à ces traitements. Ces pratiques ont causé des changements dramatiques chez les communautés d'oiseaux nicheurs, mais en général, il eut peu de pertes ou d'ajouts d'espèces aviaires au bout de trois ans (Beese et Bryant 1999). Le retrait de 70 % de la surface terrière dans cette forêt réduisit sont attractivité aux espèces insectivores, tant les glaneurs de feuillage que d'écorce, ou nichant dans les cavités. Inversement, les traitements ont créé des habitats plus convenables pour trois espèces se nourrissant au sol.

Dans le sud des montagnes Rocheuses de la Colombie Britannique, Stuart-Smith (2001) a démontré que la rétention d'arbres dans les peuplements aménagés peut significativement rehausser la richesse et l'abondance des oiseaux chanteurs sans pour autant augmenter la prédation des nids. En effet, l'auteur a comparé les différentes espèces d'oiseaux chanteurs retrouvées dans des peuplements anciennement brûlés ou exploités (5 à 45 ans) et présentant des densités variables de couvert et de sous-couvert. La prédation a également été évaluée à l'aide de nids naturels et artificiels. Les résultats suggèrent que la rétention même de faibles densités ou proportions du volume dans les peuplements exploités peut significativement augmenter la richesse et l'abondance de la communauté des oiseaux chanteurs qui utilisent ces peuplements. Parce que les espèces ont répondu de manière parfois positive, parfois négative aux arbres résiduels l'auteur propose de préserver une variété de densités à travers le paysage pour procurer un habitat adéquat pour la majorité d'entre eux.

En 1997, Steeger et Quesnel ont initié un projet expérimental dans le projet pilote Enhanced Forest Management Pilot Project (Steeger et quesnel 1998). L'étude avait pour but de tester l'habilité des réserves fauniques, instaurées à l'intérieur de celui-ci, ou des peuplements comparables, à maintenir les valeurs fauniques après différentes coupes partielles (control non exploité, 70 % et 40 % de rétention en surface terrière). Les données recueillies avant les traitements ont dirigé les prescriptions sylvicoles qui sélectionnent des attributs structuraux des vieilles forêts (arbres vivants et morts ou moribonds de gros diamètre et/ou utilisés par la faune). Les sondages ne révélèrent aucun changement drastique dans la densité de nids de cavités actifs retrouvés après les traitements. Il apparaît donc, jusqu'à maintenant, que les traitements de coupe partielle ont maintenu le nombre de nicheurs utilisant des cavités dans ces unités.

À l'intérieur du projet MASS, certaines études ont démontré que la diversité structurale influence fortement la diversité des microarthropodes (Mitchell 2001). L'auteur souligne

l'importance du maintien de la structure verticale comme élément essentiel dans le maintien de l'habitat de ces organismes probablement à cause des variations microclimatiques procurées par les différentes hauteurs du couvert forestier. La présence de la diversité du substrat (branches, mousses, lichens) pour la communauté arthropode est certainement positive (Mitchell 2001).

North *et al* (1996) se sont, eux, plutôt interrogés sur l'influence de la rétention d'arbres sur la diversité des plantes de sous-étage et l'accroissement en surface terrière des arbres du couvert. Les auteurs ont noté que la richesse totale des espèces en sous-étage était plus élevée dans le traitement avec rétention que dans les deux autres traitements (coupe à blanc et forêt âgée de 65 ans). La composition générale de ces espèces ressemblait davantage à la composition retrouvée dans la coupe à blanc (dominées par espèces intolérantes) mais était également composée d'une diversité d'espèces tolérantes importantes pour le maintien de la diversité du sous-étage. Ainsi, la composition dans les sites avec rétention était plus variée.

Le couvert, la fréquence et le nombre d'espèces végétales en sous-étage diminuèrent à la suite de tous les traitements étudiés dans l'étude MASS (Beese et Bryant 1999). La proportion de couvert avant intervention a été réduite à 10 % dans la coupe à blanc, la rétention d'arbres verts et les petites coupes dispersées et à 50 % dans la coupe progressive. Cependant au bout de trois ans, le couvert augmenta principalement à cause des colonisateurs (*Epilobium angustifolium*). Ces résultats préliminaires suggèrent que les herbacées et les bryophytes sont les plus vulnérables aux pertes par exploitation. La coupe progressive où la végétation était protégée dans des bouquets non perturbés a maintenu la plus grande diversité d'espèces arbres, arbustes et bryophytes esous-étagege comparativement aux autres systèmes.

Dans un tout autre écosystème, soit la forêt boréale de l'est du Canada, Arnup *et al.* (1998) soutiennent que l'utilisation de coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM), ou Harvest with Advanced Regeneration Protection, (HARP) permet de maintenir une plus importante diversité d'espèces comparativement aux aires coupées à blanc. Les auteurs citent l'étude de Courtin et Beckerton (1997) qui confirme cette affirmation en ce qui a trait aux petits mammifères.

La rétention de structure peut cependant s'avérer inadéquat pour certains organismes qui se déplacent à l'intérieur des aires de coupe, en créant des conditions de chasse favorables pour la prédation de ceux-ci (Franklin *et al.* 1997).

2.1.2.2 Les fonctions de l'écosystème

Les pratiques associées à la rétention variable permettent aussi de rétablir les fonctions essentielles de l'écosystème tels la succession, la productivité, le cyclage de l'eau, des éléments et de l'énergie plus rapidement qu'après coupes conventionnelles. Elles améliorent donc sa résilience, soit sa capacité et sa vitesse à revenir aux conditions qui prévalaient avant la perturbation.

La rétention variable crée plus de diversité de conditions micro-climatiques (température de l'air et à la surface du sol, intensité lumineuse, et humidité à la surface du sol) et les régimes de celles-ci sont habituellement moins extrêmes, soit plus favorables à l'établissement et la survie d'organismes non- ou peu mobiles (plantes, lichens, champignons et amphibiens).

À une échelle plus grande, la rétention variable affecte aussi le climat forestier. Une plus grande rétention de couvert a un effet direct sur les processus hydrométéorologiques (interception, transpiration, accumulation de neige, fonte, etc.) du à l'altération du budget énergétique. Par exemple, Askin et Dragunas (1995) ont observé une relation inverse entre l'accumulation de neige et le taux de rétention sur les aires de traitement du site MASS. Plus il y avait de couvert moins il y avait d'accumulations de neige.

La rétention variable réduit l'érosion en maintenant un treillis racinaire qui maintient en place le sol minéral et organique.

La productivité de l'écosystème peut aussi être améliorée par l'utilisation de la rétention variable. En effet, en retenant des arbres vivants et morts, ainsi que des débris ligneux grossiers, qui constituent des refuges importants (inoculae) pour les champignons micorhizateurs et pour les bactéries fixatrices d'azote (voir Freedman *et al.* 1996).

2.1.1 Considérations sociales

La rétention variable peut aussi procurer, sans qu'ils soient explicitement désirés, certains bénéfices sociaux. Parmi ceux-ci on note la perception par le public des activités de récolte forestière du point de vue de l'esthétisme et de l'intendance des forêts et la valorisation et la reconnaissance du travailleur forestier.

2.1.3.1 Perception et esthétisme

La perception du public et l'aspect visuel des opérations forestières occupent aujourd'hui une place importante dans l'industrie qui se voit dans l'obligation de les intégrer dans ses stratégies d'aménagement. La rétention variable de la structure permet de répondre aux exigences du public quant à la valeur esthétique des forêts. On note effectivement une meilleure appréciation de l'ambiance forestière immédiate des coupes dans lesquelles la rétention variable a été effectuée. Il faut comprendre cependant que, pour certains, le fait de laisser des arbres morts et des débris ligneux grossiers sur le parterre de coupe peut être vu comme de la mauvaise intendance. Le rôle de l'éducation du public vis-à-vis les différentes activités de la foresterie est important. La rétention variable n'y échappe pas.

2.1.3.2 Valorisation des travailleurs

La valorisation et la responsabilisation de la main d'œuvre peuvent également prendre avantage d'une telle approche. En effet, les expériences de mise en œuvre des systèmes de rétention variable soulevées permettent de reconnaître l'importance de tenir compte de l'expérience des travailleurs dans la planification et la réalisation de ceux-ci. Les travailleurs y retrouvent une reconnaissance de leur expertise dans leur capacité à juger des situations adéquates. Un système corporatif de reconnaissance incite aussi ces

travailleurs à faire preuve de professionnalisme (Anonyme, 2000 *b*). Ces nouvelles pratiques forcent donc la collaboration entre les différents intervenants, tant à l'interne entre l'aménagiste, le sylviculteur et le travailleur forestier, qu'avec les autres utilisateurs du milieu forestier (Beese *et al.* s.d. *b*, Washington State Department of Natural Resources 1992, Phillips 1995, Clayoquot Sound Scientific Panel 1995, Bennett et Gilpin 1996).

Puisque l'approche par rétention variable des structures offre une grande flexibilité dans son application elle procure également l'opportunité à l'aménagiste, le sylviculteur et le travailleur forestier d'être innovateur dans ses décisions et d'ajuster les prescriptions selon les objectifs spécifiques établis et selon les caractéristiques naturelles qui peuvent être uniques à certains milieux.

2.1.3.3 Risques pour les travailleurs

Le fait de maintenir des structures debout, dont certaines sont décadentes, occasionne des risques accrus pour les travailleurs pendant l'exploitation et au moment venu d'effectuer des travaux d'éducation de peuplement dans les jeunes stades de développement.

2.1.1 Considérations économiques

L'utilisation de la rétention variable peut avoir des répercussions économiques importantes quant à la réduction du volume de bois récolté, sur la faisabilité opérationnelle des traitements subséquents, sur la régénération des essences forestières et sur les risques associés aux feux de forêts et aux épidémies d'insectes et de maladies.

2.1.4.1 Effet sur la possibilité (réduction et pertes)

Certaines inquiétudes émergent concernant la réduction des volumes en matière ligneuse par la rétention d'une partie de la récolte sur les parterres de coupe. Les informations obtenues par des modèles de prédiction dans l'étude de Hansen *et al.* (1995) démontrèrent des réductions importantes de la production de la matière ligneuse avec l'augmentation des taux de rétention et l'âge de la révolution. Or, la valeur nette des produits ligneux ne diminua pas aussi rapidement avec le taux de rétention et ne différait pas tant entre les âges de rotation à cause de la valeur élevée des larges grumes.

La rétention d'arbres vivants et d'une strate forestière en sous-étage va créer de l'ombrage et une compétition pour les ressources (humidité, azote) (Mitchell et Arnott 1995) qui aura comme effet de réduire les taux de croissance. La croissance en hauteur et en diamètre des semis de *Abies amabilis* et de *Tsuga heterophylla* était significativement moindre dans la coupe progressive que dans les petites assiettes de coupes dispersées et la coupe avec rétention d'arbres verts dans le projet MASS (Koppenaar *et al.* 1995). Les auteurs ont associé ceci à l'ombrage plus important dans la coupe progressive.

Certains auteurs ont proposé l'éclairci des espèces en sous-étage dans les bouquets ou îlots retenus pour réduire les pertes de croissance (Zenner *et al.* 1998). D'autres, plutôt la plantation et la régénération naturelle pour atteindre une composition variable et diversifiée dans les peuplements avec rétention variable (Beese *et al.* s.d. *a*).

2.1.4.2 Effet sur la régénération

En plus du potentiel de refuge des groupes d'arbres retenus il peut aussi y avoir une valeur économique associée à la rétention de petits groupes ou d'arbres individuels, dispersée à travers les blocs. Les arbres résiduels vivants marchands de bonne qualité augmentent la capacité d'ensemencement naturel du milieu et préservent aussi sa diversité génétique.

Il existe aussi des bénéfices économiques liés à la préservation des tiges de qualité inférieure sur le site de coupe. La récolte des tiges de petit diamètre en forêt boréale surannée par exemple, nécessite beaucoup de manipulation et apporte peu de bénéfices économiques (Riopel *et al.* 2000, Bégin et Riopel 2001). Avec l'utilisation de la coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) proposée par les chercheurs on entrevoit de grands bénéfices économiques dont : une réduction des coûts d'éducation associés aux peuplements réguliers, l'augmentation de la dimension moyenne des arbres, la diminution de la récolte des petits bois, une productivité forestière accrue, une diminution de la révolution future et de combler de plus, les ruptures de stock prévues dans les 30-50 ans. On reconnaît par contre la sous-utilisation immédiate d'une partie de la matière ligneuse et également la possibilité de pertes futures par chablis (Bégin et Riopel 2001).

La condition et le taux de survie de la régénération préétablie après exploitation avec protection de la régénération (Harvest with Advanced Regeneration Protection, HARP), technique similaire à la CPPTM, est très bonne dans la forêt modèle du Lac Abitibi. Les tiges de régénération préétablie répondent typiquement au dégagement après 5 à 10 ans et produisent de bons volumes dans des révolutions raccourcies (Parton et Tallman en préparation).

La composition des peuplements peut également être modifiée par cette approche. Comparativement aux coupes à blanc, les peuplements avec des quantités relativement importantes de couvert peuvent être associés à des densités relatives plus élevées d'essences tolérantes à l'ombre. En effet, l'abondance et la diversité des espèces des forêts intérieures augmenteront avec la proportion d'arbres retenus (surtout en bouquets) à cause de l'ombrage créé, de la réduction de la perturbation du sol et de la végétation en sous-étage. Inversement, l'abondance et la diversité des espèces pionnières devraient diminuer avec l'augmentation d'arbres retenus.

La composition des espèces était fortement liée au taux de rétention et l'âge de la révolution dans l'étude de Hansen *et al.* (1995). Le Douglas vert (*Pseudotsuga menziesii*), espèce intolérante, perdit sa position de dominance face aux essences plus tolérantes sous des taux de rétention intermédiaires et de plus longues révolutions.

Rose et Muir (1997) ont utilisé une approche rétrospective sur ce sujet en utilisant une perturbation ancienne comme analogue à la rétention d'arbres après coupe. À partir des données d'inventaire du USDA pour les Cascades Mountains de l'Oregon et du sud-ouest de Washington (zone de la pruche de l'ouest), les auteurs ont sélectionné une série de peuplements non aménagés (cohortes de 70-110 ans avec et sans couvert d'arbres âgés de

≥ 200 ans) pour représenter des coupes à blanc et des coupes avec rétention d'arbres verts. La densité des rémanents était négativement corrélée aux espèces intolérantes en régénération. La surface terrière occupée par la régénération avait tendance à décliner avec des quantités plus élevées en densité rémanente mais seulement après que celles-ci atteignent environs 15 arbres/hectare. La majorité de ce déclin provient de la réduction de la régénération du Douglas vert (*Pseudotsuga menziesii*).

2.1.4.3 Risques associés au chablis, à la propagation du feu et d'épidémies insectes/maladies

L'approche par rétention variable des structures peut permettre de contrôler les infestations, si cet élément est pris en compte lors de la désignation des arbres à retenir sur les parterres après coupe. Par exemple, Bégin et Riopel (2001) soutiennent que la coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) permettrait de diminuer la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse des bourgeons d'épinette en diminuant la proportion de la surface terrière du sapin baumier.

La présence de Faux-guis sur la pruche de l'ouest dans le site du projet MASS avait préalablement été déterminée (Nevill et Wood 1995). Le contrôle de ces infestations a jusqu'à maintenant été réussi particulièrement dans les blocs de coupe avec rétention d'arbres verts. Beese et Bryant (1999) soutiennent que l'incidence de Faux-guis a été réduit de 18 % du peuplement original à 6 % dans la coupe progressive et à 3 % avec la rétention d'arbres verts grâce à une désignation adéquate des arbres maintenus.

Cependant, les difficultés opérationnelles (passage des machines limité, inexpérience des travailleurs) liées à cette approche peuvent causer des blessures aux arbres comparativement aux méthodes conventionnelles. En contrepartie ces blessures peuvent devenir des nids d'infestation.

Le chablis des arbres résiduels, parfois désirable dans une perspective écosystémique, peut aussi entraîner la perte de revenus anticipés. Beese et Bryant (1999) soulignent la perte de 25 % des arbres résiduels au chablis (6 tiges/ha -1) par la coupe avec rétention d'arbres verts et la coupe progressive en perdit 5 % (11 tiges/ha-1), trois ans après les traitements dans la forêt montagnarde côtière de la Colombie Britannique.

Après 2 saisons de croissance des taux de chablis entre 9 et 30 % des tiges marchandes protégées ont été observés (Bégin et Riopel 2001). Or, dans la plupart des blocs les pertes sont acceptables (2-4 m³/ha ; 10-20 % des tiges) et ne remettent pas en question la rétention des tiges de 14 cm de dhp. Par contre, des pertes allant jusqu'à 9 m³/ha ont aussi été observées (Bégin et Riopel 2001). Des études supplémentaires sont actuellement en cours et permettront de mieux évaluer l'importance de ces pertes.

Le bois mort et les débris ligneux retenus dans les parterres de coupe tels que préconisés par la rétention variable augmentent vraisemblablement les risques associés au feu. Or, aucun article n'a, démontré l'augmentation de ces risques par l'emploi directe de cette approche.

2.1.4.4 Coûts des traitements

Les régimes de rétention variable doivent aussi, comme tout autre régime sylvicole promouvoir la régénération du peuplement qui succède pour permettre de rencontrer les taux de récolte planifiés. Or, les systèmes de rétention peuvent amener parfois des difficultés pour l'aménagement des peuplements subséquents (Franklin *et al.* 1997). On leur reproche principalement d'interférer avec les techniques d'épandage aérien lors de l'utilisation de fertilisants, de pesticides ou d'herbicides.

Cependant, les coûts liés à ces traitements subséquents peuvent être réduits à cause de la plus grande capacité d'ensemencement et du pont créé entre l'ancien peuplement et le suivant que l'approche par rétention variable procure. Tel est le cas entre autres, de plusieurs peuplements exploités sous des régimes de protection des petites tiges marchandes (CPPTM) ou la protection de la régénération (HARP) (Bégin et Riopel 2001, Parton et Tallman en préparation). La compagnie Abitibi-Consolidated de l'Ontario estime que 70 % des peuplements exploités avec ces systèmes peuvent être régénérés naturellement et que seulement 30 % d'entre eux requièrent une régénération artificielle. Ce ratio est inversé avec la coupe à blanc (Arnup *et al.* 1988, Ressources naturelles Canada, s.d.). De plus, rares sont ceux qui nécessitent un traitement à l'herbicide (Parton et Tallman en préparation).

2.2 Techniques de rétention

2.2.1 Éléments de rétention

Une grande variété de structures peut être laissée derrière en fonction des objectifs d'aménagement. Comme nous l'avons vu plus haut, celles-ci peuvent inclure de gros arbres vivants, décadents ou moribonds, des arbres morts (chicots) à différents stades de décomposition, des débris ligneux grossiers, des îlots de végétation de sous-étage (buissons, herbes et mousses).

2.2.1.1 Arbres vivants

Les arbres vivants, décadents de gros diamètre sont des éléments de structures importants à considérer car ils fournissent des habitats pour plusieurs organismes qui autrement seraient absents (Franklin 1997). Ces arbres constituent également une source de chicots et de débris ligneux pour l'avenir. En effet, retenir des chicots sur les parterres de coupe est important mais il est d'autant plus important d'en assurer le recrutement dans l'avenir (British Columbia Ministry of Forests 1995). La gestion des arbres décadents ou moribonds est donc essentielle à ce point de vue.

Le choix des arbres à retenir doit tenir compte des besoins de conservation pour la biodiversité et des objectifs d'aménagement. Les différentes caractéristiques des arbres présentant des cavités répondent de multiples façons aux besoins de la faune qui en est dépendante. Les caractéristiques mêmes de la cavité (dimensions, profondeur, type, orientation), l'espèce (propension à faire des cavités, résistance au feu), stade de sénescence de l'arbre, la taille de l'arbre, (le nombre et la taille des cavités varient en fonction du diamètre) sont tous des éléments à considérer au moment de choisir quels arbres retenir (Gibbons et Lindenmayer 1996).

Selon Hunter et Seymour (1992), les arbres devraient être longévifs afin qu'ils assurent une diversité structurale à long terme, au-delà si possible de deux décennies après exploitation. Les arbres retenus devraient fournir aussi peu de compétition directe que possible au peuplement en développement. Ainsi, la valeur économique et le volume de tels arbres continueraient à croître et pourvoiraient ainsi une motivation financière pour l'exploitation future.

On peut favoriser des arbres vivants au détriment des arbres morts pour des raisons de sécurité en raison d'une meilleure stabilité (Washington State Department of Natural Resources 1992). Dans ce cas, on donnera des directives plus spécifiques quant aux arbres à choisir. Le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario par exemple favorise dans ses directives pour l'approvisionnement d'habitats pour le grand pic les arbres à cavité vivants plutôt que des arbres morts pour ces raisons (Ontario Ministry of Natural Resources 1996).

Beese *et al.* (s.d. a) soulignent l'importance de préserver également des arbres marchands (essence et diamètre) de bonne qualité afin d'éviter les impacts sur la santé et le potentiel génétique du peuplement en régénération; les dangers d'une telle pratique sont comparés à ceux de l'écroulement.

2.1.1.2 Arbres morts sur pied (chicots)

Les arbres morts à différents stades de décomposition, souvent absents après les coupes conventionnelles, constituent d'importants sites d'abri, de reproduction et d'alimentation pour plusieurs espèces animales (voir revue de littérature de Darveau et Desrochers 2001). De plus, le recrutement en débris ligneux dépend fortement de l'abondance en chicots. Le « Biodiversity Guidebook » souligne qu'approvisionner les forêts aménagées en chicots est en soit la pratique la plus importante en ce qui attrait au maintien de la biodiversité (British Columbia Ministry of Forests 1995).

Afin d'optimiser la diversité et la densité des oiseaux et donc répondre à la variabilité des besoins requis par ceux-ci, l'ensemble des chicots retenus devrait représenter un éventail de tailles et de stades de décomposition. Schreiber et deCalesta (1992) ont examiné les relations entre les oiseaux dépendant des cavités et la densité et les caractéristiques des chicots en Oregon. Ils sont venus à la conclusion que pour être en mesure de fournir des conditions acceptables d'arbres de cavités pour satisfaire l'ensemble des oiseaux qui en sont dépendants pour cette région, les aménagistes forestiers devraient prévoir au minimum 14 chicots entre 28 et 128 cm de diamètre à hauteur poitrine par hectare, variants entre 6.4 à 25 mètres de hauteur et être couvert d'au minimum 10 % à 40 % d'écorce. De plus, ils soulignent que la majorité d'entre eux devraient se situer dans des stades de dureté de 3 et 4.

Lorsque le recrutement en chicot est déficient, il est possible également de créer des chicots en coupant les arbres de manière à laisser une bonne hauteur de souche lors de l'utilisation d'une abatteuses (British Columbia Ministry of Forests 1995).

La répartition spatiale des chicots a aussi son importance. Hunter (1990) estime que la proportion d'arbres morts sur pied représente en moyenne de 5 à 10 % des arbres d'une forêt mais celle-ci peut varier de 0 à 100 % localement. Une distribution spatiale hétérogène devient donc une caractéristique importante à considérer.

2.1.1.3 Débris ligneux

Les débris ligneux sont également d'importantes composantes pour l'habitat d'une multitude d'espèces. Les billots en décomposition sur le sol forestier procurent couvert, microclimats adéquats et sites de reproduction. Ils peuvent prendre le rôle de refuge pour certains organismes lors du passage du feu. Dans les forêts de la région des Grands Lacs, les débris ligneux constituent un abri pour un tiers de toutes les espèces vertébrées qui y sont présents (Naylor *et al.* 1996). Ces éléments jouent aussi des rôles importants dans l'approvisionnement d'habitats pour les écosystèmes aquatiques. Ils influencent les processus géomorphologiques telles l'érosion et la rétention des sédiments (Franklin *et al.* 1997).

Les débris ligneux et rebuts provenant de coupes peuvent être laissés sur les parterres afin de fournir ces éléments à la forêt. Plusieurs moyens ont été mis de l'avant afin de procurer au site une quantité suffisante de débris ligneux. L'exploitation en longueur et l'utilisation d'équipement et techniques de préparation de site qui n'endommagent ou

n'écrasent pas les débris au sol sont des moyens favorisés (Naylor *et al.* 1996). Les débris ligneux de grande taille sont parfois favorisés pour la rétention car ils procurent une longévité accrue (British Columbia Ministry of Forests 1995). Les chicots retenus pourront également assurer un apport constant de débris ligneux sur le site.

2.1.1.4 Autres : buissons/fourrés, sous-végétation, sol intact

Ces éléments sont traités ensemble car très peu de prescriptions sylvicoles y font directement référence. En effet, ce sont des éléments qui peuvent être gardés sur les aires de coupes mais par l'intermédiaire des arbres (vivants ou morts) retenus en bouquets. On réfère aussi indirectement à la rétention de ces aspects. Un bon exemple est le Clayoquot Sound Scientific Panel (1995) où on recommande la rétention de zones intactes, *c.-à-d.* « no work zones ».

Ces éléments restent importants dans le maintien des écosystèmes. En effet, les espèces en sous-étage comprenant mousses, herbes et buissons constituent des éléments structuraux cruciaux qui nécessitent de longues périodes de temps pour se rétablir une fois éliminées par la coupe (Halpern et Spies 1995 *dans* Franklin *et al.* 1997).

La variabilité structurale créée par la rétention de ceux-ci favorise plus de diversité d'habitats et de conditions microclimatiques que les peuplements homogènes. La préservation de plusieurs étages forestiers peut être requise pour satisfaire les exigences de certains mammifères tel le cerf par exemple. Le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario (Voight *et al.* 1997) donne des directives sur le couvert à maintenir pour satisfaire les besoins du cerf, *c.-à-d.* un peuplement résiduel l'hiver devrait fournir une fermeture de couvert de 80 %. Certaines associations entre le couvert et les espèces en sous étage sont soulignées et des directives sont également données à cet effet.

L'aménagement des sols a en soit un effet majeur sur les caractéristiques culturelles et la biodiversité à l'intérieur des peuplements. La structure du sol, son spectre nutritif, son contenu en matière organique, la rétention d'eau et le drainage, et le pH jouent tous un rôle majeur dans le dynamisme de la végétation. Le maintien d'un éventail de conditions et types de sol s'avère donc un pré requis pour le développement et le maintien d'une faune et d'une flore diversifiée (British Columbia Ministry of Forests 1995).

2.1.2 Distribution spatiale des éléments

Les aménagistes peuvent accomplir la rétention de multiples façons en variant la densité et la distribution des éléments structuraux retenus. Ils peuvent les distribuer de manière uniforme et donc faire une rétention dispersée, ou regrouper les structures sur le parterre en utilisant la rétention en bouquets (Figure 2).



Figure 2 : Système d'exploitation par rétention dispersée et en bouquets sur l'Isle de Vancouver en Colombie Britannique (Source: Beese *et al.* s.d. a) .

Malgré le fait que la rétention dispersée et en bouquets soient toutes deux conçues afin de maintenir la complexité et la diversité structurale des écosystèmes chacune d'elle a ses propres avantages et des inconvénients écologiques car elle agit différemment sur le site et donc a ses propres applications spécifiques (Tableau 1).

Cependant, des bénéfices additionnels peuvent découler de la combinaison des deux approches particulièrement en ce qui attrait au maintien de la connectivité dans le paysage. D'un côté, la rétention des bouquets peut représenter des îlots de structure diverse, des habitats au climat modéré tandis que la rétention dispersée peut servir de chemins d'accès (« stepping stones ») entre celles-ci. De plus, la qualité visuelle peut parfois être mieux servie de cette façon (Mitchell 2001).

2.1.3 La rétention dispersée : avantages et inconvénients

Le grand avantage de la rétention dispersée est qu'elle procure une complexité structurale partout à travers le site (Barg et Hanley 2001). La rétention dispersée assure qu'une grande portion de l'aire de coupe sera influencée par la plus petite quantité d'arbres survivants. Aussi peu que 5-10 % des arbres dispersés en travers la surface de l'aire de coupe influencent environ 100 % du milieu à un certain degré. C'est parfois ce qui est recherché (ex. abri pour l'établissement des semis). Cependant, la rétention dispersée a aussi tendance à disperser les impacts de l'exploitation à travers le peuplement ce qui protège très peu la végétation en sous-étage lors de la coupe. (Clayoquot Scientific Sound Panel 1995).

La rétention dispersée est plus appropriée lorsque les objectifs écologiques demandent que les structures soient bien distribuées. Cela peut être le cas lorsqu'on cherche à assurer l'approvisionnement en débris ligneux grossiers par exemple sur l'ensemble du parterre de coupe.

Tableau 1 : Les différences entre la rétention dispersée et la rétention en bouquets.
Source : Franklin *et al.* (1997), p. 122.

Objectif de l'unité de coupe	Patron de rétention	
	Dispersée	En bouquets
Modification du microclimat	Inférieure mais généralisée sur le parterre de coupe	Supérieure mais localisée sur des portions du parterre de coupe
Influence sur les processus hydrogéologiques	Inférieure mais généralisée sur le parterre de coupe	Supérieure mais localisée sur des portions du parterre de coupe
Maintien de la force racinaire	Inférieure mais généralisée sur le parterre de coupe	Supérieure mais localisée sur des portions du parterre de coupe
Préservation de la diversité des tailles des arbres, espèces, composition	Faible probabilité	Forte probabilité
Préservation des arbres de gros diamètre	Plus d'emphase	Moins d'emphase
Maintien de strates multiples	Faible probabilité	Forte probabilité
Maintien de chicots	Difficile, particulièrement pour les chicots pourris	Réussi même pour les chicots pourris
Maintien des secteurs de sols non perturbés et des communautés en sous-étage intacts	Possibilités limitées	Oui, peut être aussi extensifs que les bouquets
Préservation des îlots d'habitats structurellement intacts	Impossible	Possible
Source distribuée de débris ligneux (chicots et grumes)	Oui	Non
Maintien des organismes et les processus sous la surface du sol.	Oui	Non
Capacité portante pour les espèces logeant dans les chicots et /ou les grumes.	Plus	Moins
Risque de chablis pour les arbres résiduels.	Résistance moyenne supérieure (dominants résistants) mais arbres isolés	Résistance moyenne inférieure mais les arbres regroupés offrent un support mutuel
Flexibilité pour l'aménagement des jeunes peuplements.	Moins	Plus
Coûts d'exploitation	Augmentation supérieure vis-à-vis la coupe à blanc	Augmentation moindre vis à vis la coupe à blanc
Problèmes liés à la sécurité	Plus	Moins
Impacts sur la croissance des peuplements qui se régénèrent	Supérieurs, généralisés sur le parterre de coupe	Inférieurs, les impacts sont localisés

Il est possible cependant, que la rétention dispersée ait un impact économique négatif plus important que la rétention par bouquet à cause des effets engendrés par ces systèmes sur la croissance générale des peuplements en régénération et la réduction subséquente de la possibilité forestière (Franklin *et al.* 1997).

2.1.4 La rétention en bouquets : avantages et inconvénients

À l'inverse de la rétention dispersée, la rétention en bouquets offre l'opportunité de maintenir une plus grande variété d'éléments structuraux et donc à plus de composantes

forestières de rester sur place (strates multiples, végétation en en sous-étage, sol, etc.) (Franklin *et al.* 1997, Barg et Henley 2001).

Les bouquets offrent plus facilement l'opportunité de pratiquer une sylviculture équiennne d'interventions multiples sur les parterres de coupe tout en préservant des îlots de tous âges en groupes (Clayoquot Scientific Sound Panel 1995 Beese and Bryant 1999 dans Beese et al s.d. a).

Des îlots de forêts non perturbés avec la végétation en sous-étage et un sol intact sont particulièrement utiles pour la rétention sécuritaire de chicots et d'arbres instables à l'intérieur d'un parterre de coupe et sont importants pour le maintien de la biodiversité (Clayoquot Scientific Sound Panel 1995).

Ce type de rétention peut aussi être favorisé pour éviter ou du moins limiter les risques de chablis en offrant une meilleure résistance aux vents violents. En effet, si les espèces sur le peuplement à traiter sont particulièrement sujettes au chablis (ex : feuillus par opposition aux résineux, racines peu profondes), il peut être astucieux d'utiliser une rétention en bouquets de configuration et orientation résistante (Hunter et Seymour 1992). Lorsqu'il s'agit de contrecarrer les effets du chablis, les industries évaluées optent effectivement pour la rétention par bouquets (Beese *et al.* s.d. a). Les patrons laissés par le chablis à l'intérieur des îlots résiduels étudiés par Burton (s.d.) supposent qu'il est préférable de disposer les bouquets de rétention de manière elliptique ou en forme de larme et de situer l'axe le plus long dans la direction habituelle des vents afin de minimiser les pertes dues au chablis.

La sécurité reste un élément primordial dans n'importe quel système sylvicole. Il est nettement plus facile d'aborder les questions de sécurité en utilisant la rétention en bouquets (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995, Beese *et al.* s.d. b).

Beese *et al.* (s.d. b). soulignent également que la rétention en bouquets facilite le débardage, particulièrement celui des systèmes par câble car cela réduit le nombre de changement de routes à prendre pour circuler autour des arbres retenus.

La rétention par bouquets peut éliminer essentiellement les problèmes liés à la difficulté de réaliser des traitements subséquents. En effet, puisqu'il est possible d'aménager plus facilement entre les bouquets (Franklin *et al.* 1997). Dans de telles circonstances la distribution des bouquets devrait éviter autant que possible les corridors aériens.

3 Comparaison géographique de la pratique de la rétention variable

Les prescriptions sylvicoles de rétention variable doivent aborder trois questions importantes : quelles sont les structures à retenir, combien faut-il en retenir et quelle distribution spatiale utiliser (Franklin *et al.* 1997). Le choix de l'approche doit reposer sur les caractéristiques spécifiques du peuplement et de la façon dont le bloc de coupe contribue aux objectifs d'aménagement à l'échelle du paysage (Beese *et al.* s.d. a). Les objectifs pour le site dictent le nombre d'arbres à retenir. Ces prescriptions doivent aussi tenir compte et intégrer une variété de facteurs tels : la sécurité, les valeurs écologiques, les risques de chablis, de feu, la présence d'infestations et de maladies, la sylviculture, la faisabilité opérationnelle, la faisabilité économique et l'esthétisme visuel. La période de l'année ou saison peut également jouer un rôle dans les régimes sylvicoles prescrits. En effet, pour le cerf, par exemple, dans les secteurs forestiers de l'Ontario, il est important de distinguer entre les besoins de l'habitat pour chaque saison (Voight *et al.* 1997).

Plusieurs documents gouvernementaux et industriels traitent de mesures de rétention et produisent des consignes à cet égard. Cette section donne une description, par région, de la documentation recensée sur le sujet et dans laquelle on a établi des recommandations, directives ou mesures qui devraient être prises en compte lors d'interventions forestières. Pour chacun d'eux on tentera de faire ressortir quels éléments sont retenus (selon l'objectif), la qualité de ceux-ci, leur quantité et leur distribution à l'intérieur d'un peuplement donné.

3.1 Colombie britannique

3.1.1 Biodiversity Guidebook

Le « Biodiversity Guidebook » (British Columbia Ministry of Forests 1995) offre des lignes de conduites à suivre afin de mettre en application les différentes options permettant d'atteindre les objectifs de biodiversité à l'échelle du paysage et du peuplement.

Le document suggère en premier lieu d'accorder une « emphase » de biodiversité à chacune des sections ou unités du paysage préalablement déterminées selon les objectifs ou les priorités pour le secteur donné. Par la suite, les objectifs pour le maintien de la biodiversité à l'intérieur de ces unités doivent être établis.

Pour ce, il importe d'utiliser le patron de perturbations naturelles typique pour la région dans laquelle les unités se retrouvent. Les objectifs sont donc déterminés à partir de ce qui est normalement rencontré lors d'une perturbation naturelle et ce, pour les différentes caractéristiques dont la structure à l'intérieur des peuplements. Le guide prévoit donc des directives concernant le choix des structures à retenir dans les peuplements.

La quantité de rétention à appliquer doit s'appuyer sur la proportion qu'occupe chaque sous zone biogéoclimatique dans la partie exploitable de l'unité du paysage et le degré d'interventions qui ont lieu dans le passé. Plus la proportion de la région exploitable est élevée dans un paysage ou plus les interventions réalisées ont réduit l'abondance des arbres pour la faune plus la quantité de rétention requise est importante.

Les bons candidats pour la rétention (toujours dans un objectif de biodiversité) sont préférablement morts (sujets à des consignes de sécurité) et procurent des habitats spéciaux pour la faune, ils sont vieux ou de diamètre important (diamètre se situant dans les 10 % supérieurs). Les candidats choisis devraient être représentatifs du peuplement. On soulève que la rétention des arbres devrait s'appuyer sur une évaluation de la valeur de ceux-ci et des besoins du bloc de coupe ou des blocs adjacents avant qu'ait lieu toute activité ainsi que sur les activités liées à la préservation de ces valeurs.

La taille des îlots augmente avec la taille des blocs de coupes. Les îlots résiduels devraient être centrés autour des arbres les plus appropriés et distribués à travers le bloc de coupe, avec des distances entre les îlots ne dépassant pas 500 m. La distribution de ceux-ci doit être faite de manière à minimiser les risques de chablis.

3.1.2 Clayoquot Sound Scientific Panel (1995) :

À partir d'une revue des pratiques forestières standards au Clayoquot Sound, de la description des caractéristiques physiques, traits écologiques et les valeurs humaines associées à la région et les principes d'aménagement écosystémique, le groupe d'experts du Clayoquot Sound a établi des recommandations face aux changements à apporter pour réussir une gestion écosystémique dans la région.

On recommande trois échelles de planification : subrégionale, bassin hydrogéographique, et peuplement. La planification recommandée est basée sur les zones plutôt que sur le volume, changement qui est essentiel pour la réussite d'un aménagement écosystémique.

La procédure de planification identifie le secteur dans le bassin hydrographique disponible pour la production de matière ligneuse, spécifie des taux (pourcentage du secteur par année) pour lesquels le bassin peut être exploité, et identifie les endroits où l'exploitation peut avoir lieu. Avant d'élaborer le tracé des secteurs de coupe et la planification subséquente d'activités forestières spécifiques, on désigne des réserves à l'échelle du bassin à partir de critères biologiques et physiques vraisemblables. Le volume de matière ligneuse disponible pour la coupe chaque année à l'intérieur du bassin hydrographique est déterminé dans la procédure de planification et dépend des caractéristiques du milieu disponible pour l'exploitation.

Le groupe d'experts recommande aussi des changements au niveau de la mise en oeuvre de l'exploitation forestière. On s'éloigne d'une stratégie qui se concentre sur les arbres à être retiré vers une qui se concentre sur les arbres à retenir. Ce changement s'insère à l'échelle du bassin hydrographique en délimitant des réserves afin de protéger l'intégrité des écosystèmes et les valeurs forestiers et est exécuté à travers l'échelle du peuplement (station) en spécifiant des arbres à retenir dans les unités de coupes individuelles.

On recommande de remplacer les régimes sylvicoles traditionnels dans les forêts du Clayoquot Sound par un régime sylvicole de rétention variable. Ce régime prévoit :

- la rétention permanente de structures forestières ou éléments de refuge (arbres moribonds de gros diamètre, ou groupes d'arbres, chicots et débris ligneux) et

- un éventail de taux de rétention

De manière plus précise on requiert, sur les unités dans lesquelles on retrouve d'importantes valeurs pour les ressources autres que la matière ligneuse (ex. ressources visuels, culturelles ou fauniques) ou la présence de milieux fragiles, de:

- retenir au moins 70 % de la forêt dans une distribution relativement uniforme
- limiter la taille des ouvertures à 0.3 ha ou moins lorsque la récolte a lieu dans de petits îlots
- garder au moins quelques vieux arbres mourants de gros diamètre; chicots, de débris ligneux d'une extrémité à l'autre de la forêt, mais pas nécessairement dans les assiettes de coupe
- désigner et préserver un minimum de 15 % de l'unité de coupe intacte (no work zones) avant que toute récolte ait lieu

Autrement, sur les unités de coupes dans lesquelles on ne retrouve pas de valeurs écologiques ou autres particulières (mis à part la matière ligneuse), ou dans lesquelles on ne retrouve pas d'habitats ou d'endroits fragiles on recommande de :

- retenir au moins 15 % de la forêt
- retenir la plupart des éléments sous forme de bouquets de 0.1 à 1.0 ha bien distribués à travers le parterre de coupe
- s'assurer que les groupes représentent bien les conditions forestières présentes dans l'unité de coupe (i.e. ils ne devraient pas être localisés uniquement dans des portions moins productives du parterre de coupe).
- garder des zones (bouquets) intactes comme des « no-work zones »
- Peu importe le niveau de rétention, s'assurer qu'aucun endroit dans une ouverture n'est plus grand que 2 hauteurs d'arbres de la lisière d'un bouquet ou peuplement
- sélectionner à l'intérieur du parterre de coupe, les arbres dominants les plus résistants au chablis lorsqu'on emploie la rétention dispersée

Le groupe recommande également de façonner les prescriptions pour la rétention selon les caractéristiques du site, les conditions topographiques et d'autres ressources de valeur sur l'unité de travail en ;

- gardant un modèle représentatif des espèces et des structures du peuplement original

- sélectionnant des structures spécifiques et des îlots afin qu'ils répondent aux objectifs écologiques (par exemple : fournir habitat pour les espèces dépendantes des cavités)
- sélectionnant des îlots résiduels de façon à protéger les caractéristiques culturelles importantes, les sites récréatifs, traits esthétiques
- déterminant les quantités appropriées de rétention en s'appuyant sur la sensibilité écologique et valeurs forestières à l'intérieur de l'unité de travail.
- concevant la forme, la taille et la localisation des endroits à être exploités à l'intérieur d'une unité de coupe afin qu'elle se conforme à la topographie et aux objectifs d'aménagement visuel du paysage établis pour le secteur

On spécifie de plus, que le chablis ne devrait pas être récolté à l'intérieur des unités de rétention à moins que cela ne constitue une menace pour d'autres ressources de valeur. Les spécificités quant au type, à la quantité et la distribution spatiale des éléments retenus dépend des caractéristiques du site et des objectifs d'aménagement.

3.1.3 Iisaak Forest Resources

Les objectifs d'aménagement généraux de la compagnie Iisaak Forest Ressources pour les secteurs se situant dans les limites de Clayoquot Sound est de créer une opération forestière économiquement viable tout en appliquant une approche de planification écosystémique et en utilisant des systèmes sylvicoles de rétention variable (Iisaak Forest Resources 2002). Iisaak s'est engagé à intégrer l'ensemble des recommandations données par le group d'expert de Clayoquot Sound Scientific Panel dans son approche d'aménagement forestier. Les systèmes sylvicoles de rétention variable de cette compagnie utilisent un niveau de rétention de 15 % de la forêt. La compagnie soutient que cette approche lui a permis d'obtenir un taux de 75 % de rétention sur les 10 000 m³ exploités.

3.1.4 Weyerhaeuser coastal B.C

Weyerhaeuser coastal B.C a procédé à la mise sur pied de régimes sylvicoles par rétention variable (Beese *et al.* s.d. a). Les territoires de Weyerhaeuser ont été divisés en trois zones d'intendance : matière ligneuse (emphasis sur la production commerciale), habitat (emphasis sur la conservation d'une panoplie d'habitats fauniques par le maintien d'une variété de structures) et vieilles forêts (objectifs de préservation des vieilles forêts et de leurs espèces associées dans les paysages). Les trois zones ont chacune des objectifs différents de rétention à la fois à l'échelle du paysage et à celle du peuplement. Les directives de la compagnie déclarent que les groupes d'arbres retenus devraient avoir une taille supérieure à 0.25 ha et ne devraient pas se distancer de plus de quatre longueurs d'arbres. Les arbres individuels ou les groupes de plus petites tailles ne devraient pas être séparés par plus d'une longueur équivalente à deux arbres.

Le document ne donne pas de spécifications supplémentaires quant au nombre ou la qualité des structures réellement retenues dans les sites. On soutient par contre que le

choix de l'approche dépend des objectifs à l'échelle du peuplement et la façon dont ce dernier contribue aux objectifs fixés à l'échelle du paysage.

Le choix des structures à retenir est influencé par la présence d'éléments rares sur le site, le besoin d'assurer la représentativité adéquate ou les exigences de certaines espèces. Combien d'éléments retenir sera un compromis entre les valeurs écologiques, sociales et économiques et tient compte de la quantité de réserves à l'échelle du paysage, de l'historique des perturbations naturelles et des objectifs d'aménagement. Un minimum de 5 à 20 % de taux de rétention a été établi selon l'emphase donnée et les patrons de rétention dans les différentes zones à l'échelle du paysage. Weyerhaeuser coastal B.C met l'emphase sur la rétention par bouquets pour ses avantages écologiques et économiques.

3.1.5 International Forest Products Limited (Interfor) :

La compagnie Interfor a-t-elle aussi introduit, avec succès des nouvelles méthodes d'exploitation en utilisant une approche de rétention variable (International Forest Products Limited 2002). Pour l'année 2000, la compagnie Interfor aurait appliqué des pratiques de rétention variable à environ 42 % de ses secteurs exploités. Le site internet ne donne pas davantage d'informations et la compagnie ne possède cependant pas de rapports de recherche formels liés à l'implantation des systèmes de rétention variable. La compagnie commence seulement un projet de recherche sur la modélisation des effets d'implantation du système (Gerry Fraser, comm. pers.).

3.1.6 Tembec

La compagnie Tembec de cette province a réalisé un pamphlet pour les bûcherons afin qu'ils puissent reconnaître les caractéristiques importantes pour la faune et prendre les bonnes décisions quant aux structures à préserver (Anonyme, 2000 c).

La brochure suggère la préservation des chicots (lorsque possible), nids de branches (entourés d'autres arbres), salières et fondrières, balais de sorcière, monticules rocheux, débris ligneux (billots en décomposition intacts), vétérans, feuillus, de bouquets de sapins en sous-étage (individus de qualité), de régénération préétablie, milieux humides ou riverains non marqués). Les localisations proposées pour ces structures sont les dépressions humides et les coulées, milieux ripariens, monticules rocheux, pistes fauniques (gibier), autres sites d'utilisation évidente de la faune, et sites inopérables. En général les bouquets sont favorisés.

On accorde une forte importance à la variabilité. Il importe d'éviter la ressemblance entre les parterres de coupes et les bouquets doivent être de taille et de forme différente.

3.2 Alberta

3.2.1 Harvest Planning and Operating Ground Rules

Le document « Harvest Planning and Operating Ground Rules » de l'Alberta (Province of Alberta 1994), donne des directives pour le maintien de l'habitat de la faune vertébrée

terrestre et aquatique lors des opérations d'exploitation. Les recommandations suivantes représentent celles qui abordent la rétention d'éléments structuraux :

- Préserver au minimum huit arbres vivants ou moribonds par hectare à l'intérieur de chaque bloc de coupe partout où il est possible de le faire sans mettre la sécurité des travailleurs en danger. Cette mesure permettrait un recrutement continu en débris ligneux grossiers. On accorde une préférence aux arbres morts de gros diamètre et des arbres vivants d'essences non marchandes ainsi que la rétention dispersée.
- Laisser des piles de rebuts ligneux dans les blocs de coupe afin de procurer tanières et couverture pour les mammifères et les oiseaux.
- Préserver, autant que possible, le sous-étage forestier particulièrement lorsque celui-ci représente une forte valeur économique pour le futur.

On réfère également aux directives provinciales pour l'exploitation en zone de l'habitat du caribou.

3.2.2 Daishowa Marubeni International Ltd. (Alberta)

À la suite de consultations avec ses parties prenantes, la compagnie a identifié quelques grands objectifs telle la préservation : des processus écosystémiques, de la biodiversité, de la variabilité, de structures dans les peuplements, des forêts naturelles, du maintien des autres usages, des aspects sauvages et plusieurs autres (Anonyme s.d. b).

Une approche à l'échelle du peuplement permettait d'aborder certains des objectifs écologiques décrits (on ne spécifie pas lesquels). On décida qu'un certain nombre d'éléments devaient être légués et que si la compagnie laissait en moyenne 15 % de fibres marchandes après chacune de ses opérations forestières, tous les besoins à l'échelle du peuplement seraient rencontrés ; ceci, afin de fournir aux futurs peuplements arbres et îlots et un recrutement de débris ligneux. La disposition de ces fibres reste encore à déterminer. Le gouvernement albertain a approuvé ce plan.

Certaines directives très générales sur la distribution des éléments de structures ont été émises par la compagnie mais celles-ci n'ont toujours pas été approuvées.

On propose que la structure résiduelle, incluant les chicots, devra être représentative de la fibre marchande exploitée. Son nombre dans un bloc de coupe augmentera en principe, avec la taille de celui-ci. On favorise la rétention quasi égale d'îlots (160 m de diamètre) et de structure dispersée (individus, petits bouquets). Les îlots peuvent résider entièrement dans un bloc de coupe ou être situés de manière adjacente à celui-ci. L'emplacement des structures sera, en outre, déterminé dans l'objectif de faciliter les traitements de reforestation subséquents et permettre qu'ils soient réalisés en toute sécurité. La variabilité dans les éléments de structure pourra aussi permettre de procurer une barrière visuelle adéquate une fois les objectifs écologiques rencontrés.

3.2.3 Alberta-Pacific Forest Industries Inc.

La compagnie Alberta-Pacific dans son objectif d'aménagement écosystémique cherche à développer des stratégies sylvicoles qui permettent le maintien de la biodiversité (Anonyme, s.d. *a*). Ces stratégies reposent sur la dynamique des perturbations naturelles et de la compréhension de celles-ci. L'entreprise considère qu'un des aspects importants d'une approche écosystémique est la rétention de structures forestières à même les blocs de coupes. L'objectif est de créer des patrons de rétention qui se rapprochent autant que possible à ceux laissés à la suite du passage d'un feu.

Alberta-Pacific Forest Industries a conçu un manuel pour les opérateurs intitulé « An Operator's Guide to Stand Structure » (Anonyme, s.d. *a*). afin d'assurer que les exigences de structure à l'échelle du peuplement telles que définies à l'intérieur du plan d'aménagement (Detailed Forest Management Plan) soient rencontrées. L'objectif de ce guide est de permettre aux opérateurs de comprendre les raisons d'une telle approche et de fournir des lignes directrices relatives aux décisions liées à la façon dont un bloc de coupe devrait être structuré.

Les directives retrouvées dans ce document sont les suivantes :

- Garder en moyenne 8 arbres par hectare (diamètre marchand moyen), individuels ou en petits groupes de deux ou trois dans un éventail d'essences et classes d'âge.
- Garder en moyenne un bouquet par hectare de forme et de taille variable (± 16 m de diamètre), selon les caractéristiques milieu dans lequel il se retrouve ainsi que des arbres et des caractéristiques structurales à même le bouquet. Les bouquets excédant un hectare peuvent être maintenus dans de grands blocs de coupe.
- Localiser les bouquets sur les pentes abruptes, exposées au nord ou milieux humides, les terrains inopérables et dans trouées naturelles.
- Garder les îlots de végétation non marchande non perturbés
- Préserver tous les chicots à moins qu'ils soient localisés non loin d'une route (< 2 longueurs d'arbres) ou constituent un danger pour les travailleurs
- Choisir quelques résineux de gros diamètre (Épinette blanche résistante au chablis)
- Les bouquets devraient protéger les chicots, les résineux de diamètre important, les trouées naturelles ou des sites où on retrouve un sous-étage important.
- Les arbres dans lesquels on rencontre des nids visibles (faucons, écureuils, etc.) devraient aussi être laissés sur pied et être également situés au centre des bouquets.

Le document rappelle aux opérateurs que chaque bloc de coupe doit être différent. L'entreprise prévoit d'adapter les directives de ce manuel au fur et à mesure qu'elle acquerra de nouvelles connaissances.

3.2.4 Weyerhaeuser Alberta

Les directives écologiques développées par Weyerhaeuser Alberta en 1998 (Anonyme, s.d. c) ont été conçues dans une optique d'aménagement écosystémique tout comme le guide développé par Alberta-Pacific.. Ce document offre des stratégies, des cibles et des procédures pour tous les aires d'aménagement forestier de la province (*Grande Prairie/Grande Cache, Drayton Valley, Edson, Slave Lake*) permettant de créer une diversité écologique et résiduelle à l'intérieur des blocs de coupes, d'y protéger les milieux fragiles et des habitats fauniques à court et à long terme et de minimiser les pertes de nutriments de l'écosystème forestier. La compagnie considère qu'il importe avant toute chose de comprendre la stratégie d'aménagement principale d'un secteur donné et d'implanter des directives qui lui sont applicables. Un maximum de 3 % de volume marchand à l'intérieur des blocs de coupe doit être laissé sur place. Ce volume peut inclure les zones tampons, les sites ou milieux exceptionnels, la rétention de petits groupes d'arbres ou d'îlots plus importants.

Ces directives offrent des procédures pour six éléments de rétention : les chicots, les arbres vivants individuels ou en petits groupes (2 ou 3), les îlots d'arbres verts (groupes de ≥ 10 arbres) les débris ligneux grossiers, les milieux humides, les sites uniques ou exceptionnels.

Tous les chicots doivent être gardés sur pied. La sécurité constitue cependant une priorité et le document donne certaines consignes à ce sujet. Lorsque possible, les chicots peuvent être créés en écimant des arbres vivants à une hauteur d'environ 6 mètres.

Les arbres retenus en groupes (2 à 4 arbres), en îlots (≥ 10 arbres) ou de façon individuelle doivent être composés d'individus en sous-étage, d'arbres marchands ou non, et de gros conifères résistants au chablis. Les meilleurs choix pour la rétention d'arbre sont des sapins baumier, mélèzes ou des bouleaux, moribonds mais sécuritaires, arbres vétérans, arbres difformes, fauniques ou dont le branchage est important.

Les îlots retenus (groupes de ≥ 10 arbres) sont de taille et de forme variable selon les conditions du site et de la taille du bloc de coupe. Il devrait y avoir en moyenne un îlot d'arbres pour chaque 10 hectares exploités. Il importe de localiser quelques îlots 30-50 mètres de la bordure du bloc et d'éviter les zones absentes de rémanents de coupe (slash free) préétablies.

Les endroits préconisés pour la rétention sont les milieux riverains, fragiles, exceptionnels, pris en compte lors du design des aires de coupe et doivent rester non perturbés. Les secteurs inopérables et les sites protégés du vent constituent également des choix adéquats. Le document souligne l'importance de choisir des arbres résistants au chablis, déterminée selon l'exposition, la profondeur des racines, la résistance du sol et la forme de l'arbre.

À l'intérieur des peuplements résineux on préconise la rétention d'arbres marchands et non marchands en petits groupes de 3 ou 4 arbres (un groupe par hectare) plutôt que des individus uniques, à moins qu'ils soient des arbres vétérans ou fauniques résistants au vent. Les groupes retenus dans les peuplements mélangés doivent être composés de conifères et de feuillus. Au moins un arbre de diamètre supérieur à la moyenne devrait se retrouver dans ces groupes et ce pour tout type de peuplement.

La quantité de débris ligneux grossiers varie selon les aires de coupe. Les piles de débris et de broussailles construites devraient avoir une hauteur moyenne de 1-1.5 m et un diamètre d'environ 6 mètres. Il importe de laisser sur place les débris marchands et non marchands qui se retrouvent de façon naturelle sur les parterres de coupes. Un nombre minimal de 2 piles doivent se retrouver dans les 8 et 30 mètres de la bordure.

Les superviseurs ont la responsabilité de déterminer la localisation et le nombre de piles à retenir. Tout pâturage et les lieux aménagés pour des valeurs esthétiques doivent être évités.

3.2.5 Millar Western Forest Products Ltd.

Le site internet de cette entreprise (Millar Western Forest Products Ltd 2002) soutient que les techniques d'exploitation qu'elle utilise sont spécifiques aux sites, agencées à la saison et aux caractéristiques de la région et ont comme objectif de maximiser l'utilisation en minimisant les impacts sur l'environnement. Les pratiques actuelles s'appuient sur la connaissance des régimes de perturbations naturelles tels les feux de forêts résultant en des sites coupés de tailles et de formes variables. Des arbres, chicots et des débris ligneux sont laissés derrière en tant que structures écologiques afin de fournir un habitat pour la faune.

3.3 Manitoba

3.3.1 Guide des techniques d'exploitation menant à la régénération d'une forêt naturelle (*document préliminaire*)

Le document préliminaire explique de manière très générale, de quelle façon les opérateurs devraient intervenir dans un paysage et dans les parterres de coupe afin que les activités d'exploitation ressemblent autant que possible à une perturbation par le feu, normalement rencontrée dans la région est du Manitoba (Ehnes et Sidders 2002).

Pour y parvenir, on propose d'abord de situer dans le paysage les parterres de coupe là où un grand incendie serait actif en temps normal, et d'éviter toute activité à l'intérieur des zones qui sont habituellement épargnées par l'incendie.

Les auteurs suggèrent de retenir que certaines espèces sur le parterre de coupe, tel le pin gris et des épinettes noires dispersées et de couper l'ensemble restant de bois marchand, de répandre les rémanents et les cimes des arbres partout dans le parterre de coupe et d'empêcher que l'étage supérieur devienne composé d'essences non résistantes au feu. On propose également de laisser les chicots sur pied.

3.3.2 Louisiana-Pacific Canada Ltd

Les directives de rétention de la compagnie Louisiana Pacific prévoient le maintien de 8 à 12 arbres par hectare dans tout parterre de coupe supérieur à 10 hectares (Louisiana-Pacific Canada Ltd. 2001). La distribution spatiale des bouquets (forme principalement utilisée) est habituellement déterminée par le biologiste du district au stade de planification et par le personnel opérationnel dans la phase d'exploitation (Donna Gracia, comm., pers.). Ce dernier, à partir des directives de l'entreprise et des exigences provinciales maintient des structures autour des milieux particuliers (exemple : milieux humides, des pentes abruptes (>30%)). La distance qui sépare ces bouquets entre eux ou d'un autre milieu pouvant procurer un couvert pour la faune, ne doit pas dépasser 200 m.

Tous les chicots, lorsque possible, sont maintenus principalement où on en retrouve en forte concentration. Il importe de les incorporer à l'intérieur des bouquets dans le bloc de coupe. L'entreprise n'a pas établi de directives spécifiques vis-à-vis la rétention de débris ligneux grossiers mais requiert cependant que tout écimage des arbres exploités soit réalisé à la souche. Les débris de coupe sont disposés le long des routes internes du site exploité, afin de limiter l'accès à ceux-ci et minimiser la chasse, ainsi que prévenir les risques d'érosion et permettre le replanissement des nutriments du sol perdu lors de la coupe (Donna Gracia, comm. pers.).

3.4 Ontario

3.4.1 Forest management Guidelines for the Provision of the Pileated Woodpecker Habitat

En Ontario, on retrouve des directives spécifiques pour le grand pic (Naylor *et al.* 1996). Celles-ci ont été établies à partir d'études scientifiques et opinions d'experts. Ici, on donne des directives pour permettre aux aménagistes forestiers de tenir compte des besoins de refuge pour cette espèce.

À l'échelle du peuplement on recommande de garder un minimum de 6 arbres de cavité par hectare sur tous les blocs de coupe de jardinage, coupes progressives, coupes d'ensemencement et coupes à blanc.

Les arbres retenus (feuillus ou résineux) devraient être vivants surtout afin de réduire les risques pour les travailleurs. Ils doivent présenter des cavités, tous avoir un diamètre supérieur à 25 cm et au moins un d'entre eux un diamètre de plus de 40 cm. La rétention d'arbres morts (principalement ceux servant de perchoir) qui ne présentent pas un danger pour la sécurité des travailleurs est également encouragée.

On suggère une distribution relativement uniforme à travers le parterre de coupe et plutôt regroupée à l'hectare. Pour les sites qui devront recevoir des traitements sylvicoles supplémentaires on suggère de faire 2 groupes de 3 arbres de cavité par hectare ou un seul comprenant les six arbres.

On encourage aussi la rétention de débris ligneux, en laissant sur le sol les débris de coupe et rebuts sans valeur sur le site.

3.4.2 Forest Management Guidelines for the Provision of White-Tailed Deer Habitat

Les directives de ce guide permettent d'assurer le maintien ou la création d'une forêt dont la structure et la composition répondent aux besoins du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (Voigt *et al.* 1997).

Une fois que les aires de concentrations de cerfs saisonnières ont été prises en comptes à l'échelle du paysage, il importe de prévoir des strates arbustives adéquates pour la broute à l'échelle du peuplement. À l'intérieur des peuplements mélangés il est préférable de conserver tous les résineux sur les parterres de coupe au détriment des autres espèces.

Le guide précise que les houppiers produits lors de l'exploitation sont bénéfiques pour les cerfs. La récolte par arbres entiers devrait être réduite au minimum pour assurer une répartition dispersée des houppiers sur le parterre de coupe.

3.4.3 Forest Management guidelines for the Provision of Marten Habitat

Le Ministère des ressources naturelles de l'Ontario a également élaboré des directives d'aménagement pour assurer l'approvisionnement d'habitats convenables pour la martre à travers la forêt boréale ontarienne (Watt *et al.* 1996). Ces indications doivent être prises en considération lors de la préparation et de l'implantation des plans d'aménagement dans cette région.

Les régimes sylvicoles, dans les peuplements préalablement désignés comme étant adéquats pour la martre, doivent être modifiés afin que l'on retrouve au minimum 6 arbres morts ou moribonds par hectare dont deux ayant un dhp supérieur à 30 cm. Les pratiques sylvicoles qui retiennent les billots, les souches et d'autres débris ligneux grossiers sur le site sont fortement encouragés.

On suggère que subvenir aux besoins d'habitat pour la martre va procurer au moins quelques exigences d'une variété d'autres espèces associées aux forêts matures et surannées, aux arbres à cavités et aux débris ligneux grossiers.

3.4.4 Forest Management Guide for Natural Disturbance Pattern Emulation

Les activités d'aménagement devraient être modifiées afin qu'elles reflètent mieux les patrons biologiques et structuraux normalement retrouvés à la suite du passage d'un feu. Après avoir déterminé les endroits où devront se situer les aires de coupe, le guide propose et ou désigne les mesures à prendre quant aux structures à préserver à l'intérieur de ceux-ci afin de respecter l'historique naturelle des feux de la région de l'Ontario (Ministère des ressources naturelles de l'Ontario 2001).

Une aire de coupe représente l'exploitation de la plupart de la forêt tout en préservant de 10 % à 34 % du peuplement ou des peuplements originaux, ainsi qu'une quantité moyenne additionnelle de 25 arbres ou chicots par hectare. La densité et le choix des arbres individuels à conserver devraient s'appuyer sur la tolérance au feu des différentes espèces, de leurs attributs pour l'habitat faunique et sur les besoins des traitements

sylvicoles. Au moins 6 des 25 arbres à préserver par hectare doivent être de gros diamètre. Les autres doivent être vivants ou non (selon à ce que cela respecte les consignes de sécurité), choisis selon qu'ils présentent des cavités ou qu'ils démontrent une propension à en créer (ex. gros peupliers faux tremble). Un éventail d'espèces et de diamètres (> 10 cm en diamètre et > 3 m de hauteur comprenant les essences non marchandes) devrait être également présent afin de maximiser la biodiversité. Éviter de laisser des arbres semenciers génétiquement inférieurs et assurer qu'ils soient bien espacés (selon manœuvrabilité).

Le couvert forestier à l'intérieur des îlots résiduels devrait correspondre à sa capacité de résister au feu et ainsi être composé d'essences mélangées, suivie de résineux des basses terres et ensuite de résineux des hautes terres.

Les structures retenues (îlots, arbres et chicots) devraient être distribuées dans les aires de coupe de façon à ce qu'il y ait au moins des arbres individuels retenus dans chaque hectare. Il importe d'obtenir une distribution qui équivaut à environ 20 % en moyenne d'aires résiduelles qui se situent dans des îlots inférieurs à cinq hectares, dont 35 % dans des îlots de 5.1 à 50 hectares et 45 % dans des îlots supérieurs à 50 hectares.

L'emplacement des îlots devrait aussi refléter l'historique local des feux. La préférence devrait être accordée aux basses terres humides, aux bouquets de feuillus, les butes et les rivages sous le vent des lacs et des rivières.

Il importe de répandre adéquatement les débris, rebuts et rémanents de coupe sur le parterre de coupe. Pour ce, on préconise une exploitation en bille ou en longueur.

3.5 Nouveau-Brunswick

3.5.1 Directives d'aménagement forestier pour la protection de la biodiversité dans la forêt modèle de Fundy

Les directives d'aménagement forestier pour la protection de la biodiversité dans la forêt modèle de Fundy (Woodley et Forbes 1997) recommandent, pour répondre aux besoins des oiseaux dépendant des arbres à cavité, de garder sur pied au moins 12 à 15 chicots oscillant entre 30 et 50 cm de dhp par hectare pour fins d'alimentation des oiseaux et 10 à 12 peupliers faux tremble ou hêtres murs vivants ou moribonds. D'autres espèces, tels des érables ou des bouleaux jaunes de 25 cm de diamètre peuvent être choisies en l'absence de ces essences.

À partir des concentrations déterminées à l'aide de recherches effectuées dans l'écosystème de la grande région de Fundy, les auteurs recommandent de plus de conserver un minimum de 200 morceaux/ha de débris ligneux grossiers (diamètre moyen unitaire de plus de 10cm) et un total de 10 m³/ha pendant toute la révolution.

Les partenaires de la forêt modèle de Fundy effectuent actuellement une étude de cas sur un territoire correspondant à environ un tiers de la forêt modèle et mettent ainsi à l'essai les directives et les recommandations de ces directives.

3.5.2 J.D. Irving Limited

L'entreprise JD Irving a également conçu des directives qui doivent être respectées dans les blocs coupés à blanc, dans lesquels on a prévu une plantation (Brunston et Pinette 2001).

Les directives prévoient pour ces blocs, la rétention :

- d'îlots (0.2 ha minimum) de structure verticale appréciable par ouverture de 10 hectares.
- de bouquets (d'au moins 50 m², (0.005 ha)) de structure verticale appréciable par ouverture de 2 hectares.

Le document propose de structurer les îlots et les bouquets autour des caractéristiques fauniques importantes ou particulières du site (chicots, sites de nidification, espèces rares) ou parcelle de régénération préétablie. On suggère d'éviter la rétention de feuillus et de gros arbres marchands. La structure devant être conservée dans les secteurs protégés (ex : zone tampon d'un cours d'eau) est comprise dans ces valeurs. La rétention d'arbres seuls est fortement découragée de part leur forte propension au chablis et l'efficacité opérationnelle réduite en leur présence.

Les critères de rétention sont ajustables selon les caractéristiques du site.

3.6 Nouvelle Écosse

3.6.1 Wildlife habitat and Watercourses Protection Regulations

La nouvelle réglementation sur la protection des habitats fauniques et des cours d'eau (Province of Nova Scotia 2002) dérive des directives et standards conçus en 1989 (Nova Scotia Department of Natural Resources 1989). Cette réglementation prévoit la rétention de 10 arbres vivants ou partiellement vivants par hectare dans tout site d'exploitation de plus de 3 hectares pendant une révolution complète. Ces arbres doivent être conservés en bouquets (1/8 ha) d'au moins 30 individus et composés d'essences représentatives du peuplement coupé (essences, dhp). Le document précise qu'une distance maximale de 200 m et minimale de 20 m doit séparer les bouquets entre eux et de la bordure. Aucune coupe ne doit être réalisée à l'intérieur de ceux-ci.

Également, on demande d'assurer autant que possible des quantités de chicots et débris ligneux grossiers similaires aux quantités retrouvées naturellement dans les peuplements.

3.6.2 Forest/Wildlife Guidelines and Standards for Nova Scotia

Ces directives qui datent de 1989 ont été conçues pour rehausser l'habitat du poisson et de la faune dans l'environnement forestier 1989 (Nova Scotia Department of Natural Resources 1989). La majorité des éléments qui touchent à la rétention variable ont été repris dans la réglementation discutée plus haut (section 2.6.1) et ne seront

conséquemment pas répétés. Il a cependant quelques éléments qui n'ont pas été mentionnés soit :

- La préférence pour l'érable et le bouleau jaune par les oiseaux à cavité
- La préservation des arbres dans lesquels on retrouve des nids à l'intérieur de bouquets suffisamment large pour les dissimuler.

4 Questions d'implantation

4.1 Faisabilité opérationnelle

La planification, l'éducation et la formation sont essentielles pour implanter de façon réussie tout système sylvicole ou d'exploitation (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995). Les bûcherons peuvent fournir des indications très utiles quant aux mérites relatifs de divers régimes et méthodes d'exploitation sous de multiples conditions et topographies. Il importe d'incorporer ces informations dans le design des prescriptions sylvicoles. Beaucoup de difficultés peuvent être éliminées lors de l'exploitation si une bonne évaluation du site est effectuée, si on tient compte des habilités spécifiques de l'équipement, des processus, la planification et la communication (Washington State Department of Natural Resources 1992).

Les auteurs s'entendent donc pour affirmer que l'application de régimes par rétention variable de la structure requiert la coopération étroite entre tous les différents intervenants dont surtout les opérateurs sur qui le succès de ceux-ci dépendent (Beese *et al.* s.d. b, Washington State Department of Natural Resources 1992, Phillips 1995, Clayoquot Sound Scientific Panel 1995, Bennett et Gilpin 1996).

Ce sont principalement les méthodes et l'équipement utilisés lors du débardage qui est critique dans l'atteinte des objectifs des coupes avec rétention variable (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995). L'expérience opérationnelle avec les systèmes sylvicoles non conventionnels est limitée mais démontre tout de même que des taux variés de rétention peuvent être entrepris à l'aide des méthodes sur le terrain, par câbles ou l'exploitation par hélicoptère.

Le système sylvicole de rétention variable requiert des méthodes de débardage flexibles, efficaces et sécuritaires (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995). Les facteurs spécifiques quant au choix du système à utiliser sont : la topographie (inclinaison de la pente, variabilité), le type de sol (composition, sensibilité à la perturbation), le régime sylvicole (taux de rétention, nombre d'interventions), les caractéristiques mêmes de la matière ligneuse (taille et volume par hectare), l'accessibilité, et la distance et l'orientation du débardage.

Lorsque la topographie et les sols le permettent les méthodes de débardage au sol procurent la plus grande flexibilité à la fois pour la quantité et la distribution de la rétention. Le Clayoquot Sound Scientific Panel (1995) propose une clé décisionnelle qui incorpore toutes ces considérations (Figure 3).

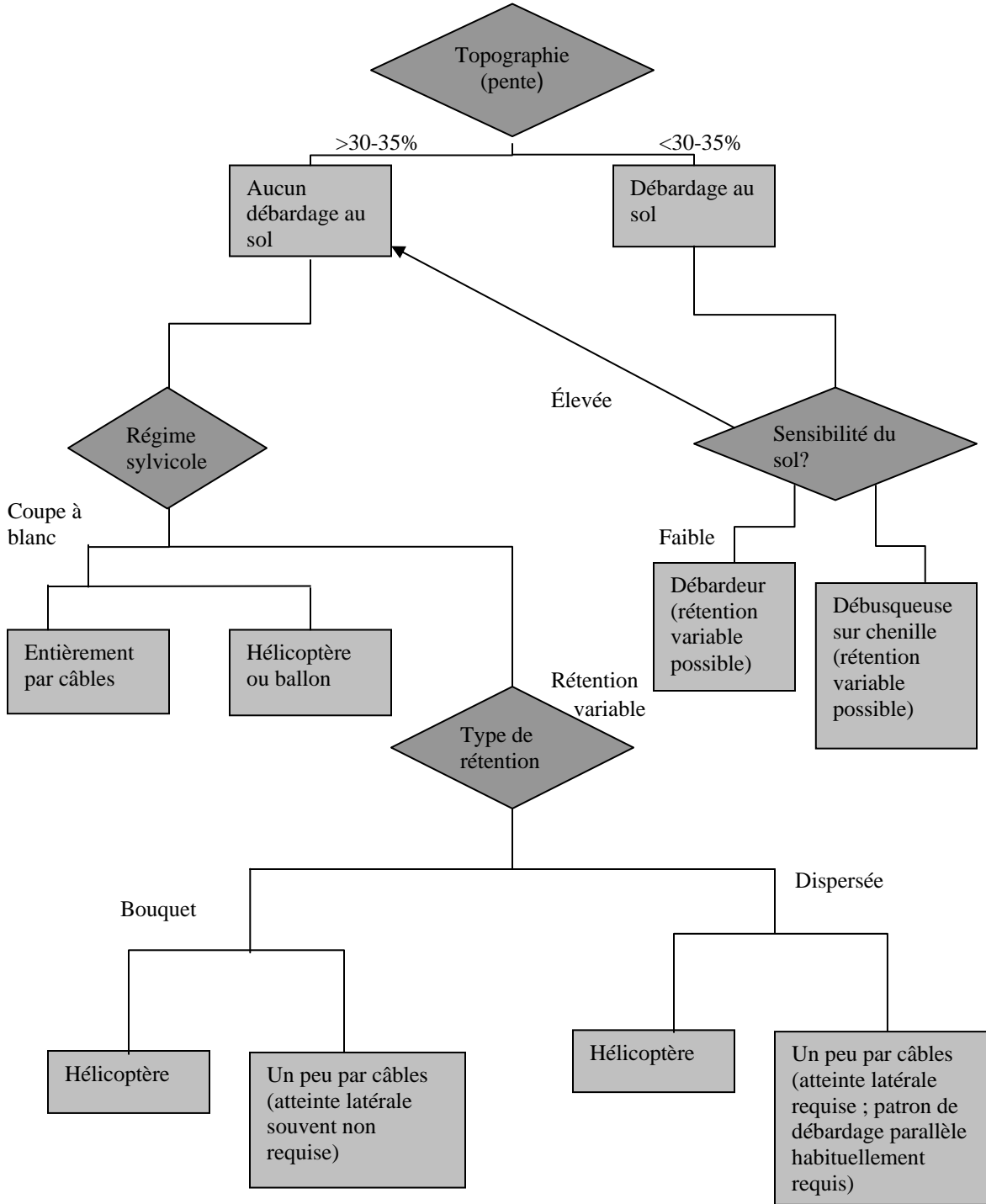


Figure 3 : Clé décisionnelle pour les différents systèmes d'exploitation.
 Source: Clayoquot Sound Scientific Panel, (1995), p.102.

Souvent, certains sites tels les milieux sensibles ou de pente abrupte sont détournés de l'exploitation conventionnelle. La compagnie International Forest Products Limited (Interfor), lors d'un essai opérationnel, réalisa une première récolte dans des peuplements surannés localisés sur des pentes abruptes, dans lesquels des régimes sylvicoles avec haute rétention ont été instaurés (Bennet et Gilpin 1996). L'essai démontra la possibilité d'opérer sur de tels sites avec des équipements conventionnels et en plus l'opportunité d'augmenter le taux de récolte en matière ligneuse. La productivité de l'abattage et du débardage par câble était plus faible comparativement à celle lors des coupes à blanc sur des sites similaires mais n'était pas aussi élevée que préalablement anticipé (Bennett et Gilpin 1996).

L'exploitation forestière dans les pessières humides causait des dommages irréparables aux sites et offrait de faibles taux de succès en ce qui a trait à la régénération. En 1993, la forêt modèle du lac Abitibi développa une méthode de coupe avec protection de la régénération préétablie (Harvest with Advanced Regeneration Protection, HARP) spécifiquement pour résoudre ce problème (Parton et Tallman en préparation, Ressources naturelles Canada s.d.). Ici, uniquement les arbres au dessus d'un diamètre prédéterminé sont retirés. Les jeunes restants répondent bien au dégagement et le peuplement qui en résulte est inéquienne et de taille variable. L'exploitation est typiquement réalisée à l'aide d'une abatteuse-groupeuse qui voyage dans des corridors coupant tous les arbres sur son passage créant un corridor de largeur égale à celle de la machine (≈ 5 m). La flèche d'abattage s'étend de chaque côté de la machine et coupe sélectivement les plus gros arbres. La régénération préétablie reste intacte dans des bandes résiduelles de 6 à 9 m de largeur. Un débardeur sur chenille utilise les mêmes pistes pour déplacer le bois sur les côtés de la route. Le fait que ces équipements sont sur chenilles et qu'ils utilisent les mêmes pistes ajouté au fait que les interventions sont réalisées l'hiver principalement, réduit significativement la perturbation au site (Parton et Tallman en préparation, Ressources naturelles Canada s.d.).

La coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM), adaptée principalement pour le sapin baumier et l'épinette noire, permet de récolter la majorité des tiges marchandes du couvert forestier et de maintenir la régénération existante ainsi que les tiges marchandes (classes de dhp 2 à 12 cm) (Bégin et Riopel 2001). La protection des tiges de 14 à 16 cm de dhp est également considérée. Les essais entrepris dans le cadre de ces coupes ont permis de constater la faisabilité de celles-ci dans le cadre normal des opérations forestières (Légère et Gingras 1998, Riopel *et al.* 2000, Bégin et Riopel 2001). Deux procédés de récolte ont été utilisés, soit le procédé par arbres entiers avec abatteuse-groupeuse et débardeur à grappin et celui par bois tronçonnés, avec abatteuse-façonneuse munie d'une tête multifonctionnelle et un porteur de bois courts. Le système de récolte par bois tronçonnés était nettement plus avantageux que le procédé par arbre entier en matière de protection des sols, de la haute régénération préétablie et des petites tiges marchandes. Par contre une proportion plus importante des tiges protégées reçue des blessures.

Le projet de recherche dans les forêts montagnardes côtières de la Colombie Britannique (Montane Alternative Silvicultural Systems MASS) a également démontré que l'équipement de récolte traditionnel convient à l'application des traitements alternatifs

(Phillips 1995, 1996). Il soulève aussi l'importance des difficultés pouvant survenir sur le terrain. L'abattage manuel, utilisé dans tous les traitements de l'expérimentation, a conduit à des situations non rencontrées lors de coupes à blanc conventionnelles. Certains arbres marqués au préalable, se retrouvait dans la ligne de tombée des arbres de diamètre plus important et certaines blessures ont conséquemment été affligées aux arbres résiduels. Après quoi les bûcherons ont dû modifier leurs pratiques (préservation d'îlots de régénération préétablie, à proximité des arbres à préserver). Le débardage endommagea aussi quelques-uns des arbres résiduels au début. La préservation de structures sur le site réduit inévitablement les choix quant à la circulation de la machinerie et il importe d'en tenir compte lors de la planification. Cependant, l'expérience graduelle des opérateurs devrait venir atténuer ces variables d'année en année.

La majorité de l'exploitation chez Weyerhaeuser coastal B.C. est réalisée à l'aide d'une débusqueuse sur chenille ou de systèmes de téléphérage variés (Beese *et al.* s.d. *b*). L'utilisation de la débusqueuse sur chenille est limitée aux pentes inférieures à 30 % tandis que le téléphérage est utilisé sur les pentes trop abruptes pour la débusqueuse sur chenille où le débardage par hélicoptère est ni nécessaire ni efficace. Les systèmes par câbles téléphériques présentent le plus grand défi pour la rétention variable et la plus forte augmentation potentielle de coûts comparativement à la coupe à blanc.

Weyerhaeuser utilise également une technique d'exploitation d'arbres debout (Beese *et al.* s.d. *a et b*). Cette technique permet de retirer des tiges individuelles d'une forêt par hélicoptère sans coucher l'arbre au sol. Les auteurs soutiennent que cette méthode est particulièrement intéressante pour exploiter des terres qui seraient autrement inaccessibles avec les méthodes conventionnelles (telles les terres instables, les zones ripariennes, récréatives particulières, milieux fragiles ou d'aménagement faunique spécifique). Puisque ces endroits sont pratiquement tous déjà exclus de l'exploitation toute opportunité d'exploiter sans produire de dommages aux ressources est considérée comme un bénéfice.

Weyerhaeuser coastal B.C. a augmenté la proportion de ces opérations forestières par hélicoptère car cela élimine la construction de routes et donne accès aux forêts impossibles à atteindre avec des systèmes conventionnels (Beese *et al.* s.d. *a et b*). Cependant, les auteurs notent que, selon Sambo (1997), l'utilisation de l'hélicoptère augmente la consommation d'essence de 50 à 70 % comparativement aux méthodes conventionnelles. L'exploitation par hélicoptère est réalisée à l'aide d'un grappin ce qui selon les auteurs réduit les coûts et les dangers comparativement à l'utilisation d'équipes au sol installant des colliers au bout des câbles.

L'exploitation forestière réalisée par Iisaak dans Clayoquot Sound ainsi que Interfor dans les sites de rétention s'effectue aussi principalement par hélicoptère.

4.2 Implications économiques

L'exploitation par rétention variable réduira vraisemblablement le rendement de la matière ligneuse comparativement aux systèmes équiennes telle la coupe à blanc. Ces réductions se présentent sous deux formes :

- 1- par le volume de bois dans les structures retenues de façon permanente sur les parterres de coupe
- 2- par la croissance réduite du peuplement en régénération à cause des effets du couvert résiduel (Franklin *et al.* 1997).

Le calcul des volumes et des valeurs associés à la rétention des structures est direct, tenant pour acquis qu'elles sont retenues de façon permanente. Par exemple, Weigand et Burditt (1992) ont trouvé que la valeur potentielle laissée derrière varie entre 102 \$ et 1114 \$ par acre (250 \$ à 2730 \$/ha) selon les prescriptions utilisées. Les variables clefs sont la quantité et le type de matériel laissé derrière par valeur unitaire pour ce type de matière (Franklin *et al.* 1997). Or, les réductions immédiates en production ligneuse sont possiblement compensées en partie, par la plus forte valeur des arbres de plus grande dimension et de meilleure qualité produite grâce à la rétention de couvert et aux plus grandes rotations (Hansen *et al.* 1995).

L'expérience de la compagnie Weyerhaeuser coastal B.C jusqu'à maintenant suggère qu'il sera possible de compenser les coûts additionnels avec l'innovation technologique et la performance améliorée (Beese *et al.* a et b). Ils espèrent aussi perfectionner leur habilité à prendre avantage des cycles du marché en synchronisant l'exploitation des peuplements afin de maximiser la valeur des ventes des espèces dominantes. La compagnie prévoit une réduction de son taux annuel de coupe permissive à cause du zonage et de la rétention variable mais elle s'attend aussi à ce qu'il se stabilise. Des impacts négatifs sur la croissance et le rendement à cause de la rétention et l'ombrage pourraient aussi avoir lieu. Par contre, avec une emphase accrue sur la marge et la valeur marchande, l'impact économique générale devrait être positif.

Toutefois, cette nouvelle approche sylvicole peut entraîner des coûts additionnels d'une autre catégorie. La planification (marquage préalable des arbres résiduels par exemple) la formation, la supervision, les pertes attribuables au chablis ou au feu, ou la modification des méthodes d'exploitation sont aussi des éléments qui viennent influencer les variables économiques.

Les recherches réalisées dans le cadre du projet de recherche dans les forêts montagnardes côtières de la Colombie Britannique (MASS) ont permis de constater des différences importantes entre les coûts liés aux coupes alternatives pratiquées et la coupe à blanc (Phillips, 1995, 1996). En effet, l'auteur soutient que les coûts combinés de l'abattage et du portage étaient de 10 % supérieurs dans la coupe dispersée (\$ 7.88/m³) et la coupe avec rétention (\$ 7.87/m³) et de 38 % supérieurs dans la coupe progressive (\$ 9.92/m³) que dans la coupe à blanc (\$ 7.19/m³). Cependant, on note que ces coûts varient entre les duplicata du même traitement à cause des différences au niveau de la matière ligneuse spécifique au site et de l'expérience graduelle des travailleurs (d'un site à

l'autre). De plus, l'auteur souligne que l'importance réelle de ces différences sera déterminée à partir des résultats de l'effet de ces traitements sur la régénération et la résistance des peuplements au chablis.

Les études portant sur les implications économiques des traitements de coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) présentent un nombre considérable de bénéfices. Les arbres retenus permettront un retour plus rapide d'une cohorte productive, impliquant par conséquent un retour plus tôt pour la coupe prochaine. En effet, à partir des caractéristiques du site et des tiges recensés immédiatement après les traitements réalisés, les auteurs croient possible que comparativement à une coupe totale, la CPPTM puisse permettre des réductions de la longueur de révolution de 10 à 35 ans. (Bégin et Riopel 2001). Les systèmes sylvicoles par CPPTM maintiennent aussi un stock moins variable et de plus haut taux (MacDonell et Groot 1997). On prévoit que les bénéfices économiques et environnementaux de ces systèmes d'exploitation compensent pour les investissements en capital dans le développement de l'équipement, et les coûts associés à la supervision et l'entraînement et les programmes de motivation (Arnup 1998).

5 Programmes de suivi (monitoring) et aménagement adaptatif

Puisqu'il s'agit habituellement de directives adressées aux opérateurs, plusieurs industries se demandent comment assurer que la mise en œuvre de celles-ci est réellement effectuée. En effet, comme les opérateurs reçoivent leur paiement selon le volume de matière ligneuse récolté, il peut paraître difficile de les encourager à laisser des arbres marchands de gros diamètre par exemple (Margaret Donnelly, comm. pers.).

Également comme la rétention variable de la structure est une approche relativement récente, il importe de connaître si en effet les modifications apportées aux interventions forestières traditionnelles permettent d'atteindre les objectifs du départ (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995) et si la réalisation de celles-ci procure en effet les avantages espérés. Conséquemment, un tel système d'aménagement requiert un retour d'information et donc un certain suivi.

5.1 Suivi de l'implantation des directives

Weyerhaeuser en Alberta a évalué le succès d'implantation du document relatif aux directives écologiques trois ans après son émission afin de déterminer les quantités d'arbres marchands réellement laissées sur les sites exploités du FMA de Drayton Valley (Morgantini et Crosina 2001).

La quantité de structures retenues dans les parterres de coupes a été évaluée à partir de la photographie aérienne oblique de tous les blocs exploités ainsi que par une série de sondages sur le terrain. Les résultats de surveillance démontrent, pour les années 1999 et 2000, que l'implantation des directives a été très efficace et a rencontré les objectifs de rétention fixés par l'entreprise. Plus de la moitié des blocs avaient une rétention variant entre 1 et 5 % du couvert, alors que 37 % et 19 % d'entre eux en 1999 et 2000 respectivement, avaient une rétention de couvert allant de 10 à 20 %.

Quant à la quantité de volume marchand laissé derrière, les sondages démontrent des pourcentages allant entre 3.77 pour l'année 1999 et 4.33 pour l'année 2000. La rétention totale (arbres marchands et non marchands) semble, avoir diminué passant de 5.25 % à 4.85 % tandis que la rétention d'arbres marchands a augmenté de 3.77 % à 4.33 %. Or, les auteurs soutiennent que ces chiffres ne sont peut-être pas aussi précis que s'ils avaient utilisé le volume moyen de rétention par bloc ou la moyenne en m³ par hectare ou encore le volume par tige plutôt que le volume total retiré des blocs. Le document souligne également que quelques arbres marchands résineux ont été laissés sur les parterres de coupe non pour des raisons écologiques mais pour des raisons sylvicoles.

L'industrie forestière Alberta-Pacific vérifie quant à elle sa performance d'implantation à l'aide de feuilles d'audit remplies par les opérateurs lors de la coupe ainsi qu'avec des contrôles inopinés. Elle encourage son personnel par l'entremise d'un concours dans lesquels les travailleurs les plus performants ont l'opportunité de gagner un voyage à Las Vegas (Anonyme 2000 a)..

5.2 Suivi de l'efficacité

L'instauration d'un programme de monitoring permet de vérifier et de s'assurer que les objectifs fixés seront atteints (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995). Le but de la rétention variable est la préservation d'un éventail de structures pour répondre à des objectifs de biodiversité, de maintien ou de conservation d'habitats particuliers, de productivité, ou autres. Ainsi, un système de surveillance à cet égard devrait être en mesure de déterminer si les structures qu'on a choisi de laisser sont : adéquates (laisse t'on les bonnes structures, y a t'il des structures d'oubliées), suffisantes (y en a t'il assez), adéquatement distribuées et ce, pour répondre aux intentions fixées au départ.

Pour y arriver, il importe d'instaurer un programme de surveillance à long terme (Clayoquot Sound Scientific Panel 1995). Celui-ci doit permettre la réalisation d'études comparatives visant à évaluer l'état des forêts, (écosystèmes et processus) avant et après les interventions forestières, la réponse dans les forêts exploitées selon une stratégie contre une autre ainsi que la condition des forêts exploitées comparativement aux forêts non exploitées. Les renseignements obtenus devraient ensuite être utilisés pour modifier les stratégies et les pratiques d'aménagement. Le programme de surveillance se doit donc d'être adaptatif.

Le programme d'aménagement adaptatif en phase d'implantation chez Weyerhaeuser B.C. tient compte à la fois des perspectives à l'échelle du paysage et du peuplement (Beese *et al.* en préparation). La compagnie procède au départ en comparant les traitements imposés à certaines cibles ou indicateurs (comme le préconise le Clayoquot Sound Scientific Panel) tels des peuplements non aménagés ou les besoins d'espèces bien connues. En ce qui a trait à la rétention variable la compagnie a déjà entrepris l'évaluation de la structure de l'habitat dans les blocs de rétention ainsi que des études sur plusieurs organismes tels les oiseaux nicheurs, hiboux, gastéropodes, amphibiens, bryophytes, écureuils et lichens. Les différents traitements appliqués seront, de plus, comparés les uns aux autres. Finalement, Weyerhaeuser développera et utilisera des outils de prédiction afin d'évaluer l'effet de différentes combinaisons de traitements appliqués sur de très grandes échelles spatiales ou temporelles. Les informations tirées de ces études serviront de comparaison pour évaluer l'efficacité des différents types de rétention dans le maintien de la richesse de la biodiversité et les processus écologiques associés (Beese *et al.* en préparation).

Le personnel de Weyerhaeuser en Alberta effectue également la surveillance de l'efficacité des méthodes pour répondre aux besoins d'habitats fauniques et des préoccupations de biodiversité. L'entreprise s'engage à effectuer les ajustements nécessaires à la lumière des résultats de ses activités de surveillance.

La compagnie Alberta-Pacific travaille actuellement avec des scientifiques, les gouvernements et d'autres compagnies afin de développer un programme de surveillance pour l'entente pour l'aire d'aménagement forestier (Forest Management Agreement Area (Anonyme 2000 b)).

Aucune des compagnies approchées n'a jusqu'à maintenant réalisé des rapports de suivi concernant l'efficacité des systèmes de rétention instaurés. Or, plusieurs d'entre elles sont en processus de le faire et les résultats de ceux-ci seront disponibles sous peu. C'est le cas entre autres de la compagnie Iisaak Forest Ressources dans le Clayoquot Sound (Barbara Beasley, comm. pers.).

Conclusion

Cette synthèse permet de mieux comprendre ce qu'est la rétention variable tant au niveau théorique que pratique et évalue son importance à l'échelle canadienne. La rétention variable est un outil sylvicole qui permet de minimiser l'impact de la récolte de la ressource ligneuse sur l'intégrité écologique des forêts, grâce à la rétention d'éléments structuraux favorables au maintien de la biodiversité et au rétablissement des fonctions écosystémiques. Elle apporte une meilleure appréciabilité sociale, élément fondamental de la gestion forestière actuelle. Les essais opérationnels ont démontré la faisabilité de cette nouvelle approche et les coûts et les pertes qui apparaissent au départ semblent pouvoir être absorbés en raison des gains écologiques, sociaux et économiques futurs.

On remarque, parmi les différentes expériences canadiennes recensées, qu'il existe une diversité de philosophie dans l'utilisation de la rétention variable. D'une part, certains se sert de la rétention variable pour permettre de répondre à des conditions d'habitat spécifiques basées sur les besoins d'espèces ayant été identifiées comme importantes. Dans de tels cas, les structures qui doivent être retenues pour atteindre cet objectif, peuvent être clairement définies en fonction de la connaissance des besoins des espèces. L'élaboration des directives de rétention pour le maintien de l'habitat du grand pic en Ontario en est un exemple (Naylor *et al.* 1996). Cependant, cette approche, dite à-la pièce, reste risquée si elle ne s'inclut pas dans une politique de gestion écosystémique globale. En effet, il pourrait être possible de bien répondre aux besoins des espèces ciblées tout en ne respectant pas l'intégrité des processus écologiques naturellement en action dans la forêt aménagée.

D'autre part, la rétention variable est perçue et utilisée comme moyen permettant de se rapprocher de l'émulation des perturbations naturelles. Les structures retenues alors correspondent aux structures normalement léguées à la suite des perturbations jugées récurrentes dans le paysage. Le choix des éléments retenus, leur quantité et leur distribution s'appuient donc sur ce que les perturbations naturelles enseignent. Les essences choisies seront ainsi celles qui survivraient normalement aux perturbations et localisées dans des milieux moins propices ou plus protecteurs.

Finalement, la rétention variable peut être utilisée comme un outil permettant d'atténuer les changements induits par l'exploitation forestière. Dans cette philosophie d'utilisation, on cherche à préserver le plus possibles les conditions forestières qui existaient dans le peuplement original. On demande donc de préserver une influence forestière sur l'ensemble du parterre de coupe. Les structures retenues reflètent alors celles du peuplement original. Sous cette philosophie d'utilisation, plus de rétention est toujours mieux.

Il est clair que la philosophie d'utilisation fera toute la différence puisque c'est à partir de celle-ci qu'on déterminera les structures à retenir qui en retour poseront vraisemblablement une influence sur le peuplement en devenir. Ainsi, une approche qui simule une perturbation naturelle tel le feu, attirera les espèces pionnières par exemple ou une faune qui favorise les milieux ouverts. Inversement, le fait de préserver une

influence du peuplement original sur le site coupe le stade pionnier et favorise une faune probablement très différente. Assurer un habitat adéquat pour une espèce faunique peut ne pas convenir à une autre.

Mis à part les divergences écologiques, il existe très certainement des divergences économiques. L'atténuation des impacts permet de préserver un contrôle sur le peuplement suivant par le maintien d'essences avantageuses et assure probablement un retour plus rapide qu'une coupe émulant les perturbations naturelles. La coupe avec la protection des petites tiges marchandes (CPPTM) constitue un bon exemple. Autrement, la coupe émulant les perturbations naturelles apporte peut-être un bénéfice économique immédiat plus important. L'acceptabilité sociale est également différente. En effet, émuler les perturbations naturelles signifie, dans certains cas, l'ouverture de grands espaces ce qui peut être très négatif du point de vue de l'esthétisme.

On se questionne également sur le nombre, le choix et la distribution des éléments retenus. Malgré la divergence des approches bien des directives optent pour la rétention de 8 à 12 arbres vivants (15 %) par hectare (particulièrement ceux qui présentent des attributs fauniques), d'un maximum de chicots et de débris ligneux possible et une disposition en bouquet surtout. Mais est-ce suffisant? Il demeure en effet que peu importe l'approche adoptée la rétention variable est un moyen relativement récent et il est encore trop tôt pour connaître l'étendue de ses capacités ou limites réelles. La question fondamentale qui doit être posée avant toute intervention est à quoi devrait ressembler la forêt dans l'avenir du point de vue écologique, économique et sociale? Bien que la science est démontré la valeur de la rétention variable de façon générale pour le maintien de la biodiversité et des processus écologiques, il existe peu d'outils scientifiques qui permettent d'aider l'aménagiste dans sa prescription de rétention variable. Un outil permettant d'optimiser la valeur économique d'un peuplement tout en retenant suffisant d'éléments structuraux pour obtenir les services écologiques désirés est fortement souhaitable. Celui-ci devrait pouvoir facilement s'adapter aux différentes situations canadiennes.

L'importance des programmes de surveillance (monitoring) à long terme vient donc ici jouer un rôle essentiel pour le développement d'un tel outil. Les résultats du monitoring permettront de mesurer l'efficacité des approches et d'établir des directives pour l'aménagement des structures. Il importe que les démarches utilisées puissent être comparées aux autres, à d'autres forêts, à d'autres conditions et tentent de déterminer si les legs biologiques choisis sont suffisants, adéquats et bien distribués.

En addition aux activités de suivi, l'approche de l'aménagement adaptatif actif (Walters et Holling 1990) demande à ce que des expérimentations à l'échelle de l'unité d'aménagement soient comparées selon un dispositif expérimental scientifique. Certains projets intégrateurs actuellement en cours vont dans cette voie et ont déjà entrepris de répondre à certaines des questions reliées à rétention variable. C'est le cas entre autres du projet EMEND (Ecosystem Management Emulating Natural Disturbance) en Alberta (Sidders et Spence s.d.) et MASS (Montane Alternative Silvicultural Systems) en Colombie-Britannique (Arnott *et al.* 1995) qui réalisent des expériences de récolte forestière à grande échelle. Les chercheurs tentent de déterminer quelles sont les

pratiques de récolte et de régénération qui permettent de maintenir adéquatement les communautés biotiques, la disposition spatiale de la structure forestière et l'intégrité fonctionnelle de l'écosystème comparativement aux paysages mixtes qui proviennent de feux et d'autres perturbations naturelles. Les chercheurs prévoient employer des analyses économiques et sociales pour évaluer ces pratiques en termes de viabilité économique, de durabilité et d'acceptabilité sociale.

Ce type d'étude est essentiel pour la réalisation d'une foresterie saine. Les renseignements obtenus à partir de ces expérimentations et des programmes de surveillance seront ensuite utilisés pour établir et modifier les stratégies et les pratiques d'aménagement. Il est donc impératif que les résultats soient rapidement divulgués, accessibles et disponibles. Des outils de transfert technologique devront alors être mis sur pied pour faciliter le travail des aménagistes forestiers dans leur mission de gérer la forêt de façon durable. Cette synthèse en est le premier pas.

Références

- Anonyme, 2000 *a*. Alberta-Pacific's Detailed Forest Management Plan. Alberta-Pacific Forest Industries. 170p.
- Anonyme, 2000 *b*. Alberta-Pacific's Operating Ground Rules. For the Alberta Pacific Forest Management Area. Alberta-Pacific Forest Industries 99p.
- Anonyme, 2000 *c*. A Logger's Guide to Stand Structure. Tembec, Cranbrook, British Columbia.2p.
- Anonyme, s.d. *a*. An Operator's Guide to Stand Structure. Alberta-Pacific Forest Industries. 28p.
- Anonyme, s.d. *b*. Landscape level targets. Daishowa Marubeni International Ltd.9p.
- Anonyme, s.d. *c*. Stand Level Ecological Guidelines, Weyerhaeuser, Edson Forestlands, Alberta, 12p.
- Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. 1995. Montane Alternative silvicultural systems (MASS) : Canada-British Columbia Partnership agreement on forest resource development. FRDA, report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.
- Arnup, R.W. 1998. Forest Ecosystem Classification in Ontario, Canada A Case Study of its Application to Sustainable Forest Management ESG International Inc. Roundtable on Forestry Industry Santiago, Chile 18-20 November 1998.
- Askin, R.W. et Dragunas, V.P. 1995. Snow Hydrology Pilot Study. Pp. 37-40. *dans* Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS) : Canada-British Columbia Partnership Agreement on Forest Resource Development. Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. (editors). FRDA, Report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.
- Barg, A.K. et Hanley, D.P. 2001. Silvicultural Alternatives; Variable Retention Harvests In Forest Ecosystems of Western Washington. A Guide for Forests Landowners CE-CAHE, Washington State University. Pullman, WA. Document EB1899.
- Beese, W.J., Dunsworth, B.G., Zielke, K. et Bancroft, B. s.d. *a*. Maintaining Attributes of old-growth forests in Coastal B.C. Through Variable Retention. Weyerhaeuser, B.C Coastal Group et Symmetree consulting Group,25p.
- Beese, W.J., et Dunsworth, B.G. s.d. *b*. Variable Retention Harvesting to Conserve Biodiversity in Coastal British Columbia Using Helicopter and Conventional Logging Methods. Weyerhaeuser, B.C Coastal Group. 10p.

- Beese, W.J., Dunsworth, B.G. et Perry, J. The Forest Project: Three-Year Review and Update. en preparation, 8p.
- Beese, W.J. et Bryant, A. 1999. Effect of alternative silvicultural systems on vegetation and bird communities in coastal montane forests of British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*. 115: 231-242.
- Bégin, J. et Riopel, M. 2001. La coupe avec protection des tiges marchandes : 4 ans plus tard où en sommes nous? Université Laval. Faculté de foresterie et de géomatique. 3p.
- Bennett, D. et Gilpin, W. 1996. Implementing high-retention silvicultural systems on steep slopes: Harvesting system design and productivity. FERIC, International Forest Products Limited, 1996 Annual Meeting E79-E83.
- British Columbia Ministry of Forests. 1995. Biodiversity Guidebook. Forest Practices Code of British Columbia Act Strategic Planning Regulations. Operational Planning Regulation.
- Brunston, B. et Pinette, R. 2001. Guidelines to Maintain Structural Diversity within Harvest Areas Planned for Subsequent Tree Planting. JD Irving Limited. 2p.
- Clayoquot Sound Scientific Panel. 1995. Sustainable Ecosystem Management in Clayoquot Sound: Planning and Practices. Queen's Printer for British Columbia, Victoria, 296p.
- Courtin, G.M. et Beckerton, J.E. 1997. Does the practice of careful cutting maintain biodiversity? *Forestry Chronicle*.
- Darveau, M. et Desrochers, A. 2001. *Le bois mort et la faune vertébrée – État des connaissances au Québec*. Québec,. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'environnement forestier (DEF-0199). 37p.
- Ehnes, J. et Sidders, D. 2002. Guide des techniques d'exploitation menant à la régénération d'une forêt naturelle. (Draft). Forêt modèle du Manitoba. 26p.
- Franklin, J.F. 1992. Scientific Basis for New Perspective in Forests and Streams. Pages 5-72 dans, Naiman, R. Éditeur. *Watershed Management : Balancing Sustainability and Environmental Change*. Springer-Verlag, New-York, New York, USA.
- Franklin, J.F., Berg, D.R. et Thornburgh, D.A., Tappeiner, J.C. 1997. Alternative silviculture approaches to timber harvesting: variable retention systems. Pp. 111-139. *Dans Creating a forestry for the 21st century : the science of ecosystem management*. Kohm K.A. et Franklin, J.F. (editors). Island Press. Washington, D.C.
- Freedman, B., Zelazny, V., Beaudette, D. Fleming, T., Fleming, S., Forbes, G., Gerrow, J.S. Johnson, G. et Woodley, S. 1996. Biodiversity Implications of Changes in

- the Quantity of Dead Organic Matter in Forests, with Particular Reference to Atlantic Canada. *Environmental Review*. 4 : 238-265.
- Gibbons, P. et Lindenmayer, D.B. 1996. Issues associated with the retention of hollow-bearing trees within eucalypt forests managed for wood production. *Forest Ecology and Management*. 83: 245-279.
- Groupe de recherche sur l'écosystème de la grande région de Fundy. 1997. Directives d'aménagement forestier pour la protection de la biodiversité indigène dans la forêt modèle de Fundy.. Unité de recherche conjointe sur la faune aquatique et terrestre, Université du Nouveau-Brunswick, Fredericton, Nouveau-Brunswick. 42p.
- Halpern, A.J. et Spies, T.A. 1995. Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications*. 5: 913-934.
- Hanski, I. et E. Gilpin. 1997. *Metapopulation biology ; ecology, genetics, and evolution*. Academic Press, New-York. 512 p.
- Hansen, A.J., Garman, S.L., Weigand, J.F., Urban, D.L., McComb, W.C., et Raphael, M.G. 1995. Alternative Silvicultural Regimes in the Pacific Northwest: Simulations of Ecological and Economic Effects. *Ecological Applications*. 5(3): 535-554.
- Hunter, M.L. Jr. 1990. *Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 370 p.
- Hunter, M.L. Jr. et Seymour, R.S. 1992. *New Forestry in Eastern Spruce-Fir Forests : Principles and Applications to Maine*. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. Miscellaneous Publication 716. 36p.
- International Forest Products Limited .2002. <http://interfor.com/>
- Iisaak Forest Resources. 2002. <http://iisaak.com/>
- Keenan, R.J. et J.P. Kimmins. 1993. The ecological effects of clear-cutting. *Env.Rev.* 1:121-144.
- Kimmins, J.P. 1997. *Balancing Act: Environmental Issues in Forestry*. Second Edition, UBC Press, Vancouver, B.C., 305 p.
- Koppelaar, R.S., B.J. Hawkins et A.K. Mitchell. 1995. Nitrogen limitations on early growth of natural and planted montane regeneration. Pp 41-47. *dans* Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS): Canada-British Columbia Partnership Agreement on Forest Resource Development. Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. (editors). FRDA, Report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.

- Légère, G. et Gingras, J.-F. 1998. Évaluation de méthodes de coupe avec protection des petites tiges marchandes. Institut Canadien de Recherches en Génie Forestier (FERIC), Rapport technique, RT-124. 12p.
- Louisiana-Pacific Canada Ltd. 2001. Forest Management Licence # 3. 2000-2001 ANNUAL REPORT. Louisiana-Pacific Canada Ltd. Swan Valley-Forest Resources Division Forest Management. 68p.
- MacArthur R. et Wilson E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press. 203p.
- MacDonell, M.R., Groot, A. 1996. Uneven-aged silviculture for peatland second-growth black spruce: biological feasibility. NRCan, CFS, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ont. NODA/NFP Tech. Rep. TR-36. 14 p.
- McComb, W.C., Spies, T.A., Emmingham, W.H. 1993. Douglas-fir Forests: Managing for timber and Mature-Forest Habitat. Journal of forestry. 91: 31-42.
- Millar Western Forest Products Ltd. 2002. <http://www.millarwestern.com/>
- Ministère des ressources naturelles de l'Ontario. 2001. Forest Management Guide for Forest Disturbance Pattern Emulation. 66p.
- Mitchell, A. 2001. Variable-Retention Harvesting–Potential for the Boreal? New Knowledge and Solutions for Forest Management January 29-30, Senator Hotel, Timmins, Ontario. <http://www.lamf.net/Conference/ConferenceProceedings.htm>
- Mitchell, A.K. et Arnott, J.T. 1995. Montane Alternative Silviculture Systems: Ecophysiology of Regenerating Conifers. Pp 69-80. *dans* Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS): Canada-British Columbia Partnership Agreement on Forest Resource Development. Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. (editors). FRDA, Report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.
- Morgantini, L. et Crosina, W. 2001. Weyerhaeuser Drayton Valley FMA Stand Level Retention Monitoring Report: 1999-2000,. Weyerhaeuser in Alberta. 6p.
- Naylor, B.J., Baker, J.A., Hogg, D.M., McNicol, J.G. et Watt, W.R. 1996. Ontario Ministry of Natural Resources. Forest Management Guidelines for the Provision of the Pileated Woodpecker Habitat. Queen's Printer for Ontario, Ontario. 26p.
- Nevill, R.J. et Wood, C. 1995 Hemlock Dwarf Mistletoe and Decay Organisms Associated with Western Hemlock and Amabilis fir at the Montane alternative Silviculture Systems (MASS) research site in coastal British Columbia. Pp. 19-24. *dans*. Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. 1995. Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS): Canada-British Columbia Partnership agreement on forest resource development. FRDA, report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.

- North, M., Chen, J. Smith, G., Krakowiak, L. et Franklin, J. 1996. Initial response of Understory Plant Diversity and Overstory Tree Diameter Growth to a Green Tree Retention Harvest. *Northwest Science*. Vol: 70(1). 24-35.
- Parton, S. et Tallman, J. Harvest with Regeneration Protection (HARP) : An Alternative Silvicultural System for Black Spruce – Developed Through the Lake Abitibi Model Forest. En préparation, 3p.
- Phillips, E.J. 1995. Harvesting Logistics and Costs. Pp 9-13. *dans* Montane Alternative Silvicultural Systems (MASS) : Canada-British Columbia Partnership Agreement on Forest Resource Development. Arnott, J.T., Beese, W.J., Michell, A.K. et Peterson, J. (editors). FRDA, Report 238. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forestry.
- Phillips, E.J. 1996. Comparing Silvicultural Systems in a coastal Montane Forest: Productivity and Cost of Harvesting Operations. FRDA report. FERIC Special Report No. SR-109. Her Majesty the Queen in Right of Canada. 42p.
- Province of Alberta. 1994. Harvest Planning and Operating Ground Rules. Alberta Environmental Protection.
- Province of Nova Scotia. 2002. Wildlife habitat and Watercourses Protection Regulations made under sections 40 of the *Forest Act* R.S.N.S. 1989, c. 179 O.I.C. 2001-528 (November 15, 2001, effective January 14, 2002), N.S. Reg. 138-2001.
- Ressources naturelles Canada, s.d. Harvest with Regeneration Protection : Planning and Operating Manual. Service Canadien des Forêts. 17p.
- Riopel, M., Bégin, J. et Gingras, J-F. 2000. Une option pour la récolte en forêt boréale : la coupe avec protection des petites tiges marchandes. *Avantage*, Vol. 1(17), 8p.
- Rose, C. R. et Muir, P.S. 1997. Green-Tree Retention : Consequences for Timber Productions in the Forests of the Western Cascades, Oregon. *Ecological Applications*. 7(1): 209-217.
- Sambo, S.M. 1997. Fuel consumption estimates for typical coastal British Columbia forest operations. Forest Engineering Research Institute of Canada, Tech. Note TN-259, 4 pp.
- Schreiber, B. et deCalesta, D.S. 1992. The relationship between cavity nesting birds and snags on clearcuts in Oregon. *Forest Ecology and Management*. 50: 299-316.
- Sidders, D. et Spence, J. s.d. Ecosystem Management Emulating Natural Disturbance: Research Study and Field Guide, Réseau de gestion durable des forêts, Ressources Naturelles Canada, Service Canadien des Forêts.

- Steeger, C. et Quesnel, H. 1998. Impacts of Partial Cutting on Old-Growth Forests in the Rocky Mountain Trench : Interim Report. Enhanced Forest Management. Pilot Project. Report number 7p.
- Stuart-Smith, A.K. 2001. Songbird Communities in Burned and Logged Stands with Variable Tree Retention in the Canadian Rocky Mountains. Dissertation in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Oregon State University. 77p.
- Swanson, F.J., et Franklin, J.F. 1992. New Forestry Principles from ecosystem analysis of Pacific Northwest Forests. *Ecological Applications*, 2: 262-274.
- Voigt, D.R., Broadfoot, J.D. et Baker, J. A. 1997. Forest Management Guidelines for the Provision of White-Tailed Deer Habitat. Ontario Ministry of Natural Resources. Queen's Printer for Ontario, Ontario. 33p.
- Walters, C. J. et C. S. Holling. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71 :2060-2068.
- Washington State Department of Natural Resources. 1992. Reserve Tree Selection Guidelines. State of Washington, Department of Labour and Industries. 24p.
- Watt, R.W., Baker, J.A., Hogg, D.M., McNicol, J.G. et Naylor, B.J. 1996. Forest Management Guidelines for the Provision of Marten Habitat. Ontario Ministry of Natural Resources, forest Management Branch, Queen's Printer for Ontario, Ontario, Canada, 26p.
- Weigand, J.F. et Burditt, A.L. 1992. Economic implications for management of structural retention o harvest units at the Blue River Range District, Willamette National Forest, Oregon. Research Note PNW-RN-510. Washington, DC: USDA Forest Service.
- Woodley, S. et Forbes, G. 1997. Directives d'aménagement forestier pour la protection de la biodiversité indigène dans la forêt modèle de Fundy. Groupe de recherche sur l'écosystème de la grande région de Fundy. 42p.
- Zenner, E. K., Acker, S.A. et Emmingham, W.H. 1998. Growth reduction in harvest-age, coniferous forests with residual trees in the western central Cascade Range of Oregon. *Forest Ecology and Management*. 102: 75-88.