

GESTION INTEGREE DES RESSOURCES FORESTIERES ET SYLVICULTURE PAR OBJECTIFS

Projet réalisé par :

Pascale Sabbagh, M. Sc.
Jean-David Moore, ing. f., M. Sc.
Philippe Nolet, M. Sc.
Frédéric Doyon, ing. f., Ph. D.



Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue

présenté à

Lise Guay, ing. f.

et

Denis Bouillon, ing. f.



Unité de gestion de la Coulonge



en collaboration avec

André Dumont, M. Sc.
Corporation de Gestion de la Forêt de l'Aigle

et

Eric Jaccard, B. Sc.
Société Sylvicole de la Haute-Gatineau

Mars 2002

Résumé

Ce rapport illustre l'application de la démarche de **sylviculture par objectifs**¹ à quatre peuplements situés dans l'Unité de gestion de la Coulonge (Outaouais). Le but du projet était d'élaborer une méthodologie permettant aux sylviculteurs de choisir et d'appliquer les traitements sylvicoles appropriés en fonction des **orientations** régionales, dans un cadre de gestion intégrée des ressources.

Le secteur Ben-Nord était constitué de peuplements dominés par le pin blanc et le chêne rouge, à vocation « matière ligneuse intensive ». Dans le secteur Ben-Sud, la vocation était la production de matière ligneuse de pin blanc et chêne rouge couplée à une orientation faunique (aménagement d'un ravage de cerfs de Virginie). Le secteur Gaudry-Est correspondait à une production prioritaire de bouleau jaune et d'érable à sucre dans un cadre de sylviculture intensive, et le secteur Gaudry-Ouest à une production prioritaire de bouleau jaune et d'érable à sucre couplée à une orientation de récréation. Dans les quatre secteurs, des orientations secondaires de maintien de la biodiversité et de protection des sols avaient été identifiées.

Dans une première étape, la réalisation d'inventaires portant sur la structure des peuplements, les conditions édaphiques et la végétation compétitrice a permis de déterminer les potentialités et les contraintes des différents secteurs. Dans un second temps, on a mis en place des **stratégies d'action** sylvicoles permettant d'atteindre les combinaisons d'orientations fixées pour chaque secteur. Ces stratégies d'action ont ensuite été déclinées en **modalités d'intervention** et en **directives de martelage**. Une procédure de suivi, basée sur l'identification d'**indicateurs** de performance et des valeurs-cible associées (**objectifs**), a été développée afin de contrôler la réalisation des orientations. Des simulations ont également été réalisées afin de vérifier la conformité des traitements au principe du rendement soutenu.

La démarche de sylviculture par objectifs suivie était couplée à une volonté d'adaptation du traitement au peuplement, et ce à une échelle plus petite que celle utilisée par la sylviculture traditionnellement appliquée au Québec. En ce sens, on parle de « **sylviculture fine** ». Des éléments de réflexion sur l'application de ces nouvelles formes de sylviculture en vue de l'amélioration de l'aménagement des forêts feuillues du Québec sont fournis à la fin de ce rapport.

¹ Les termes définis dans le glossaire (p. 51) et rencontrés pour la première fois sont en gras.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier en premier lieu Lise Guay, de Produits Forestiers Coulonge Inc., et Denis Bouillon, du Ministère des Ressources naturelles (Unité de gestion 71), pour leur participation active tout au long du projet. Notre sommes reconnaissants à Éric Jaccard, de la Société Sylvicole de la Haute-Gatineau, et à André Dumont, de la Corporation de Gestion de la Forêt de l'Aigle, pour leurs précieux conseils en matière d'aménagement faunique. Nos remerciements s'adressent également à Martin Boucher, personne-ressource du Groupement Forestier du Pontiac (GFP). Par ailleurs, nous souhaitons témoigner notre reconnaissance à Ian Campeau (GFP), responsable des travaux d'inventaire, à Paul Benett (GFP), responsable du martelage, ainsi qu'à Lionel Lévesque, Michel Leduc et Bruce Soucie, qui se sont rapidement adaptés à des directives de martelage nouvelles et ont exécuté un travail de terrain consciencieux. Srdjan Ostojic (IQAFF) a grandement contribué aux simulations de croissance effectuées à l'aide du logiciel Sylva II pour l'évaluation des rendements. Pierre Bélanger (MRN, Direction de la Recherche Forestière), Jean-Pierre Faucher (MRN, Direction des Inventaires Forestiers) et Christian Brochu (Centre d'Information sur l'Environnement, la Faune et les Parcs, MEF) ont obligeamment fourni de la documentation utile à la réalisation de ce projet.

Les fonds nécessaires au projet provenaient du Ministère des Ressources naturelles, par l'intermédiaire du Programme de Mise en Valeur des Ressources du Milieu Forestier 2001-2002 (Volet I).

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX	5
LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES ANNEXES	6
LISTE DES ABREVIATIONS	7
INTRODUCTION.....	8
1 APPLICATION DE LA DEMARCHE DE SYLVICULTURE PAR OBJECTIFS AUX SECTEURS ETUDIES	9
1.1 ZONE D'ETUDE.....	9
1.2 CHOIX DES VOCATIONS.....	9
1.3 POTENTIALITES DES SECTEURS	10
1.4 ATTRIBUTION DES ORIENTATIONS AUX SECTEURS.....	16
1.5 DES ORIENTATIONS SECTORIELLES AUX DIRECTIVES DE MARTELAGE.....	18
1.6 CHOIX DES DIAMETRES D'EXPLOITABILITE.....	35
1.7 MARTELAGE	36
1.8 ÉVALUATION DES RENDEMENTS.....	37
2 ÉLÉMENTS DE REFLEXION ET RECOMMANDATIONS	41
1.1 POUR UNE SYLVICULTURE PAR OBJECTIFS.....	41
1.2 POUR UNE SYLVICULTURE FINE	43
1.3 ROLES DE L'AMENAGISTE, DU SYLVICULTEUR ET DU MARTELEUR.....	45
1.4 DIFFICULTES D'APPLICATION.....	47
1.5 LACUNES DU PROJET	48
1.6 DIFFUSION.....	49
CONCLUSION.....	50
GLOSSAIRE.....	51
REFERENCES.....	52

Liste des tableaux

TABLEAU 1.	ZONAGE ET VOCATIONS DES QUATRE SECTEURS ETUDIÉS.....	10
TABLEAU 2.	SUPERFICIE DES SECTEURS ET INTENSITES D’ECHANTILLONNAGE.....	11
TABLEAU 3.	PORTRAIT FORESTIER DU SECTEUR BEN-NORD.....	12
TABLEAU 4.	PORTRAIT FORESTIER DU SECTEUR BEN-SUD.....	13
TABLEAU 5.	PORTRAIT FORESTIER DU SECTEUR GAUDRY-EST.....	14
TABLEAU 6.	PORTRAIT FORESTIER DU SECTEUR GAUDRY-OUEST.....	15
TABLEAU 7.	FREQUENCE DES INDICATEURS DE SOLS MINCES ET DE MAUVAIS DRAINAGE.....	16
TABLEAU 8.	ABONDANCE DES PRINCIPALES ESPECES COMPETITRICES.....	16
TABLEAU 9.	DIRECTIVES DE MARTELAGE POUR LE SECTEUR BEN-NORD.....	21
TABLEAU 10.	POTENTIEL D’ABRI ET PROPORTION EN SURFACE TERRIERE DES DIFFERENTES ESSENCES RESINEUSES DANS LE SECTEUR BEN-SUD.....	23
TABLEAU 11.	ABONDANCE ET IMPORTANCE DANS LE REGIME ALIMENTAIRE DU CERF DES PRINCIPALES ESPECES COMPETITRICES PRESENTES DANS LE SECTEUR BEN-SUD.....	23
TABLEAU 12.	DIRECTIVES DE MARTELAGE POUR LE SECTEUR BEN-SUD.....	26
TABLEAU 13.	DIRECTIVES DE MARTELAGE POUR LE SECTEUR GAUDRY-EST.....	28
TABLEAU 14.	DIRECTIVES DE MARTELAGE POUR LE SECTEUR GAUDRY-OUEST.....	30
TABLEAU 15.	ORIENTATIONS, DIRECTIVES DE MARTELAGE, INDICATEURS, OBJECTIFS ET PROCEDURE DE SUIVI POUR LE SECTEUR BEN-NORD.....	31
TABLEAU 16.	ORIENTATIONS, DIRECTIVES DE MARTELAGE, INDICATEURS, OBJECTIFS ET PROCEDURE DE SUIVI POUR LE SECTEUR BEN-SUD.....	32
TABLEAU 17.	ORIENTATIONS, DIRECTIVES DE MARTELAGE, INDICATEURS, OBJECTIFS ET PROCEDURE DE SUIVI POUR LE SECTEUR GAUDRY-EST.....	33
TABLEAU 18.	ORIENTATIONS, DIRECTIVES DE MARTELAGE, INDICATEURS, OBJECTIFS ET PROCEDURE DE SUIVI POUR LE SECTEUR GAUDRY-OUEST.....	34
TABLEAU 19.	DIAMETRES D’EXPLOITABILITE.....	36
TABLEAU 20.	INTENSITE MOYENNE DU PRELEVEMENT EN SURFACE TERRIERE SIMULE.....	38
TABLEAU 21.	NOMBRE D’ANNEES NECESSAIRE POUR RECONSTITUER LE CAPITAL EN VOLUME.....	39
TABLEAU 22.	ÉVOLUTION DE LA QUALITE ENTRE L’INSTANT INITIAL (AVANT COUPE, T = 0) ET LA FIN DE LA ROTATION.....	40

Liste des figures

FIGURE 1.	ÉTAPES DU PROCESSUS DE SYLVICULTURE PAR OBJECTIFS.....	43
FIGURE 2.	DEMARCHE ET RESULTATS DE LA SYLVICULTURE « TRADITIONNELLE ».....	44
FIGURE 3.	DEMARCHE ET RESULTATS DE LA SYLVICULTURE « FINE ».....	44
FIGURE 4.	ROLES DE L'AMENAGISTE, DU SYLVICULTEUR ET DU MARTELEUR DANS LA DEMARCHE DE SYLVICULTURE PAR OBJECTIFS.....	46

Liste des annexes

ANNEXE 1.	LOCALISATION DES SECTEURS D'ETUDE.....	II
ANNEXE 2.	PEUPELEMENTS, STRATES D'INVENTAIRE ET PARCELLES D'INVENTAIRE POUR LE SECTEUR DU LAC BEN (HAUT) ET LE SECTEUR GAUDRY (BAS).....	III
ANNEXE 3.	CLASSIFICATION DES TIGES EN TERMES DE VIGUEUR ET DE QUALITE.....	IV
ANNEXE 4.	ABONDANCE DES DIFFERENTES ESSENCES.....	VI
ANNEXE 5.	CARACTERISTIQUES DE STRUCTURE DES PEUPELEMENTS.....	VII
ANNEXE 6.	ESSENCES DOMINANTES PAR PARCELLE D'INVENTAIRE POUR LE SECTEUR BEN-NORD (HAUT) ET LE SECTEUR BEN-SUD (BAS).....	VIII
ANNEXE 7.	ESSENCES DOMINANTES PAR PARCELLE D'INVENTAIRE POUR LE SECTEUR GAUDRY-EST (HAUT) ET LE SECTEUR GAUDRY-OUEST (BAS).....	IX
ANNEXE 8.	REGENERATION, CONDITIONS EDAPHIQUES ET ESSENCES COMPETITRICES.....	X
ANNEXE 9.	SURFACE TERRIERE EN RESINEUX PAR PARCELLE POUR LE SECTEUR BEN-SUD.....	XI
ANNEXE 10.	LISTE DES ESSENCES PRESENTES DANS LA ZONE D'ETUDE.....	XII
ANNEXE 11.	SURFACE TERRIERE PAR PLACETTE AVANT COUPE (HAUT) ET APRES COUPE (BAS) POUR LE SECTEUR BEN-NORD.....	XIII
ANNEXE 12.	SURFACE TERRIERE PAR PLACETTE AVANT COUPE (HAUT) ET APRES COUPE (BAS) POUR LE SECTEUR BEN-SUD.....	XIV
ANNEXE 13.	SURFACE TERRIERE PAR PLACETTE AVANT COUPE (HAUT) ET APRES COUPE (BAS) POUR LE SECTEUR GAUDRY-EST.....	XV
ANNEXE 14.	SURFACE TERRIERE PAR PLACETTE AVANT COUPE (HAUT) ET APRES COUPE (BAS) POUR LE SECTEUR GAUDRY-OUEST.....	XVI
ANNEXE 15.	SIMULATIONS DE CROISSANCE : PARAMETRES UTILISES.....	XVII
ANNEXE 16.	SIMULATIONS DE CROISSANCE : EVOLUTION DU VOLUME TOTAL SUR UNE ROTATION.....	XVIII
ANNEXE 17.	SIMULATIONS DE CROISSANCE : EVOLUTION DE LA SURFACE TERRIERE SUR UNE ROTATION.....	XVIII
ANNEXE 18.	SIMULATIONS DE CROISSANCE : EVOLUTION DE LA QUALITE SUR UNE ROTATION.....	XIX
ANNEXE 19.	SIMULATIONS DE CROISSANCE : EVOLUTION DE LA COMPOSITION SUR UNE ROTATION.....	XXII

Liste des abréviations

AS : Aide-Sylviculteur (logiciel d'aide à la décision pour les coupes sélectives développé par l'IQAFF)

BOJ : bouleau jaune

CD : coefficient de distribution

CHR : chêne rouge

CPE : coupe progressive d'ensemencement

DLG : débris ligneux grossiers

DHP : diamètre à hauteur de poitrine

DHPex : diamètre d'exploitabilité

ERS : érable à sucre

GFP : Groupement Forestier du Pontiac

GIR : gestion intégrée des ressources

IQAFF : Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue

MEF : Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec

MRN : Ministère des Ressources naturelles du Québec

OMNR : Ontario Ministry of Natural Resources

PFD : plants de fortes dimensions

PIB : pin blanc

ST : surface terrière

Introduction

La multiplicité des objectifs à prendre en compte rend extrêmement complexe le choix d'un traitement sylvicole en forêt feuillue. Or, de plus en plus, la planification forestière s'effectue en fonction des intérêts de l'ensemble des utilisateurs, grâce à l'adoption d'un mode de gestion visant à favoriser l'utilisation harmonieuse de la totalité des ressources du milieu forestier : la gestion intégrée des ressources (GIR). La mise en place de ce nouveau type de gestion, qui nécessite la conciliation d'**orientations** souvent contradictoires (production de matière ligneuse, maintien de la biodiversité, aménagement faunique, récréation...) (MEF, MRN, 1999), ne peut qu'augmenter la complexité du choix des traitements.

Du fait de l'impossibilité d'établir des normes de martelage permettant d'atteindre toutes les combinaisons d'objectifs possibles, la sylviculture traditionnelle n'est pas adaptée à la gestion intégrée des ressources. Le présent projet visait à appliquer en forêt feuillue publique la méthodologie de **sylviculture par objectifs** élaborée par Nolet et Sabbagh (2001) pour la forêt feuillue privée. Il s'agissait de tester le potentiel de la sylviculture par objectifs en tant qu'outil permettant aux sylviculteurs de choisir et d'appliquer les traitements sylvicoles appropriés en fonction des orientations établies lors de la planification régionale. Par ailleurs, un des buts du projet était d'établir les différences entre la sylviculture par objectifs et la sylviculture normative.

Quatre secteurs correspondant à quatre vocations différentes ont servi de base à la mise en place du cadre méthodologique. Ces quatre secteurs correspondaient à deux types de peuplements forestiers, couplés à deux types de sylviculture : sylviculture intensive et sylviculture extensive.

Nous nous attacherons dans un premier temps à élaborer des scénarios sylvicoles permettant d'atteindre les orientations fixées dans chacun des secteurs, ainsi que des procédures de suivi permettant de mesurer la réalisation des orientations. Dans un second temps, à la lumière de l'expérience acquise, nous apporterons des éléments de discussion et formulerons des recommandations sur l'application de la démarche de sylviculture par objectifs en forêt feuillue publique.

Application de la démarche de sylviculture par objectifs aux secteurs étudiés

1.1 Zone d'étude

La zone d'étude (Annexe 1) est située dans la zone de végétation tempérée nordique et dans la sous-zone de la forêt décidue, au sud-est du domaine climatique de l'érablière à bouleau jaune (MRN, 1998). La saison de croissance a une durée de 170 à 180 jours et les précipitations annuelles moyennes varient entre 800 et 1000 mm. Le relief est modérément accidenté, avec de petites vallées encaissées. La plupart des versants sont couverts par des tills minces. Les sites mésiques sont occupés par la végétation potentielle de l'érablière à tilleul et celle de l'érablière à bouleau jaune. Les hauts de pente sont occupés par l'érablière à ostryer, tandis que les sites sur dépôts minces et affleurements rocheux sont colonisés par l'érablière à chêne rouge et la pinède à pin blanc ou à pin rouge. Les sites à drainage modéré à imparfait sont couverts par la sapinière à érable rouge et les dépôts organiques par la cédrière tourbeuse (Robitaille et Saucier, 1998).

La zone étudiée appartient à l'Aire commune 71-04 de l'Unité de gestion 71. Elle est divisée en deux secteurs : le secteur du lac Ben, subdivisé en deux sous-secteurs (Ben-Sud et Ben-Nord) et le secteur Gaudry, divisé en Gaudry-Est et Gaudry-Ouest (Annexe 2). L'altitude varie entre 250 et 300 mètres.

1.2 Choix des vocations

Le secteur Ben-Nord était constitué de peuplements à production prioritaire de pin blanc et chêne rouge et à vocation « matière ligneuse intensive ». Dans le secteur Ben-Sud, la vocation était la production de matière ligneuse de pin blanc et chêne rouge couplée à une orientation faunique (aménagement d'un ravage de cerfs de Virginie). Le secteur Gaudry-Est correspondait à une production prioritaire de bouleau jaune et d'érable à sucre dans un cadre de sylviculture intensive, et le secteur Gaudry-Ouest à une production prioritaire de bouleau jaune et d'érable à sucre couplée à une orientation de récréation (Tableau 1).

Tableau 1. Zonage et vocations des quatre secteurs étudiés

Secteur	Zonage	Vocation
Ben-Nord	Foresterie intensive	Production prioritaire de bois d'œuvre de pin blanc et chêne rouge
Ben-Sud	Foresterie extensive	Production prioritaire de bois d'œuvre de pin blanc et chêne rouge et aménagement pour le cerf de Virginie
Gaudry-Est	Foresterie intensive	Production prioritaire de bois d'œuvre de bouleau jaune et d'érable à sucre
Gaudry-Ouest	Foresterie extensive	Production prioritaire de bois d'œuvre de bouleau jaune et d'érable à sucre et amélioration de la qualité visuelle des paysages

1.3 Potentialités des secteurs

1.3.1 Méthodologie

1.1.1.1 Inventaire

L'inventaire d'intervention initial de Produits Forestiers Coulonge Inc., réalisé avec une intensité d'une parcelle tous les quatre hectares, a été complété afin d'obtenir une intensité d'échantillonnage finale d'environ une parcelle par hectare (Tableau 2).

En plus des données de structure et de composition des peuplements, des données sur la régénération (diamètre supérieur à 2 cm), les espèces compétitrices ainsi que la présence d'indicateurs de sol mince et de mauvais drainage ont été récoltées sur environ 75 % des parcelles dans chaque secteur. Les variables suivantes ont été notées :

- régénération : essence et classe de diamètre (2-4, 4-6, 6-8 et 8-10 cm) ;
- essences compétitrices : présence/absence de l'érable à épi, de l'érable de Pennsylvanie, du noisetier à long bec, du cerisier de Pennsylvanie et de la viorne à feuilles d'aulne ;
- indicateurs de sol mince : sommet de colline, affleurements fréquents, pierrosité de surface, pente forte, autre ;
- indicateurs de mauvais drainage : dépression, proximité d'un ruisseau, autre.

Tableau 2. Superficie des secteurs et intensités d'échantillonnage

Secteur	Superficie (ha)	Nombre de parcelles	Intensité d'échantillonnage (nombre de parcelles par hectare)
Ben-Nord	37	28	0,8
Ben-Sud	30	31	1,0
Gaudry-Est	37	28	0,8
Gaudry-Ouest	33	31	0,9

2.1.1.1 Présentation des résultats : notion de **diamètre d'exploitabilité** et classification des tiges

L'ensemble de la méthodologie adoptée dans ce projet est basée sur une classification des tiges en terme de vigueur (Annexe 3) et de catégorie de diamètres. On distingue trois catégories de diamètre :

- petites tiges (désignées par la lettre P) : DHP compris entre 10 et 23,9 cm,
- tiges moyennes (désignées par la lettre M) : DHP compris entre 24 cm et le diamètre d'exploitabilité,
- grosses tiges (désignées par la lettre G) : DHP supérieur au diamètre d'exploitabilité.

Le diamètre d'exploitabilité peut se définir comme le diamètre de récolte permettant d'atteindre de façon optimale les objectifs fixés (par exemple la production de bois d'œuvre de qualité). Il s'agit le plus souvent du diamètre de maturité économique. Cependant, le choix d'un diamètre d'exploitabilité peut également prendre en compte d'autres critères, comme la maturité sylvicole (potentiel de semencier) ou encore le potentiel d'utilisation pour la faune. Brown (1992, 1994) souligne l'utilité du concept de diamètre de maturité, de préférence à celui de l'âge de maturité, pour améliorer les pratiques d'aménagement et tirer le meilleur parti du potentiel de production des peuplements en place. En l'absence d'études portant sur le diamètre d'exploitabilité des autres essences, ceux-ci ont été fixés de façon relativement arbitraire pour le projet (voir p. 35).

Les surfaces terrières ont été calculées par le logiciel AS (Nolet *et al.*, 2001 ; Sabbagh et Nolet, 2002), qui effectue les regroupements suivants entre les tiges :

- petites tiges et tiges moyennes de vigueur 1, notées P1M1 : tiges d'avenir du peuplement, à laisser sur pied ; récolter une tige de vigueur 1 et de diamètre inférieur au diamètre d'exploitabilité reviendrait à commettre un **sacrifice d'exploitabilité** ;
- tiges moyennes et grosses tiges de vigueur 3 et grosses tiges de vigueur 1, notées M3G3G1 : cette catégorie correspond aux tiges dont la récolte est prioritaire ;
- tiges de vigueur 4, notées T4.

1.3.2 Portrait des secteurs

Les inventaires ont permis de dresser un portrait forestier des quatre secteurs d'étude (Tableaux 3 à 6, Annexes 3 à 6).

3.1.1.1 Structure des peuplements

Le potentiel de récolte total peut être évalué à l'aide du pourcentage de la surface terrière totale constituée de tiges de vigueur 3 et de tiges de vigueur 1 ayant atteint le diamètre d'exploitabilité (p. 35). Ce potentiel est élevé dans l'ensemble des secteurs. En revanche, le potentiel de récolte en essences désirées (pin blanc et chêne rouge dans le secteur du lac Ben, bouleau jaune et érable à sucre dans le secteur Gaudry) est plus faible. Les petites tiges des essences désirées sont rares ; en outre, la régénération en essences désirées est insuffisante dans tous les secteurs (Tableaux 3 à 6).

Tableau 3. Portrait forestier du secteur Ben-Nord

ST totale (m ² /ha)		de 18 à 44 ; moyenne 30,1
abondance des essences-objectif (%)		- 77 % des parcelles composées majoritairement de PIB ou de CHR - 87 % des parcelles contiennent du PIB ou du CHR parmi les deux essences principales
potentiel de récolte (%)	total	43 %, soit 24 % de tiges M3G3G1 et 19 % de tiges T4
	en PIB-CHR	tiges M3G3G1 et T4 de PIB-CHR = 12 % de la ST totale
qualité	globale	- tiges d'avenir (P1M1) = 57 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 = 19 % de la ST totale
	en PIB-CHR	- tiges d'avenir (P1M1) de PIB-CHR = 37 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 de PIB-CHR = 4 % de la ST totale
tiges P1 et régénération	globalement	- tiges P1 = 11 % de la ST totale - régénération assez rare, sauf en ERS
	en PIB-CHR	- tiges P1 de PIB-CHR = 4 % de la ST totale - régénération quasi absente

Tableau 4. Portrait forestier du secteur Ben-Sud

ST totale (m ² /ha)		de 16 à 44 ; moyenne 28
abondance des essences -objectif (%)		<ul style="list-style-type: none"> - 74 % des parcelles composées majoritairement de PIB ou de CHR - 84 % des parcelles contiennent du PIB ou du CHR parmi les deux essences principales
potentiel de récolte (%)	total	43, soit 20 % de tiges M3G3G1 et 23 % de tiges T4
	en PIB-CHR	tiges M3G3G1 et T4 de PIB-CHR = 19 % de la ST totale
qualité	globale	bonne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) = 57 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 = 25 % de la ST totale
	en PIB-CHR	assez bonne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) de PIB-CHR = 44 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 de PIB-CHR = 2 % de la ST totale
tiges P1 et régénération	globalement	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 = 15 % de la ST totale - régénération assez rare, sauf en HEG
	en PIB-CHR	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 de PIB-CHR = 4 % de la ST totale - régénération très rare

Tableau 5. Portrait forestier du secteur Gaudry-Est

ST totale (m ² /ha)		de 2 à 42 ; moyenne 23,3
abondance des essences-objectif (%)		<ul style="list-style-type: none"> - 22 % des parcelles composées majoritairement de BOJ - 34 % des parcelles contiennent du BOJ parmi les deux essences principales
potentiel de récolte (%)	total	56, soit 33 % de tiges M3G3G1 et 23 % de tiges T4
	en BOJ	tiges M3G3G1 et T4 de BOJ = 6 % de la ST totale
qualité	globale	moyenne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) = 44 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 = 23 % de la ST totale
	en BOJ	moyenne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) de BOJ = 3 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 de BOJ = 3 % de la ST totale
tiges P1 et régénération	globalement	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 = 21 % de la ST totale - régénération assez rare, sauf en ERR
	en BOJ-ERS	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 de BOJ-ERS= 4 % de la ST totale - régénération rare

Tableau 6. Portrait forestier du secteur Gaudry-Ouest

ST totale (m ² /ha)		de 12 à 32 ; moyenne 22,1
abondance des essences-objectif (%)		<ul style="list-style-type: none"> - Aucune parcelle ne contient du BOJ parmi les deux essences principales - 88 % des parcelles composées majoritairement de ERS - 94 % contiennent du ERS parmi les deux essences principales
potentiel de récolte (%)	total	60, soit 36 % de tiges M3G3G1 et 24 % de tiges T4
	en ERS	tiges M3G3G1 et T4 de ERS = 30 % de la ST totale
qualité	globale	moyenne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) = 40 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 = 25 % de la ST totale
	en ERS	moyenne, <ul style="list-style-type: none"> - tiges d'avenir (P1M1) de ERS = 19 % de la ST totale - tiges de vigueur 4 de ERS = 11 % de la ST totale
tiges P1 et régénération	globalement	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 = 15 % de la ST totale - régénération moyennement abondante en ERS et CHR
	en BOJ-ERS	<ul style="list-style-type: none"> - tiges P1 de BOJ = 0 % de la ST totale - tiges P1 de ERS = 5 % de la ST totale - régénération quasi absente en BOJ et assez rare en ERS

4.1.1.1 Conditions édaphiques

Les sols minces sont répandus dans le secteur du lac Ben et rares dans le secteur Gaudry. Seul le secteur Gaudry-Est possède des sols mal drainés en proportion non négligeable (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**, Annexe 8).

Tableau 7. Fréquence des indicateurs de sols minces et de mauvais drainage

Secteur	Ben-Nord	Ben-Sud	Gaudry-Est	Gaudry-Ouest
Sols minces (% d'occurrence)	60	71	33	15
Mauvais drainage (% d'occurrence)	rare	rare	33	12

5.1.1.1 Espèces compétitrices

La présence d'espèces compétitrices (notamment l'érable de Pennsylvanie, le noisetier à long bec et l'érable à épis) est fréquente (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**, Annexe 8)

Tableau 8. Abondance de s principales espèces compétitrices

Secteur	Ben-Nord	Ben-Sud	Gaudry-Est	Gaudry-Ouest
Noisetier à long bec	+++	++	+++	+++
Érable de Pennsylvanie	++	+	+	++
Érable à épis	-	+	++	+

+++ % d'occurrence supérieur à 75 ;
 ++ % d'occurrence compris entre 45 et 75 ;
 + % d'occurrence compris entre 15 et 45 ;
 - % d'occurrence inférieur à 15.

1.4 Attribution des orientations aux secteurs

À chaque secteur a été attribuée une combinaison d'orientations. Les rencontres avec les divers intervenants ont abouti, pour chaque secteur, à une hiérarchisation grossière des orientations retenues : celles-ci ont été séparées en orientations principales et orientations secondaires. On trouvera ci-après la justification de ces orientations, avec entre parenthèses le nom du ou des secteur(s) concerné(s).

6.1.1.1 Satisfaire les commandes de pin blanc (secteurs Ben-Nord et Ben-Sud).

Le secteur Ben-Nord, auquel correspond un zonage de foresterie intensive, est celui dont on s'attend à récolter la majeure partie du volume commandé.

7.1.1.1 Assurer un rendement soutenu en pin blanc et chêne rouge par une normalisation des peuplements à l'échelle régionale (secteurs Ben-Nord et Ben-Sud)

Dans le passé, la récolte de pin blanc a souvent été accomplie par des coupes sélectives ou des coupes à diamètre limite, ce qui donnait lieu à une régénération très variable en fonction de la proportion de pins blancs récoltés. Par ailleurs, les inventaires d'intervention indiquent que la majorité des peuplements de pin blanc et chêne rouge de la région de l'Outaouais sont âgés d'environ 80 à 90 ans. En vue de garantir un approvisionnement continu de ces essences, il importe d'assurer un renouvellement de certains peuplements en favorisant la régénération.

8.1.1.1 Améliorer la qualité du ravage de cerfs de Virginie (secteur Ben-Sud)

L'affectation d'une orientation faunique au secteur Ben-Sud découle de la présence d'un ravage dans ce secteur. La permanence des aires de confinement du cerf de Virginie est essentielle à la survie de l'espèce sous nos latitudes (Jaccard, 2001).

9.1.1.1 Améliorer la qualité de l'ambiance en forêt (secteur Gaudry-Ouest)

Il s'agit de développer le potentiel de récréation en améliorant la qualité de l'ambiance en forêt. Cette orientation récréative a été attribuée de façon relativement arbitraire au secteur Gaudry-Ouest pour les besoins du projet ; ce secteur ne comporte aucun aménagement récréatif particulier.

10.1.1.1 Favoriser la croissance en qualité des essences désirées (tous les secteurs)

De nombreuses forêts de la région de l'Outaouais ont subi par le passé des coupes d'écrémage. Il est donc important d'augmenter la qualité de la ressource, et ce, d'autant plus que les bois de qualité « sciage » et « déroulage » ont une valeur ajoutée largement supérieure à celle du bois à pâte.

11.1.1.1 Maintenir l'intégrité des sols (tous les secteurs)

Le maintien de l'intégrité des sols nécessite des précautions particulières, notamment dans les secteurs où le sol est mince, afin de prévenir les risques d'érosion et de scalpage.

12.1.1.1 Maintenir la biodiversité animale (tous les secteurs)

Lors du Conseil Canadien des Ministres des Forêts de 1992, le maintien de la biodiversité est devenu l'un des six critères de l'aménagement durable des forêts. La certification forestière constitue dès à présent pour les industriels un incitatif supplémentaire à inclure l'orientation de conservation de la biodiversité dans leurs aménagements.

1.5 Des orientations sectorielles aux directives de martelage

1.5.1 Démarche

Une fois les orientations sectorielles élaborées, on définit des stratégies d'action, c'est-à-dire les méthodes employées (traitement sylvicole, scénario d'aménagement...) pour atteindre les orientations fixées. Le choix des stratégies d'action doit tenir compte des caractéristiques de structure et de composition des peuplements. L'étape suivante est l'élaboration des directives de martelage, puis des modalités d'intervention, qui précisent la manière dont les directives seront appliquées.

Pour chacune des orientations, des indicateurs et des objectifs de performance ont été établis (Tableaux 15 à 18 p. 31 à 34) pour permettre d'évaluer le degré de réalisation des orientations et la pertinence des stratégies proposées. Un indicateur peut se définir comme une variable quantitative permettant de mesurer l'effet des directives par rapport à l'orientation fixée. L'objectif est la valeur-cible de l'indicateur que l'on souhaite obtenir. On peut également définir une valeur-seuil, c'est-à-dire la valeur minimale de l'indicateur que l'on considère comme acceptable¹. En outre, un protocole de suivi a été élaboré pour chaque indicateur. Dans une perspective d'amélioration continue, on a déterminé des actions rétroactives visant à augmenter, si nécessaire, le degré de réalisation des orientations.

Note : une stratégie d'action est retenue globalement en fonction d'une combinaison d'orientations. En revanche, à chaque orientation correspondent une ou des directive(s) de martelage spécifique(s) et un ou des indicateur(s) spécifique(s) (Tableaux 15 à 18 p. 31 à 34).

¹ Les valeurs quantitatives des objectifs indiquées dans les tableaux 15 à 18 sont des estimations grossières, qui devront être précisées. En particulier, le nombre d'îlots par hectares à conserver pour le cerf est extrêmement difficile à établir, du fait du manque de données précises sur les caractéristiques des îlots utilisés par le cerf en termes d'efficacité d'habitat hivernal (Jaccard, 2001).

1.5.2 Application de la démarche dans les quatre secteurs

13.1.1.1 Ben-Nord

- Orientations

Les deux orientations principales sont 1) satisfaire le besoin d'approvisionnement en pin blanc et 2) maintenir la récolte de pin blanc et chêne rouge au niveau régional (normalisation). Les orientations secondaires sont l'augmentation de la croissance en qualité, la protection des sols et le maintien de la biodiversité.

- Ressources et contraintes

Le secteur possède actuellement un potentiel de récolte intéressant. En revanche, la régénération et les jeunes tiges de qualité de pin blanc et chêne rouge sont rares. La forte proportion de sols minces suggère des risques d'érosion. La végétation compétitrice est abondante.

- Stratégie d'action

Étant donnée la faible quantité de régénération et de jeunes tiges de qualité de pin blanc et de chêne rouge, une coupe de régénération s'impose. La coupe progressive d'ensemencement (40 à 45 % de prélèvement) semble le traitement à privilégier. Si la régénération se révèle insuffisante lors de l'inventaire de régénération, l'enrichissement avec des plants à forte dimension (PFD) pourrait permettre de limiter la concurrence exercée par le noisetier et l'érable de Pennsylvanie, étant donné que la présence de sols minces constitue un frein au scarifiage. Les avantages de la CPE par rapport aux orientations définies sont les suivants :

- ✍ L'intensité importante du prélèvement répond au besoin d'approvisionnement en pin blanc. L'ouverture importante du couvert et le brassage du sol suite aux opérations permet d'établir une banque de semis de pin blanc et chêne rouge, ce qui devrait assurer le renouvellement du peuplement à des fins de normalisation de la récolte au niveau régional.
- ✍ La coupe progressive d'ensemencement occasionne une augmentation de la dimension des cimes (Vlasiu, 2001). En outre, de par la protection offerte par le couvert résiduel, ce traitement est garant d'un faible risque d'infection par la rouille (Pinto, 1992) et le char ançon (Horton et Bedell, 1960 ; Stiell et Berry, 1985 ; Chapeskie *et al.*, 1989). D'autre part, la forte intensité de prélèvement devrait avoir pour effet de minimiser les blessures aux arbres résiduels, étant donné que les opérateurs de machinerie disposeront de l'espace nécessaire à la réalisation des travaux de récolte. Ce type de coupe devrait donc permettre de répondre à l'orientation de croissance en qualité du pin blanc et du chêne rouge.

Les orientations de maintien de la biodiversité et de protection des sols sont prises en compte par des directives spécifiques (voir p. 21).

- Modalités d'intervention

La coupe devrait avoir lieu lors d'une bonne année semencière. Par ailleurs, il est nécessaire de s'assurer que la régénération est bien établie avant de réaliser la coupe finale (10 à 15 ans après la coupe d'ensemencement).

- Directives de martelage (Tableau 9)

La récolte de l'ensemble des tiges T3 et G1 et de la quasi totalité des tiges de vigueur 4 assure l'ouverture du peuplement en réduisant les sacrifices d'exploitabilité. L'interdiction de récolter les P1M1 assure la croissance en qualité des tiges d'avenir, qui serviront en même temps de semenciers.

La directive 2a (Tableau 9) répond à l'orientation de maintien de la biodiversité. Les arbres de vigueur 4 comprennent des chicots riches en cavités appréciées par la faune. Les arbres de gros diamètre sont les plus utilisés. On conservera donc cinq tiges M4 et une tige G4 par hectare (OMNR, 2001). On conservera également des débris ligneux grossiers, c'est-à-dire des pièces d'arbre de plus de 7,5 cm de diamètre. La directive 4 correspond à l'orientation de protection des sols.

Tableau 9. Directives de martelage pour le secteur Ben-Nord

1	Récolter tous les T3 et les G1	
2	Récolter tous les T4 sauf dans le cas suivant :	
2a	Si présence de T4 avec des cavités ou des indices d'utilisation	Laisser 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis. Favoriser une diversification d'essences dans les T4 laissés sur pied.
3	Aucun prélèvement des tiges P1 et M1 sauf dans les cas suivants :	
3a	Si présence de régénération de PIB ou CHR en sous-étage	Ouvrir le couvert suffisamment pour permettre à la régénération de s'établir. À potentiel égal, conserver le PIB et le CHR de préférence aux autres essences.
3b	Si nécessaire pour dégager des tiges feuillues P1 et M1 de la compétition	Prélever la tige ayant le plus faible potentiel de sciage. À potentiel égal, conserver le PIB et le CHR de préférence aux autres essences. Attention à conserver un couvert d'éducation.
4	Si pente importante (risque d'érosion)	Conserver une ST minimale de 20 m ² /ha

14.1.1.1 Ben-Sud

- Orientations

Les deux orientations principales sont 1) l'amélioration de la qualité de l'habitat du cerf et 2) la production de pin blanc afin de satisfaire aux commandes faites à Produits Forestiers Coulonge Inc. Remarquons en premier lieu que le maintien d'un couvert d'abri dicté par l'orientation d'aménagement pour le cerf semble dans une large mesure compatible avec la production de matière ligneuse de qualité destinée à satisfaire le besoin d'approvisionnement en pin blanc. En effet, la production de bois de fortes dimensions va de pair avec l'accroissement de la dimension des cimes, qui a un effet positif sur l'abri ; de plus, la production de matière ligneuse de qualité nécessite des interventions fréquentes, avec comme conséquence une augmentation de la nourriture disponible pour le cerf.

Les orientations secondaires sont l'augmentation de la croissance en qualité, la normalisation à l'échelle régionale, la protection des sols et le maintien de la biodiversité.

- Ressources et contraintes

✍ Caractéristiques d'un ravage de cerfs de Virginie

Les trois caractéristiques de base d'un ravage sont l'abri offert par les essences résineuses, la nourriture provenant des pousses de diverses essences feuillues ainsi que le degré d'entremêlement de ces deux composantes (Jaccard, 2001). L'abri contribue à réduire les pertes énergétiques chez le cerf en limitant l'effet refroidissant du vent et l'accumulation de neige au sol. La qualité de l'abri varie en fonction de la structure et de la composition des peuplements résineux ou mélangés à dominance résineuse qui le composent. Certains peuplements résineux peuvent offrir un potentiel d'abri de plusieurs hectares. Toutefois, un bon abri peut aussi être constitué de quelques résineux matures seulement, regroupés en une structure dense appelée îlot à l'intérieur de peuplements mélangés. Certaines essences, comme la pruche du Canada et le thuya occidental, présentent un excellent potentiel d'abri, alors que d'autres essences, comme les pins blanc et rouge, sont moins efficaces en raison de leur plus faible capacité de rétention de la neige (Lamontagne et Potvin, 1994 ; Tableau 10).

✍ Abri actuel

Seulement 23 % des parcelles ont une surface terrière résineuse supérieure à 20 m²/ha, tandis que 6 % des parcelles ont une surface terrière résineuse supérieure à 25 m²/ha. Les résineux représentent en moyenne 40 % de la surface terrière (Annexe 9). Il est extrêmement difficile d'estimer le nombre d'îlots pouvant servir d'abri au chevreuil. Le pourcentage de parcelles d'inventaire comportant plus de 75 % de résineux en surface terrière pourrait donner une indication, à condition que l'on puisse considérer les parcelles comme des îlots. Ce pourcentage est égal à 6. En l'absence de pruche, de thuya et d'épinette rouge, le pin blanc, le sapin baumier et l'épinette blanche représentent les essences les plus efficaces en terme d'abri ; parmi ces trois dernières essences, seul le pin blanc est présent en quantité importante (Tableau 10). Le secteur étudié appartient à la zone de caractérisation « Outaouais » (Germain *et al.*, 1991), pour laquelle le pourcentage d'abri visé est de 20 %, ce qui, d'après MEF (1998), correspond à une densité-cible de 30 cerfs par km². Même s'il est malaisé d'estimer le pourcentage d'abri actuel, il est clair que les peuplements à potentiel d'abri sont déficients dans ce secteur.

Tableau 10. Potentiel d'abri et proportion en surface terrière des différentes essences résineuses dans le secteur Ben-Sud (les potentiels d'abri sont tirés de OMNR, 2001)

Essence	PRU	THO	EPR	EPB	SAB	PIB	EPN	PIR
Potentiel d'abri*	+++	+++	+++	++	++	++	+	+
% ST totale	0	0	0	1,3	2,9	33,3	0,7	1,3
% ST résineuse	0	0	0	3,3	7,3	84,3	1,8	3,3

* +++ = fort ; ++ = moyen ; + = faible

☞ Abri futur

La régénération résineuse constitue le potentiel d'abri futur du peuplement. 42 % des parcelles possèdent de la régénération résineuse et seulement 21 % possèdent de la régénération en pin blanc. Les tiges P1 de pin blanc sont rares.

☞ Sols et végétation compétitrice

La forte proportion de sols minces suggère des risques d'érosion. La végétation compétitrice, qui constitue à la fois une entrave à la régénération du pin blanc et une source de nourriture pour le cerf (Tableau 11), est abondante.

Tableau 11. Abondance et importance dans le régime alimentaire du cerf des principales espèces compétitrices présentes dans le secteur Ben-Sud

Espèce	Érable à épis	Noisetier à long bec	Érable de Pennsylvanie
Importance dans le régime alimentaire	+++	++	+
Abondance dans le secteur Ben-Sud	+	++	+

- Stratégie d'action

Pour pallier l'insuffisance de la composante d'abri pour le cerf, on augmentera la proportion de résineux en effectuant un martelage sélectif orienté vers la récolte de feuillus. Les îlots actuels doivent être maintenus jusqu'à ce que les nouvelles zones d'abri créées par les aménagements soient fonctionnelles. La stratégie d'action est donc double : il faut 1) conserver les zones d'abri existantes et 2) aménager de nouvelles zones d'abri pour le futur en créant des trouées dans les zones feuillues et en protégeant la régénération résineuse. On effectuera des coupes partielles (~ 35 à 40 % de prélèvement) orientées vers la récolte de feuillus à intervalles de 20 ans. On estime que la régénération résineuse nouvellement établie devrait constituer un abri efficace vers l'âge

de 40 ans (évaluation basée sur les tables de production de pin blanc sur station de qualité moyenne, d'après Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1987, utilisé dans Jaccard, 2001). Ainsi, à la troisième rotation, les îlots de résineux pourront être récoltés, après validation de l'efficacité d'abri de la régénération. De fréquentes interventions de dégagement de la régénération puis d'éclaircie pré-commerciale permettront d'accélérer le renouvellement du potentiel d'abri résineux, tout en augmentant la quantité de nourriture disponible pour le cerf. En cas de broutage important ou si la coupe ne coïncide pas avec une bonne année semencière, il se peut qu'un enrichissement en essences résineuses soit nécessaire afin de répondre aux différentes orientations. Un enrichissement mixte en PFD de pin blanc et d'épinette blanche pourrait permettre de limiter la concurrence arbustive, étant donné que la présence de sols minces constitue un frein au scarifiage. L'épinette blanche étant une essence peu broutée par le cerf, elle servira « d'assurance » pour l'abri futur du cerf dans le cas d'un échec de l'enrichissement en pin blanc.

Les avantages du système proposé par rapport aux orientations définies sont les suivants :

- ✍ L'ouverture du peuplement encourage la production de nourriture pour le cerf tandis que l'intensité du prélèvement répond au besoin d'approvisionnement (de façon partielle pour le pin blanc et plus importante pour les feuillus).
- ✍ L'ouverture importante du couvert et le brassage du sol suite aux opérations permet d'établir une banque de semis de pin blanc et chêne rouge, ce qui devrait assurer le renouvellement du peuplement d'abri pour le cerf ainsi qu'une normalisation de la récolte au niveau régional.
- ✍ Ce type de coupe devrait permettre de répondre à l'orientation d'augmentation de la croissance en volume de qualité du pin blanc et du chêne rouge (voir p. 19).

Les orientations de maintien de la biodiversité et de protection des sols sont prises en compte par des directives spécifiques (Tableau 12).

- Modalités d'intervention

Les coupes hivernales sont bénéfiques pour le cerf à plusieurs titres. Premièrement, les sentiers créés dans la neige par la machinerie sont très utilisés par le cerf. Par ailleurs, les coupes d'hiver endommagent moins la régénération, protégée sous le couvert de neige. Enfin, l'énergie emmagasinée dans les racines de certaines essences durant l'hiver leur permet de produire des rejets de souche plus nombreux et plus vigoureux, assurant ainsi la production de nourriture à court et moyen terme. En revanche, les coupes d'hiver sont peu favorables à la régénération du pin blanc, la neige diminuant considérablement la perturbation du sol occasionnée. Un bon compromis consisterait à réaliser les interventions à l'automne.

Lors d'une coupe par trouées, la concordance avec une bonne année semencière et la présence de bons semenciers est indispensable (Vlasiu *et al.*, 2001). Les trouées créées doivent être

situées à proximité de pins pouvant servir de semenciers afin de maximiser le succès de la régénération.

- Directives de martelage (Tableau 12)

Etant donnée l'importance de la conservation d'îlots de résineux comme abri pour le cerf, seules les tiges feuillues et les tiges résineuses isolées pourront être récoltées (directive 2, Tableau 12). Précisons que les tiges résineuses isolées peuvent jouer un rôle de lien entre les îlots lors du déplacement des bêtes. Toutefois, à cause de la nécessité de concilier l'orientation d'aménagement du ravage avec celle de production de pin blanc, on a choisi de récolter ces tiges isolées. Les îlots doivent respecter les critères suivants pour être préservés lors du martelage (adapté de Jaccard, 2001) :

- groupement d'au moins trois résineux dont les cimes se touchent ou sont sur le point de se rencontrer ;
- superficie de l'ordre de 50-100 m² ;
- pourcentage de projection des cimes au sol des résineux composant l'îlot supérieur à 40 % ;
- présence d'individus de hauteur supérieure à six mètres ;
- présence d'individus possédant des branches basses.

Dans les îlots denses, on pourra récolter certains individus, en laissant sur pied un minimum de trois arbres par îlot. On marquera prioritairement le pin rouge, dont le potentiel de couvert thermique est plus faible que celui du pin blanc (OMNR, 2001 ; Tableau 10). Les îlots situés au sommet d'une colline ou d'un monticule, particulièrement favorables, devraient autant que possible être laissés intacts.

Ce secteur participera à l'approvisionnement en pin blanc, bien que de façon moins importante que le secteur Ben-Nord, grâce à la récolte des individus isolés ou provenant d'îlots denses et appartenant à la catégorie M3G3G1 (directives 2a et 2b, Tableau 12). La récolte de la quasi totalité des tiges feuillues de type T3, T4 et G1 permet une ouverture du peuplement sans commettre de sacrifice d'exploitabilité. L'absence de récolte des tiges feuillues de type P1M1 assure la croissance en qualité des tiges d'avenir, notamment de chêne rouge. Les directives 1a et 4 (Tableau 12) répondent respectivement aux orientations de maintien de la biodiversité et de protection des sols.

Tableau 12. Directives de martelage pour le secteur Ben-Sud

1	Récolter tous les T3, T4 et les G1 feuillues, sauf dans le cas suivant :	
1a	Si présence de T4 avec des cavités ou des indices d'utilisation	Laisser 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis. Favoriser une diversification d'essences dans les T4 laissés sur pied.
2	Aucune récolte des essences résineuses, sauf dans les cas suivants :	
2a	Si T3, T4 ou G1 isolé, ne constituant pas un élément d'abri et à faible potentiel de semencier	
2b	Si T3, T4 ou G1 au sein d'un îlot de grande taille et/ou de forte densité	Conserver un minimum de trois à cinq tiges par îlot.
3	Aucun prélèvement de tiges P1 et M1 feuillues, sauf dans les cas suivants :	
3a	Si présence de régénération de PIB ou CHR en sous-étage	Ouvrir le couvert feuillu suffisamment pour permettre à la régénération de PIB ou CHR de s'établir.
3b	Si nécessaire pour dégager des tiges feuillues P1 et M1 de la compétition	Prélever la tige ayant le plus faible potentiel de sciage. À potentiel égal, conserver le PIB de préférence aux autres essences. Attention à conserver un couvert d'éducation.
4	Si pente importante (risque d'érosion)	Conserver une ST minimale de 20 m ² /ha

15.1.1.1 Gaudry-Est

- Orientations

L'orientation principale dans le secteur Gaudry-Est est l'augmentation de la croissance en qualité du bouleau jaune et de l'érable à sucre. Les orientations secondaires sont la protection des sols et le maintien de la biodiversité animale.

- Ressources et contraintes

L'érable à sucre est plus abondant que le bouleau jaune. Le potentiel de récolte est élevé, avec 56 % de la surface terrière occupée par des tiges G1, T3 et T4. En revanche, la régénération et les jeunes tiges de qualité de bouleau jaune et d'érable à sucre sont peu abondantes. La végétation compétitrice est abondante.

- Stratégie d'action

Il s'agit de tirer profit du potentiel de récolte actuel tout en améliorant la qualité du peuplement futur et en favorisant la régénération des essences désirées. Dans ce contexte, la coupe progressive d'ensemencement semble le système sylvicole à privilégier. Les avantages de ce type de coupe sont les suivants :

- ✍ L'ouverture importante du couvert et le brassage du sol lors des opérations favorisera la régénération du bouleau jaune.
- ✍ Ce traitement a un effet positif sur la croissance en qualité (voir p. 19).

- Modalités d'intervention

En raison de la présence de sols minces et imparfaitement drainés, une intervention hivernale est recommandée afin de protéger le sol.

- Directives de martelage (Tableau 13)

Les directives 2a et 4 (Tableau 13) répondent respectivement aux orientations de maintien de la biodiversité et de protection des sols. Même si l'orientation de régénération du peuplement n'a pas été formulée de manière explicite, le maintien de la production de bouleau jaune et d'érable à sucre implique de porter attention à la régénération (directives 3a et 3b).

Tableau 13. Directives de martelage pour le secteur Gaudry-Est

1	Récolter tous les T3 et les G1	
2	Récolter tous les T4 sauf dans le cas suivant :	
2a	Si présence de T4 avec des cavités ou des indices d'utilisation	Laisser 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis. Favoriser une diversification d'essences dans les T4 laissés sur pied.
3	Aucun prélèvement de tiges P1 et M1 sauf dans les cas suivants :	
3a	Si présence de régénération de BOJ ou d'ERS en sous-étage	Ouvrir le couvert suffisamment pour permettre à la régénération de s'établir.
3b	Si nécessaire pour dégager des tiges feuillues P1 et M1 de la compétition	Prélever la tige ayant le plus faible potentiel de sciage. À potentiel égal, conserver le BOJ et l'ERS de préférence aux autres essences. Attention à conserver un couvert d'éducation.
4	Si pente importante (risque d'érosion)	Conserver une ST minimale de 20 m ² /ha

16.1.1.1 Gaudry-Ouest

- Orientations

Les deux orientations principales sont l'amélioration du potentiel de récréation¹ et l'augmentation de la croissance en qualité du bouleau jaune et de l'érable à sucre. Les orientations secondaires sont la protection des sols et le maintien de la biodiversité animale.

- Ressources et contraintes

Le bouleau jaune, essence-objectif, est très rare dans le secteur. En ce qui concerne l'orientation récréationnelle, la proximité de la rivière Coulonge constitue un attrait intéressant. Cependant, l'ambiance forestière actuelle est de faible qualité. Les essences à valeur esthétique, comme le hêtre, le thuya, le pin blanc, le bouleau à papier et la pruche (Poncelet, 2001) sont rares, ce qui représente une contrainte à l'aménagement. Le travail réalisé dans ce secteur peut donc être considéré comme un aménagement forestier préparatoire à un aménagement récréatif futur. La végétation compétitrice est abondante.

¹ Le type de récréation à privilégier (mobilité lente ou motorisée, promenade sportive ou familiale, etc.) (Poncelet, 2001) n'a pas été précisé.

- Stratégie d'action

L'orientation récréationnelle suggère un aménagement de type jardinatoire (Lanier, 1994 ; Schütz, 1997). Étant donnée la faible proportion d'essences à valeur esthétique, les stratégies choisies pour obtenir une ambiance forestière propice à la récréation sont la conservation d'une surface terrière minimale, le maintien d'une diversité d'essences (on favorisera donc non seulement le bouleau jaune et l'érable à sucre mais aussi le chêne rouge, le tilleul...) ainsi que la conservation préférentielle des tiges de gros diamètres, contraintes compatibles avec un traitement jardiné. En outre, le jardinage permet d'augmenter la qualité des tiges, répondant ainsi à l'orientation de production de matière ligneuse de qualité. L'effort de régénération portera en priorité sur les essences à fort potentiel esthétique comme le bouleau à papier, le pin blanc, la pruche, le thuya...(Poncelet, 2001).

- Modalités d'intervention

Des semenciers des essences à fort potentiel esthétique devraient être laissés sur pied afin de favoriser leur régénération, de manière à augmenter la proportion de ces essences à l'intérieur du peuplement. Dans le cas des essences intolérantes (bouleau à papier) et peu tolérantes (pin blanc), on réalisera de petites trouées à proximité des semenciers.

Étant donné l'aspect éducatif et « virtuel » du travail dans ce secteur, il n'est pas prévu de simuler la présence de sentiers en identifiant au préalable leur emplacement en forêt. Ainsi, il ne sera pas nécessaire de rabattre le houppier des arbres abattus, activité qui devrait habituellement être réalisée le long d'un sentier d'interprétation afin de conserver une ambiance agréable (Poncelet, 2001).

- Directives de martelage (Tableau 14)

La conservation d'une surface terrière minimale de 20 m²/ha (directive 1) permet le maintien d'une qualité visuelle favorable à la récréation, en même temps que la protection des sols et la limitation de l'envahissement par les espèces compétitrices. La création de petites trouées (directive 1a) permettra de favoriser la régénération 1) des essences à fort potentiel esthétique peu tolérantes (pin blanc) ou intolérantes (bouleau à papier), en vue d'améliorer le potentiel de récréation futur, et 2) des autres essences désirées peu tolérantes (bouleau jaune, chêne rouge...). En vue de maintenir un couvert suffisant pour la récréation actuelle, la superficie de ces trouées ne devra pas excéder 1500 m²/ha. La directive 2 (non appliquée sur le terrain) permet la conservation préférentielle des tiges de gros diamètre. La directive 3 correspond à l'orientation de maintien de la biodiversité.

Tableau 14. Directives de martelage pour le secteur Gaudry-Ouest

1	Conserver une ST minimale de 20 m ² /ha sauf dans le cas suivant :	
1a	Si présence de semenciers de BOJ, PIB, BOP	Création de petites trouées à proximité des semenciers. Surface maximale des trouées : 1500 m ² par hectare.
2	Prélever dans l'ordre : M3, P4, M4, G3 et G1	
3	Si présence de T4 avec des cavités ou des indices d'utilisation	Conserver 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis. Favoriser une diversification d'essences dans les T4 laissés sur pied.
4	Aucun prélèvement de tiges P1 et M1 sauf dans les cas suivants :	
4a	Si présence de régénération de BOJ, PIB, BOP en sous-étage	Ouvrir le couvert suffisamment pour permettre à la régénération de s'établir. À potentiel égal, conserver dans l'ordre : BOJ, PIB, BOP de préférence aux autres essences.
4b	Si nécessaire pour dégager des tiges feuillues P1 et M1 de la compétition	Prélever la tige ayant le plus faible potentiel de sciage. Attention à conserver un couvert d'éducation.

Tableau 15. Orientations, directives de martelage, indicateurs, objectifs et procédure de suivi pour le secteur Ben-Nord

Orientation	Directive(s) de martelage	Indicateur(s)	Objectif(s)	Protocole de suivi de l'indicateur	Procédure d'amélioration continue
Satisfaire la demande d'approvisionnement en PIB	Récolte de l'ensemble des tiges de PIB M3, G3, G1	Volume de PIB récolté	Cible : 20 m ³ /ha Seuil : 15 m ³ /ha	Mesure du volume de PIB récolté	n.a.
Assurer le renouvellement des peuplements en PIB et CHR (Normalisation à l'échelle régionale)	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Récolte de l'ensemble des tiges M3, G3, G1 ⊗ Conservation des P1M1 de PIB-CHR comme semenciers ⊗ Possibilité de récolte de P1M1 des autres essences pour dégager la régénération de PIB-CHR 	CD de tiges en régénération de PIB ou CHR deux ans après coupe	Cible : 100 % Seuil : 50 %	Inventaire de régénération deux ans après coupe	Plantation de PFD de PIB-EPB si seuil non atteint
Augmenter la croissance en volume de qualité en PIB et CHR	Aucune récolte de tiges de PIB-CHR de vigueur 1 et de diamètre inférieur à DHPex	% de la ST totale en tiges P1 M1 de PIB et CHR	Cible : 50 % Seuil : 40 %	Mesure de la ST en tiges P1M1 de PIB-CHR sans blessure majeure après coupe	n.a.
Maintenir l'intégrité des sols	Maintien d'une ST supérieure ou égale à 20 m ² /ha dans les emplacements à risque (forte pente...)	Surface terrière	ST minimale ? 20 m ² /ha (cible) ou ? 16 m ² /ha (seuil) dans les emplacements à risque (forte pente...)	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Court terme : mesure de la surface terrière après coupe ⊗ Long terme : inventaire d'indices de perturbation du sol 	⊗ Ajustement de la ST minimale si nécessaire
Maintenir la biodiversité animale	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Conservation de 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis, ayant si possible des indices d'utilisation ⊗ Conservation de débris ligneux grossiers (DLG)¹ 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Nombre de M4 et de G4 par hectare ⊗ Volume de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ 5 M4 et 1 G4 par hectare (cible) ou 3 M4G4 par ha (seuil) ⊗ 10 m³ (cible) ou 5 m³ (seuil) de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Inventaire et répartition du nombre de M4 et de G4 par hectare ⊗ Mesure du volume de DLG au sol par hectare 	

¹ Cette directive concerne l'opérateur de machinerie.

Tableau 16. Orientations, directives de martelage, indicateurs, objectifs et procédure de suivi pour le secteur Ben-Sud

Orientation	Directive(s) de martelage	Indicateur(s)	Objectif(s)	Protocole de suivi de l'indicateur	Procédure d'amélioration continue
Améliorer la qualité du ravage de cerfs de Virginie	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Conserver les îlots résineux ⌘ Possibilité de récolte de P1M1 feuillus pour dégager la régénération de PIB 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Nombre d'îlots résineux de 50-100 m² par ha ⌘ CD de tiges en régénération de PIB 2 ans après coupe 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 10-20 îlots de résineux de 50-100 m² par ha ⌘ Cible : 100 % ; seuil : 50 % 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Comptage des îlots résineux de 50-100 m² ⌘ Inventaire de régénération deux ans après coupe 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Plantation de PFD de PIB-EPB si seuil non atteint
Satisfaire la demande d'approvisionnement en PIB	Récolte des T3, T4 et G1 de PIB isolés et de certain T3, T4 et G1 de PIB au sein d'îlots de grande taille et/ou de forte densité	Volume de PIB récolté	Cible : 12 m ³ /ha Seuil : 8 m ³ /ha	Mesure du volume de PIB récolté	n.a.
Augmenter la croissance en volume de qualité en PIB et CHR	Aucune récolte de tiges de PIB-CHR de vigueur 1 et de diamètre inférieur à DHPex	% de la ST totale en tiges P1 M1 de PIB et CHR	Cible : 50 % Seuil : 40 %	Mesure de la ST en tiges P1M1 de PIB-CHR sans blessure majeure après coupe	n.a.
Assurer le renouvellement des peuplements en PIB et CHR (Normalisation à l'échelle régionale)	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Conservation de la quasi totalité des tiges de PIB et de la plupart des P1M1 de CHR comme semenciers ⌘ Récolte de P1M1 feuillus pour dégager la régénération de PIB-CHR 	CD de tiges en régénération de PIB ou CHR deux ans après coupe	Cible : 100 % Seuil : 50 %	Inventaire de régénération deux ans après coupe	Plantation de PFD si seuil non atteint
Maintenir l'intégrité des sols	Maintien d'une ST supérieure ou égale à 20 m ² /ha dans les emplacements à risque (forte pente...)	Surface terrière	ST minimale ? 20 m ² /ha (cible) ou ? 16 m ² /ha (seuil) dans les emplacements à risque (forte pente...)	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Court terme : mesure de la surface terrière après coupe ⌘ Long terme : inventaire d'indices de perturbation du sol 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Ajustement de la ST minimale si nécessaire
Maintenir la biodiversité animale	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Conservation de 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis, ayant si possible des indices d'utilisation ⌘ Conservation de débris ligneux grossiers (DLG) 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Nombre de M4 et de G4 par hectare ⌘ Volume de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 5 M4 et 1 G4 par hectare (cible) ou 3 M4G4₃ par ha (seuil) ⌘ 10 m³ (cible) ou 5 m³ (seuil) de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Inventaire et répartition du nombre de M4 et de G4 par hectare ⌘ Mesure du volume de DLG au sol par hectare 	

Tableau 17. Orientations, directives de martelage, indicateurs, objectifs et procédure de suivi pour le secteur Gaudry-Est

Orientation	Directive(s) de martelage	Indicateur(s)	Objectif(s)	Protocole de suivi de l'indicateur	Procédure d'amélioration continue
Augmenter la croissance en volume de qualité en BOJ et ERS	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Quasi absence de récolte de tiges de BOJ et ERS de vigueur 1 et de diamètre inférieur à DHPex ⌘ Possibilité de récolte de certains P1M1 pour dégager des tiges d'avenir de BOJ/ERS de la compétition 	% de la ST totale en tiges P1 M1 de BOJ/ERS	Cible : 30 % Seuil : 20 %	Mesure de la ST en tiges P1M1 de BOJ/ERS sans blessure majeure après coupe	n.a.
Maintenir l'intégrité des sols	Maintien d'une ST supérieure ou égale à 20 m ² /ha dans les emplacements à risque (forte pente...)	Surface terrière	ST minimale ? 20 m ² /ha (cible) ou a 16 m ² /ha (seuil) dans les emplacements à risque (forte pente...)	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Court terme : mesure de la surface terrière après coupe ⌘ Long terme : inventaire d'indices de perturbation du sol 	⌘ Ajustement à la hausse de la ST minimale si nécessaire
Maintenir la biodiversité animale	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Conservation de 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis, ayant si possible des indices d'utilisation ⌘ Conservation de débris ligneux grossiers (DLG) 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Nombre de M4 et de G4 par hectare ⌘ Volume de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ 5 M4 et 1 G4 par hectare (cible) ou 3 M4G4 par ha (seuil) ⌘ 10 m³ (cible) ou 5 m³ (seuil) de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Inventaire et répartition du nombre de M4 et de G4 par hectare ⌘ Mesure du volume de DLG au sol par hectare 	

Tableau 18. Orientations, directives de martelage, indicateurs, objectifs et procédure de suivi pour le secteur Gaudry-Ouest

Orientation	Directive(s) de martelage	Indicateur(s)	Objectif(s)	Protocole de suivi de l'indicateur	Procédure d'amélioration continue
Améliorer la qualité de l'ambiance récréative	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ En général, maintenir une surface terrière minimale de 20 m²/ha ⊗ Possibilité de déroger à la directive de surface terrière minimale si semenciers d'essences à potentiel esthétique (PIB, BOP) ⊗ Possibilité de récolte de certains P1M1 pour dégager la régénération en essences à potentiel esthétique (PIB, BOP) ⊗ Conservation préférentielle des tiges de DHP élevé (ordre de récolte M3, P4, M4, G3, G1) 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Surface terrière ⊗ CD de tiges en régénération des essences à potentiel esthétique après coupe <p>Pourcentage de tiges de DHP ? 40 cm après coupe</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ ST minimale ? 20 m²/ha (cible) ou ? 16 m²/ha (seuil) ⊗ Cible : 100 % ; seuil : 75 % ⊗ Cible : 30 % ; Seuil : 20 % 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Mesure de la surface terrière après coupe ⊗ Inventaire de régénération deux ans après coupe ⊗ Inventaire des tiges de DHP ? 40 cm après coupe 	
Augmenter la croissance en volume de qualité en BOJ/ERS	Aucune récolte de tiges de vigueur 1 de diamètre inférieur à DHPexp	% de la ST totale en tiges P1 M1 de BOJ/ERS	Cible : 30 % Seuil : 20 %	Mesure de la ST en tiges P1M1 de BOJ/ERS sans blessure majeure après coupe	n.a.
Maintenir l'intégrité des sols Maintenir la biodiversité animale	<p>Maintien d'une ST supérieure ou égale à 20 m²/ha dans les emplacements à risque (forte pente...)</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Conservation de 5 M4 et 1 G4 par hectare, bien répartis, ayant si possible des indices d'utilisation ⊗ Conservation de débris ligneux grossiers (DLG) 	<p>Surface terrière</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Nombre de M4 et de G4 par hectare ⊗ Volume de DLG au sol par hectare 	<p>ST minimale ? 20 m²/ha (cible) ou ? 16 m²/ha (seuil) dans les emplacements à risque (forte pente...)</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 5 M4 et 1 G4 par hectare (cible) ou 3 M4G4 par ha (seuil) ⊗ 10 m³ (cible) ou 5 m³ (seuil) de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Court terme : mesure de la surface terrière après coupe ⊗ Long terme : inventaire d'indices de perturbation du sol ⊗ Inventaire et répartition du nombre de M4 et de G4 par hectare ⊗ Mesure du volume de DLG au sol par hectare 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Ajustement de la ST minimale si nécessaire

1.6 Choix des diamètres d'exploitabilité

Brown (1992) observe que les tiges de pin blanc peuvent atteindre de grandes dimensions et que leur accroissement continue d'augmenter jusqu'à de gros diamètres. Il en déduit que les accroissements les plus forts en volume de bois de la plus haute qualité s'accumulent sur les tiges les plus grosses, souvent même lorsque l'accroissement radial a commencé à décroître. Il recommande donc d'éviter de récolter trop tôt les tiges de pin blanc en pleine croissance, à moins que celles-ci ne soient situées sur des stations où il y a de la carie. Ceci a conduit à l'adoption d'un diamètre d'exploitabilité élevé (70 cm) pour le pin blanc et le pin rouge.

En l'absence de référence concernant les diamètres optimaux de récolte pour les autres essences, ces diamètres ont été fixés de manière approximative, en se référant notamment à Leak *et al.* (1987). Dans tous les secteurs, le diamètre d'exploitabilité du chêne rouge a été fixé à 50 cm, celui des frênes, du cerisier tardif, de la pruche, du thuya et de l'épinette noire à 35 cm et celui du hêtre et du peuplier faux-tremble à 24 cm (Tableau 19). Le diamètre d'exploitabilité du bouleau à papier et de l'érable rouge, essences non désirées, a été fixé à 24 cm sauf dans le secteur Gaudry-Ouest, où le maintien d'une diversité d'essences a conduit à l'augmenter à 35 cm. Les différences de diamètre d'exploitabilité pour le bouleau jaune et l'érable à sucre entre le secteur Gaudry et le secteur du lac Ben traduisent une différence de production prioritaire entre ces deux secteurs : dans le secteur Gaudry, le diamètre d'exploitabilité du bouleau jaune, fixé à 50 cm, permet de favoriser cette essence, conformément à la vocation du secteur ; de façon analogue, le diamètre d'exploitabilité de l'érable à sucre, essence-objectif dans les secteurs Gaudry-Est et Gaudry-Ouest, a été fixé à 40 cm dans ces secteurs, par opposition à la valeur de 24 cm utilisée dans le secteur du lac Ben. Les diamètres d'exploitabilité du sapin baumier et de l'épinette blanche ont été augmentés à 35 cm dans le secteur Ben-Sud, ce qui traduit la priorité accordée au maintien du couvert résineux comme abri pour le cerf dans ce secteur (Tableau 19). Les diamètres d'exploitabilité du hêtre et du bouleau à papier auraient pu être augmentés dans Gaudry-Ouest, en raison de leur potentiel esthétique.

Tableau 19. Diamètres d'exploitabilité (cm) (voir Annexe 10 pour les significations des codes des essences)

	Ben-Nord	Ben-Sud	Gaudry-Est	Gaudry-Ouest
BOP	24	24	N/a	35
BOJ	35	35	35	50
CET	/	/	/	35
CHR	50	50	50	50
EPB	24	35	/	35
EPN	/	35	/	/
ERR	24	24	35	35
ERS	24	24	40	40
FRA	35	/	/	35
FRN	35	35	35	/
HEG	24	24	24	24
OSV	24	24	10	10
PET	24	24	24	24
PIB	70	70	70	70
PIR	70	70	/	/
PRU	/	/	/	35
SAB	24	35	10	10
THO	/	/	35	35
TIL	35	35	40	/

1.7 Martelage

Quatre marteleurs ont été formés à l'application des directives de martelage. La présence de certaines habitudes chez les marteleurs obligeait parfois à insister sur certaines directives. Mentionnons à titre d'exemple le martelage, dans le secteur Ben-Nord, de la quasi totalité des petites et moyennes tiges d'érable à sucre de vigueur 4, dont la mise en marché est difficile et qui

ne sont d'habitude pas marquées. Néanmoins, les marteleurs se sont rapidement adaptés à cette nouvelle méthodologie.

Une baguette de plastique portant des repères correspondant aux diamètres d'exploitabilité des différentes essences avait été fournie à chaque marteleur. Légère et pouvant faire office de point d'appui lors des déplacements, cette baguette a vite été adoptée par les marteleurs.

1.8 Évaluation des rendements

1.8.1 Méthodologie

La démarche a consisté à évaluer le nombre d'années post-traitement nécessaire pour reconstituer le capital initial (en volume et en qualité), afin de vérifier que les traitements proposés correspondaient bien au principe du rendement soutenu. Les simulations ont été effectuées avec le logiciel Sylva II pour chacun des sept peuplements forestiers compris dans les quatre secteurs d'étude (Annexe 2).

Pour pallier à l'absence de données d'inventaire post-martelage, le martelage a été simulé à l'aide du logiciel AS (Sabbagh et Nolet, 2002). Certaines des directives de martelage ne pouvaient pas être traduites dans AS; c'était le cas notamment pour la conservation préférentielle des résineux dans le secteur Ben-Sud. C'est pourquoi des corrections ont parfois été apportées manuellement dans le choix des tiges prélevées, afin de se rapprocher le plus possible du martelage effectué sur le terrain. Comme on ne disposait pas de la carte hypsométrique pour les secteurs du lac Ben, on a supposé qu'aucune des placettes n'était située sur forte pente; la conservation d'une surface terrière minimale de 20 m²/ha n'a donc pas été appliquée. Par conséquent, il se peut que les prélèvements aient été légèrement surestimés dans ces secteurs. La conservation préférentielle des tiges de gros diamètre dans Gaudry Ouest n'ayant pas été appliquée sur le terrain, on n'en a pas tenu compte dans la simulation. Les intensités du prélèvement simulé figurent dans le Tableau 20. Les Annexes 10 à 13 illustrent la surface terrière par placette avant et après coupe pour chacun des secteurs.

Tableau 20. Intensité moyenne du prélèvement en surface terrière simulé

Secteur	Intensité moyenne de prélèvement en surface terrière (%)
Ben-Nord	37,4
Ben-Sud	38,2
Gaudry-Est	43,3
Gaudry-Ouest	14,0

Les données d'inventaire correspondant aux placettes après martelage ont ensuite été entrées dans le logiciel Sylva II. Les simulations de croissance ont été effectuées avec le module d'accroissement de Sylva II. Le taux de passage utilisé était « ABCD sans mortalité ». On trouvera en Annexe 15 les autres paramètres employés. La simulation n'ayant été effectuée que sur la durée d'une rotation, le recrû n'a pas été modélisé. L'évolution du volume, de la surface terrière, de la qualité et des proportions en surface terrière des principaux groupes d'essences a été simulée par périodes successives de cinq ans et comparée aux valeurs avant coupe (Annexe 15 à 18).

1.8.2 Résultats

Le nombre d'années nécessaire pour reconstituer le capital en volume initial (durée de la rotation) est compris entre 5 et 30 ans selon les peuplements (Tableau 21, Annexe 16). À la fin de la rotation, la surface terrière est comparable à la surface terrière initiale dans tous les secteurs excepté Ben-Sud, où la surface terrière à la fin de la rotation de 15-20 ans est inférieure d'environ 20 % à la surface terrière initiale (Annexe 17). De façon générale, on retrouve à la fin de la rotation des peuplements de qualité voisine de leur qualité initiale (Tableau 22). Le secteur Gaudry-Est, auquel correspondent le prélèvement le plus fort (43 %, Tableau 20) et la durée de la rotation la plus longue (25-30 ans pour le peuplement 1 et 20-25 ans pour le peuplement 2, (Tableau 21), est aussi celui pour lequel une légère détérioration de la qualité est observée (notamment dans le peuplement 2, où a lieu une augmentation du pourcentage de volume de qualité C au détriment du pourcentage de volume de qualité A, Tableau 22). Dans les trois autres secteurs, les pourcentages de qualité A et B se maintiennent ou augmentent, alors que la part du volume de qualité C et D a tendance à diminuer légèrement (Tableau 22, Annexe 18).

Tableau 21. Nombre d'années nécessaire pour reconstituer le capital en volume (voir Annexe 2 pour la localisation des peuplements)

Secteur	Numéro du peuplement	Nombre d'années nécessaire pour reconstituer le capital en volume avant coupe
Gaudry-Est	1	20-25
Gaudry-Est	2	25-30
Gaudry-Ouest	3	5-10
Gaudry-Ouest	4	5-10
Ben-Nord	5	20-25
Ben-Nord	6	15-20
Ben-Sud	7	15-20

Tableau 22. Évolution de la qualité entre l'instant initial (avant coupe, t = 0) et la fin de la rotation (la fin de la rotation a été fixée en fonction du nombre d'années nécessaire pour reconstituer le capital en volume initial, voir Tableau 21)

Secteur	Numéro du peuplement	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
Gaudry-Est	1	t = 0 : 3,1 t = 20 : 2,1 t = 25 : 2,6	t = 0 : 9,6 t = 20 : 8,6 t = 25 : 9,7	t = 0 : 25,2 t = 20 : 33,2 t = 25 : 33,7	t = 0 : 12,6 t = 20 : 13,5 t = 25 : 13,4
Gaudry-Est	2	t = 0 : 8,3 t = 25 : 4,6 t = 30 : 5,6	t = 0 : 12,4 t = 25 : 12,4 t = 30 : 13,2	t = 0 : 26,9 t = 25 : 35,7 t = 30 : 36,5	t = 0 : 11,0 t = 25 : 15,6 t = 30 : 15,5
Gaudry-Ouest	3	t = 0 : 7,4 t = 5 : 5,3 t = 10 : 7,6	t = 0 : 19,7 t = 5 : 17,8 t = 10 : 17,3	t = 0 : 38,3 t = 5 : 44,1 t = 10 : 44,4	t = 0 : 5,9 t = 5 : 5,4 t = 10 : 6,4
Gaudry-Ouest	4	t = 0 : 6,3 t = 5 : 9,7 t = 10 : 10,8	t = 0 : 13,8 t = 5 : 13,5 t = 10 : 13,5	t = 0 : 36,9 t = 5 : 39,6 t = 10 : 38,8	t = 0 : 11,7 t = 5 : 10,0 t = 10 : 10,1
Ben-Nord	5	t = 0 : 13,1 t = 20 : 14,1 t = 25 : 16,2	t = 0 : 17,5 t = 20 : 18,4 t = 25 : 17,6	t = 0 : 22,1 t = 20 : 22,5 t = 25 : 22,0	t = 0 : 8,4 t = 20 : 4,9 t = 25 : 4,9
Ben-Nord	6	t = 0 : 1,6 t = 15 : 2,4 t = 20 : 3,1	t = 0 : 6,3 t = 15 : 7,0 t = 20 : 6,9	t = 0 : 13,4 t = 15 : 10,1 t = 20 : 10,0	t = 0 : 9,7 t = 15 : 5,0 t = 20 : 4,4
Ben-Sud	7	t = 0 : 3,7 t = 15 : 4,2 t = 20 : 4,6	t = 0 : 6,4 t = 15 : 6,0 t = 20 : 6,5	t = 0 : 18,3 t = 15 : 18,2 t = 20 : 18,9	t = 0 : 8,5 t = 15 : 4,7 t = 20 : 4,7

À la lumière de ces résultats, il apparaît que les traitements proposés permettent d'atteindre un rendement soutenu, sauf en ce qui concerne le secteur Gaudry-Est, pour lequel l'intensité de prélèvement semble avoir été légèrement trop élevée.

En ce qui concerne l'évolution de la composition des peuplements (Annexe 19), le pourcentage d'érable à sucre en surface terrière augmente dans l'ensemble des peuplements du secteur Gaudry ; quant au pourcentage de bouleau jaune, il augmente dans les peuplements 1 (Gaudry-Est) et diminue dans les peuplements 2 (Gaudry-Est), 3 et 4 (Gaudry-Ouest). L'incapacité des traitements proposés à augmenter la proportion en bouleau jaune dans les trois derniers peuplements est probablement liée à l'attribution de la production prioritaire « bouleau jaune » aux strates « ERBJ » (peuplement 2), « ERFT » (peuplement 3) et « ERPE » (peuplement 4), qui indiquent une dominance d'érable à sucre.

Dans le secteur Ben-Nord, le pin blanc voit son pourcentage en surface terrière augmenter dans tous les peuplements ; quant au chêne rouge, son importance augmente dans les peuplements 5 et 7 et reste constante dans le peuplement 6.

1.8.3 Limites

Il aurait été intéressant d'utiliser les simulations effectuées pour déterminer dans quelle mesure chacun des objectifs fixés avait été atteint à l'issue de la première rotation. Cependant, les résultats fournis par Sylva II ne tenant pas compte de la classification des tiges en termes de vigueur, il n'a pas été possible d'obtenir la valeur des indicateurs portant sur les proportions des différentes classes de vigueur (surface terrière en tiges P1M1 par exemple, Tableaux 15 à 18). Il aurait également été profitable de comparer les résultats obtenus à ceux d'un autre logiciel de simulation de croissance, comme par exemple Jabowa 3.

Éléments de réflexion et recommandations

1.1 Pour une sylviculture par objectifs

1.1.1 « Philosophie » de la sylviculture par objectifs

Selon ce type de sylviculture, le choix du traitement est dicté par les objectifs poursuivis. En cela, la sylviculture par objectifs s'oppose à la sylviculture normative, selon laquelle les traitements

prescrits résultent de la confrontation des paramètres de structure du peuplement avec une grille de normes. La correspondance entre le traitement et les objectifs a lieu à deux niveaux :

- réalisation des objectifs à l'échelle régionale ou sectorielle (aussi appelés orientations),
- réalisation des objectifs spécifiques à un peuplement (objectifs de production, **peuplements-objectif**) : la détermination d'un objectif de production (produits visés, quantités, etc.) conditionne le choix des diamètres d'exploitabilité et l'effort sylvicole appliqué aux peuplements (Doyon et Ostojic, 2001).

Une lacune du présent projet est que les objectifs de production n'avaient pas été clairement définis.

En sylviculture par objectifs, la qualité d'un traitement est jugée en fonction du degré de réalisation des orientations, mesuré à l'aide d'indicateurs, et non par rapport à la conformité avec des normes. Ce type de vérification devrait être plus facile d'application que le système actuel, dans la mesure où la vérification ne porterait que sur un ou quelques critère(s) (Tableaux 15 à 18 p. 31 à 34), par opposition au nombre élevé de normes à respecter actuellement.

1.1.2 Étapes de la démarche de sylviculture par objectifs

Le processus de sylviculture par objectifs comprend les étapes suivantes(Figure 1) :

- inventaire (structure et composition des peuplements, potentialités, contraintes à la mise en valeur...),
- **zonage vocationnel**,
- orientations sectorielles
- objectifs de production,
- stratégies d'action,
- modalités d'intervention,
- directives de martelage,
- indicateurs de performance et objectifs,
- procédure de suivi,
- formation des marteleurs,
- formation des opérateurs.

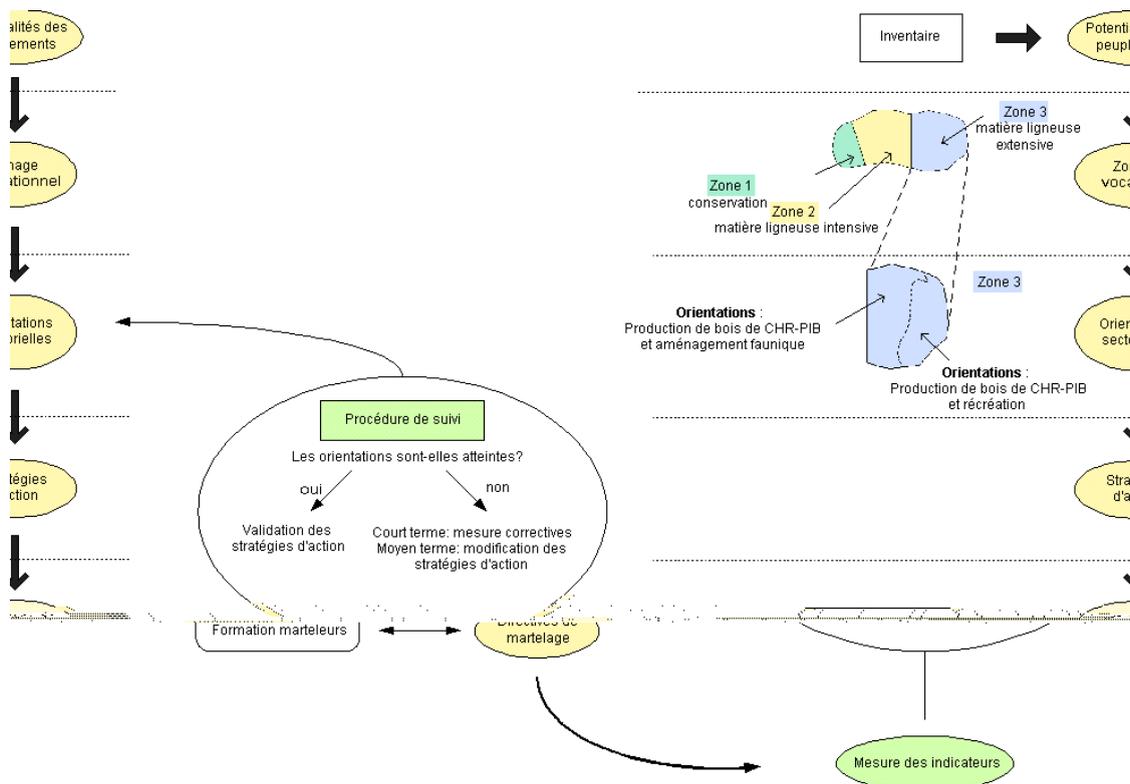


Figure 1. Étapes du processus de sylviculture par objectifs

1.2 Pour une sylviculture fine

Les peuplements feuillus de l'Outaouais sont particulièrement hétérogènes. Cependant, la recherche d'économies d'échelle et le souci de faciliter la gestion conduisent à privilégier une uniformisation des traitements sur un territoire donné. Selon cette méthode d'aménagement conventionnel, c'est le choix d'un traitement unique pour un secteur qui dicte les directives de martelage sur l'ensemble de ce secteur, conduisant ainsi à une homogénéisation en structure et en composition (Figure 2). À l'opposé, la démarche de la sylviculture fine consiste à tenir compte de l'hétérogénéité du secteur d'intervention en adaptant le martelage aux caractéristiques de structure et de composition du peuplement rencontré. Ceci résulte en l'application de différents traitements au sein d'un même peuplement (Figure 3). Ainsi, la stratégie d'action peut être vue comme une « boîte à outils » comportant plusieurs options, le choix entre ces options étant opéré par le marteleur en fonction de la situation rencontrée. Dans le secteur Ben-Sud, par exemple, la récolte des tiges de pin blanc s'effectue en fonction de critères différents selon que l'on se trouve ou non dans un îlot servant d'abri au cerf.

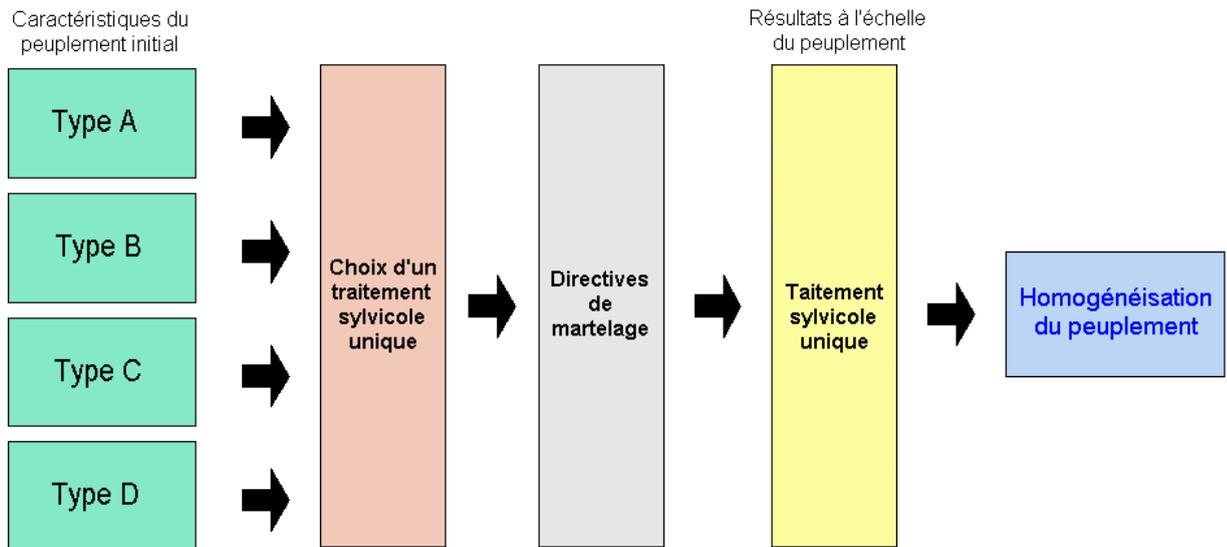


Figure 2. Démarche et résultats de la sylviculture « traditionnelle »

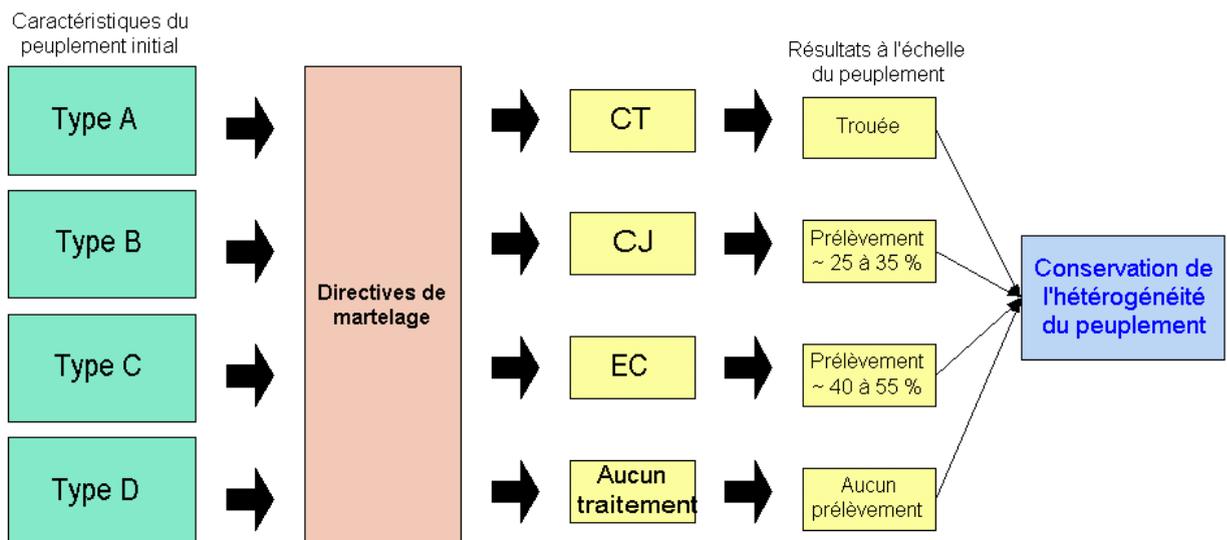


Figure 3. Démarche et résultats de la sylviculture « fine » (CT = coupe par trouées ; CJ = coupe de jardinage ; EC = éclaircie commerciale)

La notion d'aménagement à plus petite échelle amène un questionnement au sujet des inventaires d'intervention. Un inventaire d'une intensité d'une parcelle tous les quatre hectares est-il suffisamment précis? Dans le cas du secteur Gaudry-Est, l'inventaire, réalisé avec une intensité de près d'une placette par hectare, avait surestimé la proportion de tiges P1M1 par rapport aux tiges de vigueur 3 et 4. Les directives de martelage élaborées ont donc conduit à un prélèvement d'intensité plus forte que prévue (43 %, Tableau 20). Or ce secteur est composé

d'essences sensibles au chablis (érable à sucre, tilleul, bouleau jaune), d'où le risque de problèmes de stabilité. Idéalement, l'inventaire devrait permettre au sylviculteur de prévoir la totalité des situations susceptibles d'être rencontrées par le marteleur, afin d'adapter les directives de martelage en conséquence. Dans la pratique, les insuffisances de l'inventaire devraient être compensées par l'interaction entre le marteleur et le sylviculteur : les situations non prévues devraient être rapportées par le marteleur au sylviculteur, donnant lieu à d'éventuelles adaptations des directives.

Les normes actuelles d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie reposent sur l'attribution d'une vocation par peuplement. Cette approche situe la notion d'entremêlement au niveau des peuplements entre eux. Or cette vision de l'aménagement n'est pas optimale, puisqu'une analyse à cette échelle ne vise pas directement à minimiser les déplacements des cerfs (Dumont *et al.*, 1998). En effet, une étude portant sur l'échelle d'utilisation des peuplements forestiers par le cerf de Virginie démontre que la nécessité d'un entremêlement d'abri et de nourriture s'applique à l'échelle du micro-habitat : pour minimiser sa consommation d'énergie, le cerf rechercherait une combinaison d'abri et de nourriture dans son environnement immédiat (15-20 m), bien en deçà du niveau du peuplement forestier. Ainsi, une superficie homogène supérieure à cinq hectares n'est que partiellement utile au cerf, celui-ci pouvant trouver un abri dans un îlot résineux de moins de 50 m de diamètre (MEF, 1998). Les interventions forestières visant à maximiser les zones d'interface abri/nourriture doivent donc s'effectuer à petite échelle. Ce résultat plaide en faveur d'une sylviculture fine, permettant de favoriser l'hétérogénéité des peuplements à l'échelle locale et notamment l'aménagement d'îlots de petite taille.

1.3 Rôles de l'aménagiste, du sylviculteur et du marteleur

L'établissement du zonage vocationnel et des orientations régionales et sectorielles relève essentiellement des compétences de l'aménagiste (Figure 4). Le choix des productions prioritaires et des peuplements-objectif devrait être concerté entre l'aménagiste et le sylviculteur : ce dernier devrait pour le moins avoir un rôle de conseil, en ce qui concerne notamment l'attribution des productions prioritaires aux peuplements (Figure 4). En effet, le sylviculteur est mieux à même d'appréhender le potentiel des peuplements, la rentabilité des opérations, etc. La traduction des orientations en stratégies d'action, puis en modalités d'intervention et en directives de martelage, est assurée par le sylviculteur. Celui-ci est également responsable de la mise en place d'une procédure de suivi. Il est nécessaire qu'un retour d'information ait lieu du sylviculteur vers l'aménagiste pour optimiser la planification à court et moyen terme. En effet, les interventions à inscrire aux plans annuels et quinquennaux dépendent de l'état des peuplements rapporté par le sylviculteur. La procédure de suivi constitue donc le point de départ de la boucle

de rétroaction du sylviculteur vers l'aménagiste (Figure 4). Quant au marteur, il opère des choix entre les différents traitements proposés par la stratégie d'action, de façon à garantir l'adaptation du traitement au peuplement rencontré ; de plus, il assure une rétroaction vers le sylviculteur en lui rapportant les cas de peuplements non inventoriés nécessitant l'ajout d'outils au sein de la stratégie d'action (Figure 4). La compréhension des directives par les marteurs est cruciale, puisque la réalisation des orientations repose, en dernier ressort, sur les décisions prises par les marteurs sur le terrain (OMNR, 2001).

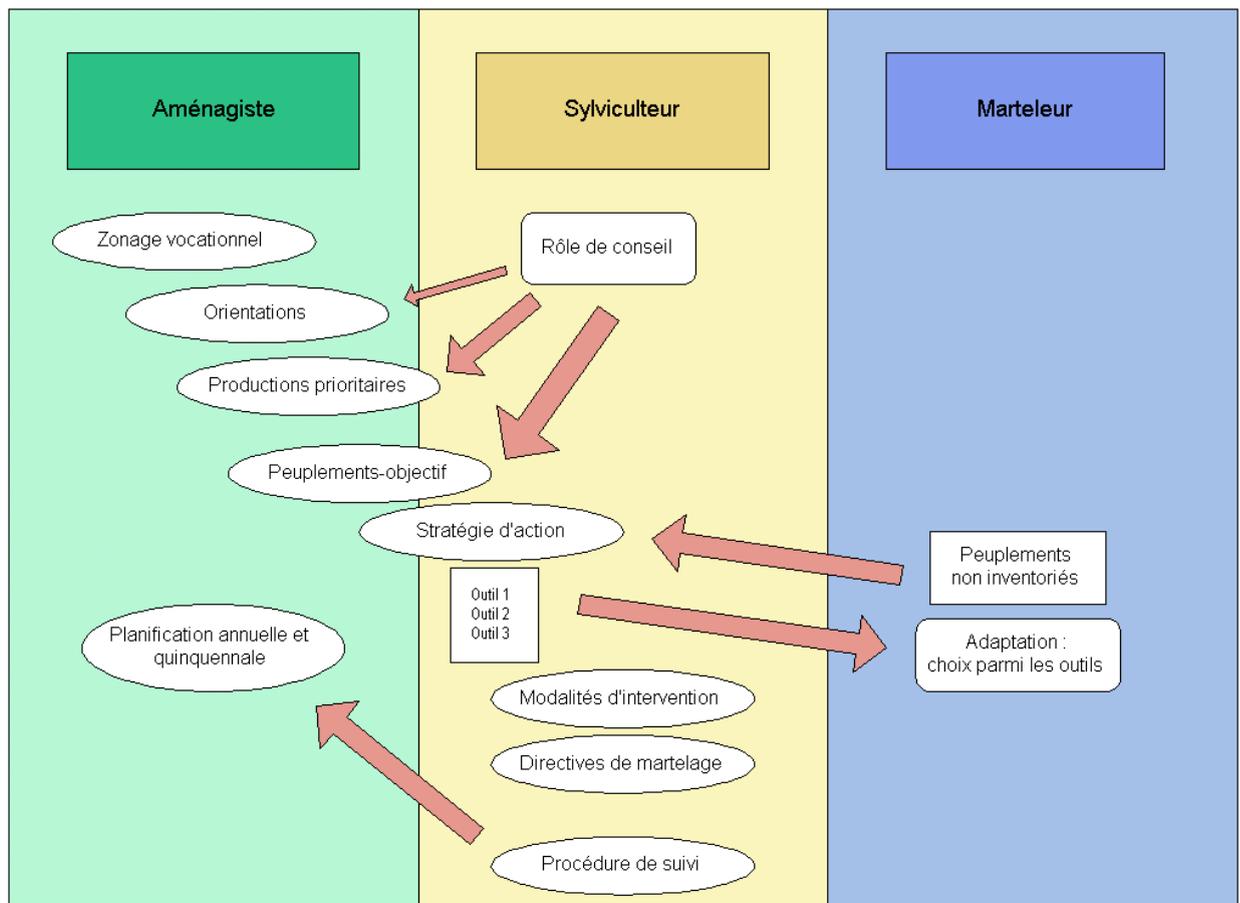


Figure 4. Rôles de l'aménagiste, du sylviculteur et du marteur dans la démarche de sylviculture par objectifs

1.4 Difficultés d'application

1.4.1 Difficulté des intervenants à hiérarchiser les orientations identifiées

Il est souvent difficile d'établir des priorités entre les différentes orientations (Lefebvre, 2001). À titre d'exemple, les deux orientations principales du secteur Ben-Nord n'ont pu être hiérarchisées. Remarquons qu'il est souvent difficile d'établir une hiérarchie entre des objectifs à court terme (exemple : « satisfaire la commande de pin blanc ») et des objectifs à long terme (exemple : « assurer une normalisation de la récolte »).

1.4.2 Manque d'informations sur les diamètres d'exploitabilité

Les diamètres d'exploitabilité, fixés arbitrairement dans le cadre du projet, devront être déterminés précisément à l'aide d'études spécifiques.

1.4.3 Baisse de productivité du martelage

La productivité du martelage a été divisée par deux environ par rapport à un martelage normatif traditionnel. Cependant, la productivité devrait augmenter au fur et à mesure de l'adaptation des marteleurs à la méthode.

1.4.4 Aspects opérationnels

Pour atteindre les orientations visées, certaines tiges habituellement laissées sur pied doivent parfois être récupérées. Par exemple, dans le secteur Ben-Nord, l'érable à sucre et l'érable rouge peuvent constituer une entrave à l'établissement de la régénération de pin blanc et chêne rouge. Ainsi, dans ce secteur, l'application des directives (Tableau 9) suppose de marquer les érables de petits diamètres et de vigueur 4 pour favoriser la régénération de pins. Or, dans la pratique, le passage de la machinerie pour récolter les feuillus occasionnerait la destruction de la régénération résineuse que l'on s'efforce de préserver. Le guide de martelage de l'Ontario (OMNR, 2001) précise que l'abattage de feuillus compétiteurs ne doit avoir lieu que s'il peut être effectué sans endommager la régénération de conifères. À titre expérimental, les perches de pins à préserver ont localement été marquées de traits bleus verticaux à l'attention des opérateurs de machinerie. Ce type de marquage est impraticable sur les semis et les gaules. Une solution à ce problème pourrait être la délimitation de secteurs d'exclusion de la machinerie au moyen d'un marquage des arbres entourant un groupe de jeunes conifères à préserver. Ainsi, la machinerie de récolte actuelle n'est pas adaptée à la protection de la régénération résineuse, ce qui contraint parfois à laisser sur pied des tiges feuillues dont la récolte serait profitable aux orientations visées. Le sylviculteur se trouve alors confronté à un problème qui s'apparente à un cercle

vicieux : faut-il effectuer les prescriptions en fonction de la machinerie existante, ou peut-on envisager une adaptation de la machinerie de façon à permettre l'exécution de traitements sylvicoles optimaux ?

1.5 Compléments au projet

Il nous paraît utile de souligner trois étapes qui n'ont pas été effectuées dans le cadre de ce projet mais qui constituent néanmoins des éléments importants du processus de sylviculture par objectifs.

1.5.1 Zonage vocationnel

Dans le cadre du projet, les vocations ont été définies de manière relativement arbitraire, sans passer par un véritable zonage vocationnel.

1.5.2 Objectifs de production

Bien que l'objectif de production général vise à augmenter les volumes des produits à forte valeur ajoutée, Produits Forestiers Coulouge Inc. n'avait pas spécifié les produits-cible (quantité et qualité) par essence. Or la détermination précise des objectifs de production semble un préalable à tout projet de sylviculture par objectifs (Doyon et Ostojic, 2001). En effet, le produit-cible conditionne la sylviculture employée, notamment le choix des diamètres d'exploitabilité.

1.5.3 Formation des opérateurs de machinerie

Une journée de formation des opérateurs de machinerie n'a pu être réalisée dans le cadre de ce projet. Cependant, cette étape, tout comme la formation des marteleurs, est primordiale pour la bonne réussite d'un tel projet. L'organisation d'une formation de ce type est toutefois rendue problématique par la difficulté de compenser les pertes de rendement et donc de salaire occasionnées pour les opérateurs. En effet, ceux-ci sont payés en fonction du volume et de la qualité des produits récoltés. Un tel système est susceptible de compromettre l'application des directives élaborées. Il n'existe actuellement aucune forme d'incitatif visant à assurer, par exemple, la protection de la régénération en essences désirées. Les dégâts occasionnés aux tiges résiduelles par la machinerie comprennent entre autres : les blessures aux troncs dues à l'arrachement de l'écorce, aux bris des racines, des branches et des tiges ; la courbure et l'inclinaison des arbres ; et l'érosion et la création d'ornières (Anderson *et al.*, 1998). Selon Nyland (1991), environ 25 % des tiges résiduelles sont sévèrement blessées après la récolte dans un régime inéquienne. Des pratiques comme l'abattage directionnel faciliteraient le travail du débardeur, avec comme conséquence probable une diminution des blessures causées aux

arbres d'avenir lors du débardage. La mise en place de la sylviculture par objectifs et de la sylviculture fine nécessite un changement de l'état d'esprit des opérateurs. Un tel changement ne sera rendu possible que par une modification dans le système de rétributions. Mentionnons à cet effet les essais mis en place à la Forêt de l'Aigle, qui consistent à payer les opérateurs de machinerie à l'heure avec modulation du salaire versé en fonction de la performance.

Conclusion

La méthodologie développée a permis d'appliquer des traitements sylvicoles adaptés aux peuplements et aux objectifs dans les quatre secteurs. Dans une étape suivante, le potentiel d'application de cette méthodologie devrait être testé à plus grande échelle. À cet effet, l'IQAFF, en partenariat avec Produits Forestiers Coulonge Inc., a déposé une demande de volet I visant à effectuer un projet d'aménagement intégré des ressources utilisant la méthode de sylviculture par objectifs sur le territoire de la Zone d'Exploitation Contrôlée du Pontiac. La méthodologie de conciliation des divers objectifs et d'application des stratégies d'action appropriées peut d'ores et déjà s'appliquer à un ensemble de situations en vue de contribuer à l'amélioration de l'aménagement des forêts feuillues du Québec.

Glossaire

- **Diamètre d'exploitabilité** : diamètre optimal de récolte en fonction des objectifs fixés.
- **Indicateur** : variable quantitative utilisée pour mesurer l'effet de directives de martelage sur la réalisation d'une **orientation** (exemple : nombre de semenciers à l'hectare laissés sur pied).
- **Modalités d'intervention** : modalités d'application d'une **stratégie d'action** ou de **directives de martelage** (exemple : saison de coupe).
- **Objectif** : valeur-cible d'un **indicateur** (exemple : 20 m²/ha pour la surface terrière résiduelle).
- **Orientation (régionale ou sectorielle)** : objectif de mise en valeur fixé à l'échelle d'une région ou d'un secteur (exemple : augmentation de la production de pin blanc de qualité sciage).
- **Peuplement-objectif** : nombre de tiges à l'hectare et volumes par classes de qualité visés en fin de rotation.
- **Sacrifice d'exploitabilité** : récolte d'une tige de forte vigueur et de bonne qualité dont le diamètre est inférieur au **diamètre d'exploitabilité**.
- **Stratégie d'action** : ensemble de traitements et/ou d'actions destinés à atteindre une combinaison d'**orientations** fixée. La stratégie d'action peut être vue comme une « boîte à outils », parmi lesquels le marteleur opère un choix en fonction du peuplement rencontré.
- **Sylviculture fine** : sylviculture selon laquelle l'adaptation du traitement au peuplement (structure, composition...) a lieu à plus petite échelle que selon la sylviculture traditionnelle.
- **Sylviculture par objectifs** : sylviculture selon laquelle le choix du traitement est dicté par les objectifs poursuivis. Il peut s'agir d'objectifs à l'échelle régionale/sectorielle (on parle alors d'**orientation**) ou d'objectifs propres à un peuplement (objectif de production, **peuplement-objectif**).
- **Zonage vocationnel** : découpage du territoire en unités et hiérarchisation, par unité, des priorités attribuées aux différentes **orientations**.

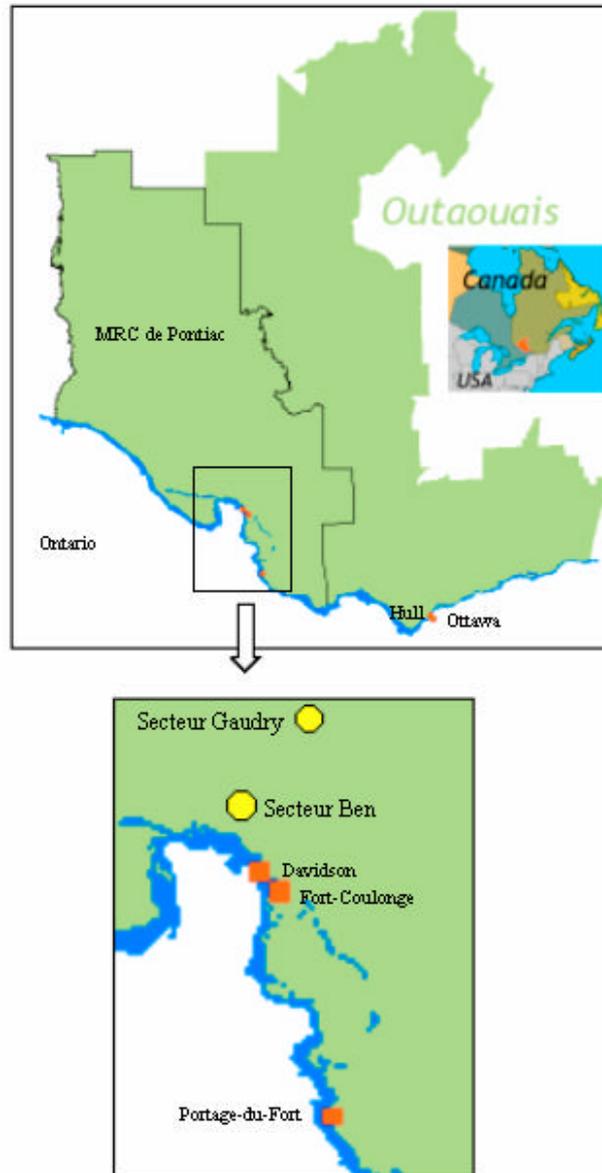
Références

- Anderson, H.W. 1991. Some Implications of Logging Damage in the Tolerant Hardwood Forests of Ontario. *In* Logging Damage: the Problems and Practical Solutions. OMNR, Ontario Forest Research Institute. Forest Research Report No 117. p. 3-27.
- Carle, A. et S. Bédard. 1995. Développement d'une méthode d'inventaire d'intervention en forêt feuillue. IQAFF. Essais, expérimentations et transfert technologique en foresterie. Projet 4026. Ressources Naturelles Canada, Service Canadien des Forêts. 66 p.
- Chapeskie, D.J., D.F. Galley, J.R. Mitchell, N.W. Quinn et H.H. Struick. 1989. A Silvicultural Guide for the White Pine and Red Pine Working Groups in Ontario. OMNR. Forest Resources Group. Toronto, Ont. 102 p.
- Doyon, F. et S. Ostojic. 2001. Plan d'aménagement forestier de la Forêt de l'Aigle 2002-2006. IQAFF.
- Dumont, A., J.P. Ouellet, M. Crête et J. Huot. 1998. Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite Nord de son aire de répartition. *Can. J. Zool.* 76 : p. 1024-1036.
- Gemain, G., F. Potvin et L. Bélanger. 1991. Caractérisation des ravages de cerfs de Virginie du Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction de la Gestion des Espèces et des Habitats. 123 p.
- Horton, K.W. et G.H.D. Bedell. 1960. White and Red Pine Ecology, Silviculture and Management. Canadian Department of Northern Affairs and National Resources. Forestry Branch Bulletin No. 124. 185 p.
- Jaccard, E. 2001. Plan d'aménagement du ravage de cerfs de Virginie de Davidson, forêt publique, 2001-2006. Version préliminaire. 27 p.
- Lanier, L. 1994. Précis de sylviculture. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. 2^{ème} édition. 477 p.
- Leak, W. B., D. S. Salomon et P. S. DeBald. 1987. Silvicultural Guide for Northern Hardwood Types in the Northeast (revised). USDA Forest Service. Northeastern Forest Experiment Station. Research Paper NE-603. 40 p.
- Lefebvre, R. 2001. Une grille décisionnelle pour déterminer les objectifs de mise en valeur des propriétaires de boisé privé. L'Aubelle No. 139. p. 21-23.

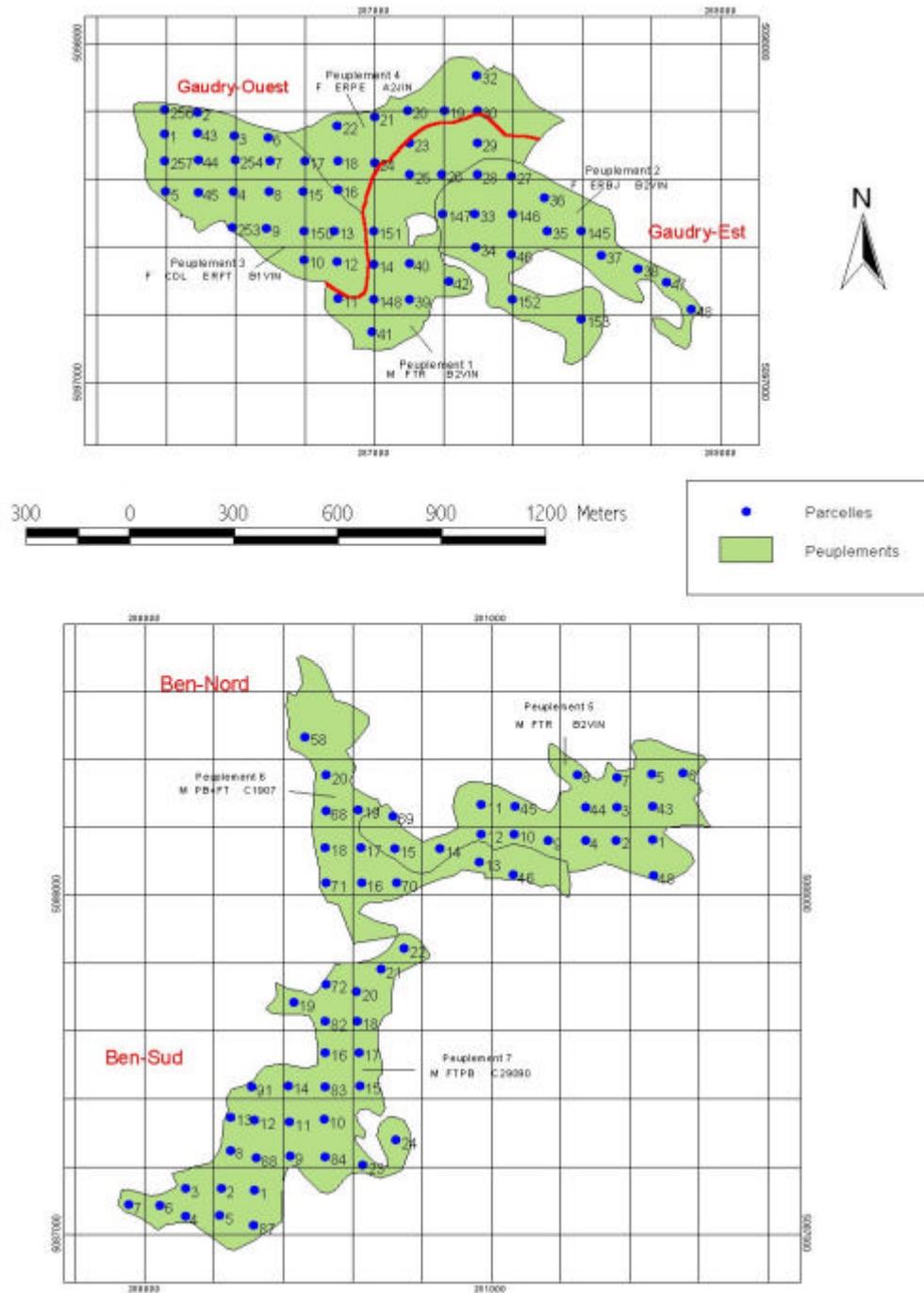
- Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 1987. Guide de traitements sylvicoles. Bibliothèque Nationale du Québec 730, p. 20-24.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune. 1998. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. 78 p.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune, Ministère des Ressources Naturelles. 1999. La mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources du milieu forestier : des recommandations. Rapport final. 18 p.
- Nolet, P., P. Sabbagh et R. Pouliot. Un guide sylvicole pour les forêts feuillues de l'Outaouais : AS, l'Aide-Sylviculteur. IQAFF. 38 p.
- Nyland, R.D. 1991. Careful Logging in Northern Hardwoods. In Logging Damage : the Problems and Practical Solutions. OMNR, Ontario Forest Research Institute. Forest Research Report No 117. p. 29-51.
- Ontario Ministry of Natural Resources. 2001. Ontario Tree Marking Guide, version 1.1. Ont. Min. Nat. Resour. Queen's Printer for Ontario. Toronto. 228 p.
- Pinto, F.N.L. 1992. Silvicultural Practices in Ontario's White Pine Forests. In Proceedings of White Pine Symposium : history, ecology, policy and management, Duluth, Minnesota. University of Minnesota, St-Paul, MN. p. 170-178.
- Poncelet, G.-L. 2001. Guide méthodologique et normes pour le martelage dans les zones récréatives : quelques réflexions et paramètres proposés. Allons au bois, gestion de projet d'aménagement récréo-forestier. 3 p.
- Robitaille, A. et J.-P. Saucier. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Gouvernement du Québec. 213 p.
- Sabbagh, P. et P. Nolet. 2002. AS, l'aide-sylviculteur (version 1.1) : mise en application dans le cadre d'un aménagement multi-ressources des lots intra-municipaux de la MRC de Papineau. IQAFF. 37 p.
- Schütz, J.-P. 1997. Sylviculture 2 - La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Coll. Gérer l'Environnement. ISBN 2 88074-349-4. 178 p.
- Stiell, W.M. et A.B. Berry. 1985. Limiting White Pine Weevil Attacks by Side Shade. For. Chron. 61(1) : p. 5-9.
- Vlasiu, P.D., P. Nolet et F. Doyon. 2001. Le pin blanc, revue de littérature. IQAFF. 91 p.

ANNEXES

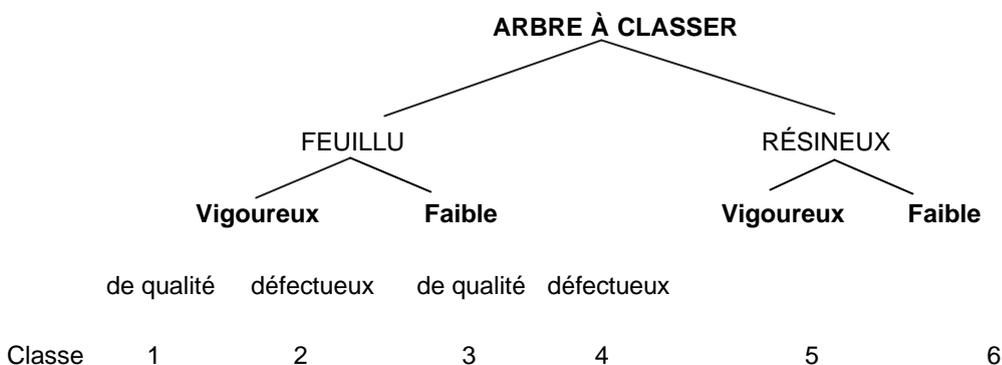
Annexe 1. Localisation des secteurs d'étude



Annexe 2. Peuplements, strates d'inventaire et parcelles d'inventaire pour le secteur Gaudry (haut) et le secteur du lac Ben (bas)



Annexe 3. Classification des tiges en termes de vigueur et de qualité (Source : Ministère des Ressources naturelles, 1999)



Le classement des arbres feuillus selon leur vigueur et leur qualité s'appuie sur les classes descriptives suivantes (couramment désignées par le terme « classes de vigueur ») :

Classe	Description
1	Arbre vigoureux de qualité possédant actuellement au moins une bille de bois d'œuvre ou ayant le potentiel de fournir au moins une bille de bois d'œuvre à la prochaine rotation
2	Arbre vigoureux mais défectueux, ne possédant aucune bille de bois d'œuvre et destiné à la pâte ou au bois de chauffage
3	Arbre de qualité mais peu vigoureux, possédant actuellement au moins une bille de bois d'œuvre mais n'ayant pas le potentiel de fournir une bille de bois d'œuvre à la prochaine rotation
4	Arbre faible et défectueux ne possédant aucune bille de bois d'œuvre et destiné à la pâte ou au bois de chauffage

- Vigoureux :** Arbre dont la cime et le feuillage sont bien développés, dépourvu de blessure importante et de grosse branche morte ou mourante (les branches mortes situées dans la partie inférieure de la cime et ne comportant aucune pourriture sont admises). Les probabilités de survie et de maintien de la qualité et de la croissance jusqu'à la prochaine rotation sont considérées comme bonnes. Le critère « maintien de la qualité d'une tige » est défini comme le maintien d'une bille de bois d'œuvre (qualité « sciage » ou « déroulage »), c'est-à-dire qu'il n'y a pas détérioration suffisante pour passer d'une bille de qualité « bois d'œuvre » à une bille de qualité « pâte ».
- Faible :** Arbre affecté par une ou des blessure(s) importante(s) ; arbre dépérissant, ayant la cime abîmée ou portant de grosses branches mortes ou en cours de séchage, etc. Arbre montrant des fentes non cicatrisées, des champignons et des chancres qui diminuent sa qualité. La qualité de cet arbre est susceptible de se détériorer fortement et ses chances de survie jusqu'à la prochaine rotation sont considérées comme faibles.
- De qualité :** Arbre qui possède au moins une bille de bois d'œuvre (qualité « sciage » ou « déroulage ») ou qui est susceptible d'en acquérir une au cours d'une rotation ultérieure.
- Défectueux :** Arbre qui ne possède aucune bille de bois d'œuvre. Le bois de cet arbre est destiné à la pâte ou au chauffage. Cette catégorie comprend aussi les tiges destinées au bois de palette.

Annexe 4. Abondance des différentes essences

Essence	PIB	CHR	PEU	ERS	ERR	BOP	TIL	SAB	EPB	OSV	BOJ	FRN	HEG	PIR	FRA
Pourcentage de la ST totale	32,5	25,0	13,1	12,6	5,1	2,9	2,7	2,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,4	0,4	0,2

a) Secteur Ben-Nord

Essence	PIB	CHR	ERS	ERR	PEU	BOP	HEG	TIL	SAB	FRN	OSV	BOJ	PET	EPB	PIR	EPN
Pourcentage de la ST totale	33,3	18,1	12,5	7,6	6,0	3,8	3,1	2,9	2,9	1,8	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3	0,7

b) Secteur Ben-Sud

Essence	ERS	PIB	BOJ	ERR	SAB	THO	EPB	TIL	BOP	CHR	PEU	OSV	HEG	FRN
Pourcentage de la ST totale	26,4	5,4	11,9	10,2	9,8	9,5	9,2	6,4	3,1	3,1	3,1	1,0	0,7	0,3

c) Secteur Gaudry-Est

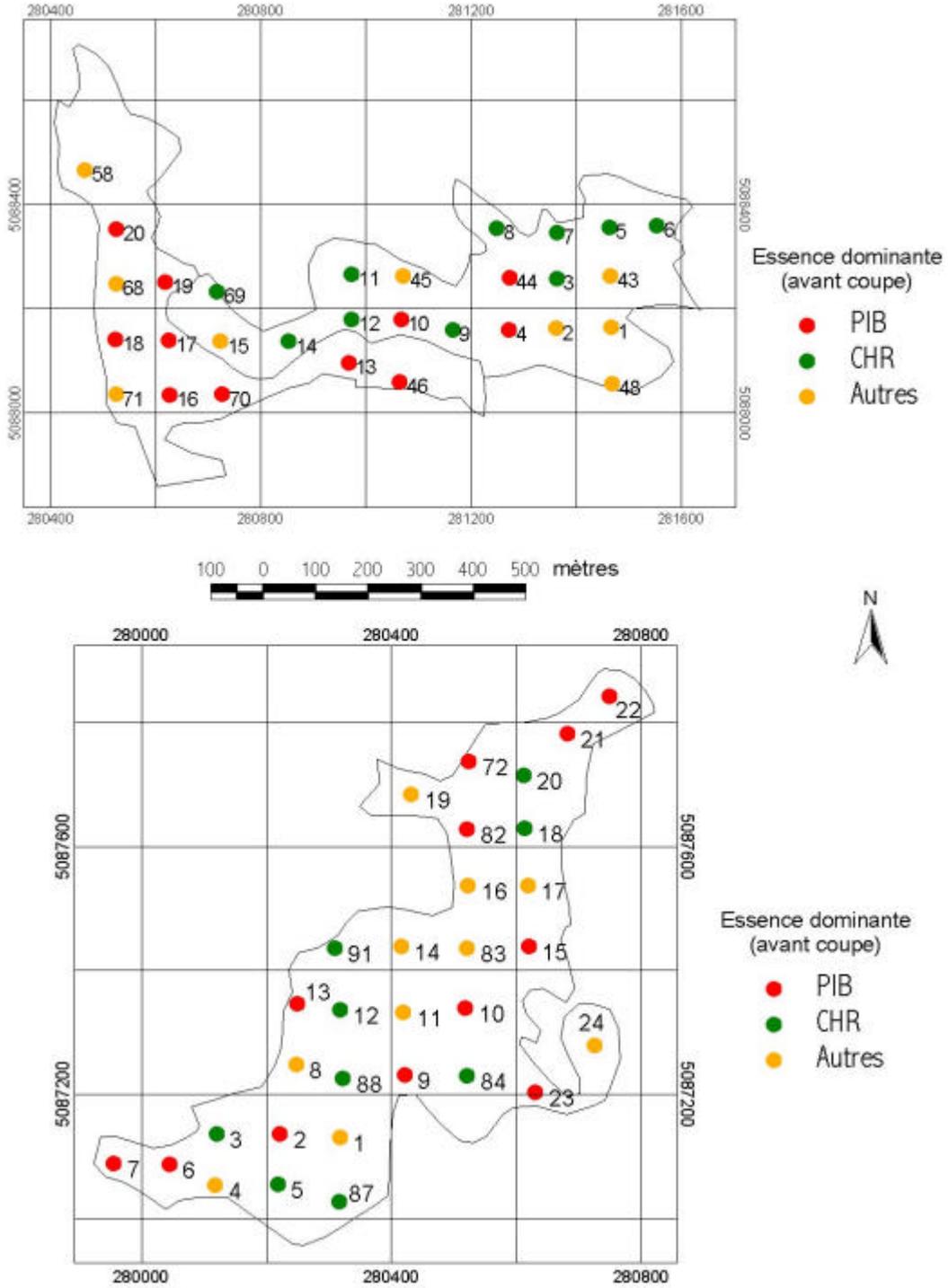
Essence	ERS	TIL	OSV	SAB	ERR	HEG	EPB	CHR	PEU	THO	PIB	BOJ	FRA	BOP	PRU	CET
Pourcentage de la ST totale	57,5	11,0	5,7	5,4	3,7	3,7	3,1	2,5	1,7	1,7	1,4	1,1	0,6	0,3	0,3	0,3

d) Secteur Gaudry-Ouest

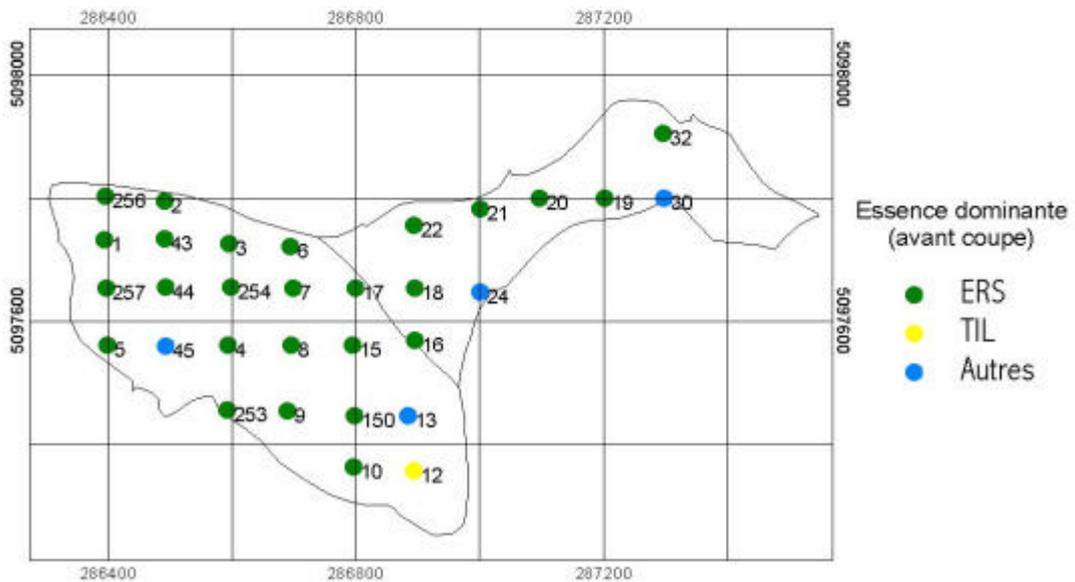
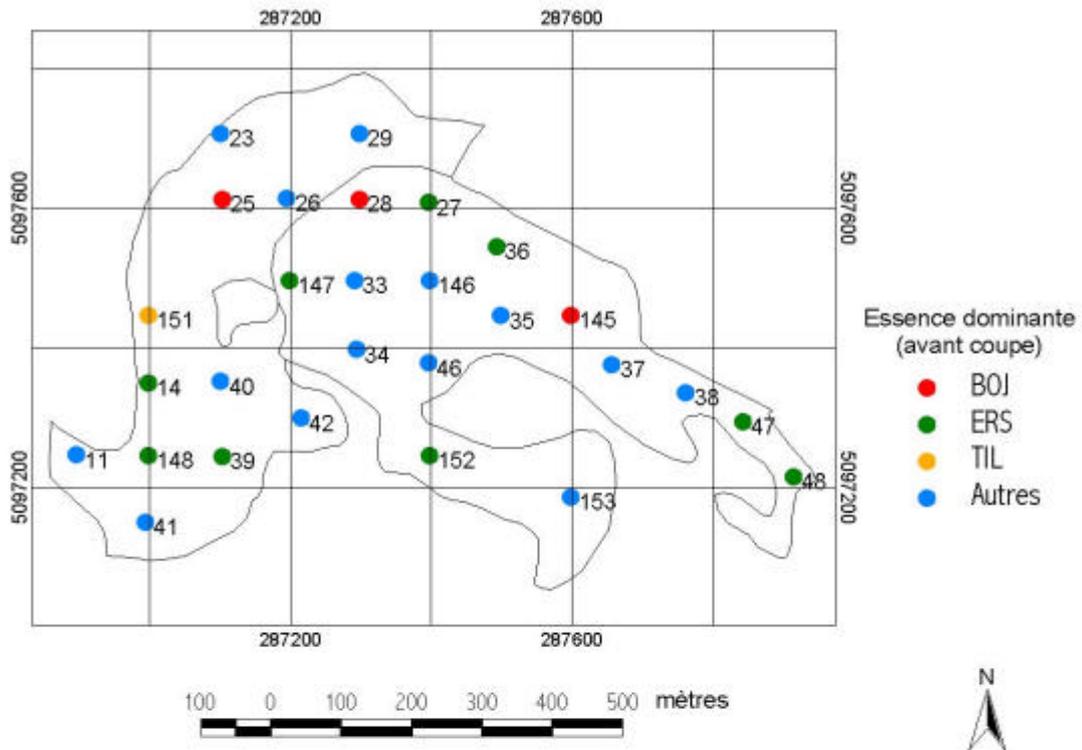
Annexe 5. Caractéristiques de structure des peuplements

Secteur	ST tot moy (m ² /ha)	% parc. avec PIB ou CHR 1 ^{ère} ou 2 ^{ème} ess.	% parc. avec PIB ou CHR 1 ^{ère} ess.	% M3G3G1 en ST	% T4 en ST	% M3G3G1 +T4 de PIB+CHR en ST	% P1M1 en ST	% P1M1 de PIB+CHR en ST	% T4 de PIB+CHR en ST	% parc. avec ST de P1 ? 4 m ² /ha	% P1 en ST	% parc. avec ST de P1 de PIB = 0 m ² /ha	% parc. avec ST de P1 de CHR = 0 m ² /ha	% P1 De PIB+CHR en ST
Ben-Nord	30,1	87	77	24	19	12	57	37	4	66	11	80	77	4
Ben-Sud	28,0	84	74	18	25	19	57	44	2	61	15	81	81	4
Secteur	ST tot moy (m ² /ha)	% parc. avec BOJ 1 ^{ère} ou 2 ^{ème} ess.	% parc. avec BOJ 1 ^{ère} ess.	% M3G3G1 en ST	% T4 en ST	% M3G3G1 +T4 de BOJ en ST	% P1M1 en ST	% P1M1 de BOJ en ST	% T4 de BOJ en ST	% parc. avec ST de P1 ? 4 m ² /ha	% P1 en ST	% parc. avec ST de P1 de ERS = 0 m ² /ha	% parc. avec ST de P1 de BOJ = 0 m ² /ha	% P1 De BOJ en ST
Gaudry-Est	23.3	34	22	33	23	6	44	3	3	63	21	71	89	1
Gaudry-Ouest	22.1	0	0	46	24	1	40	0	0	75	15	59	100	0

Annexe 6. Essences dominantes par parcelle d'inventaire pour le secteur Ben-Nord (haut) et le secteur Ben-Sud (bas)



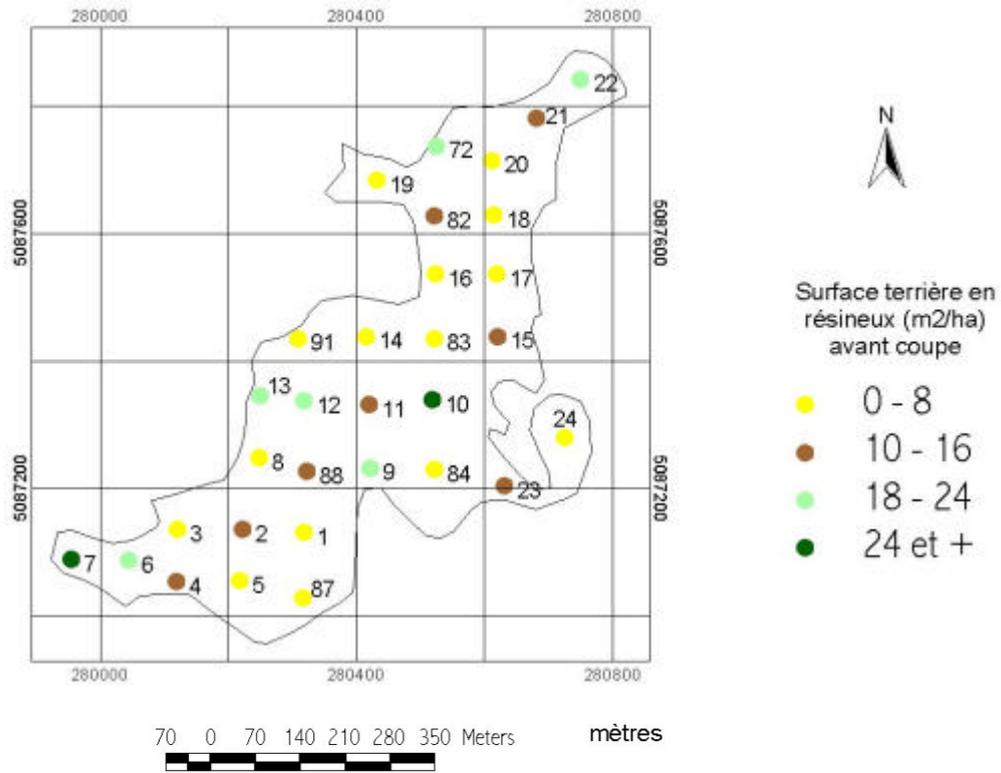
Annexe 7. Essences dominantes par parcelle d'inventaire pour le secteur Gaudry-Est (haut) et le secteur Gaudry-Ouest (bas)



Annexe 8. Régénération, conditions édaphiques et essences compétitrices

Secteur	Régénération		Conditions édaphiques		Essences compétitrices			
	% parcelles avec régénération de PIB	% parcelles avec régénération de CHR	% parcelles avec indicateurs de sol mince	% parcelles avec indicateurs de mauvais drainage	% parcelles avec présence d'OSV	% de parcelles avec présence d'ERP	% de parcelles avec présence d'ERE	% de parcelles avec présence d'ERS (ERR)
Ben-Nord	4	4	60	10	80	65	10	45 (15)
Ben-Sud	21	13	71	13	58	71	42	4 (17)
Secteur	% parcelles avec régénération de BOJ	% parcelles avec régénération d'ERS	% parcelles avec indicateurs de sol mince	% parcelles avec indicateurs de mauvais drainage	% parcelles avec présence d'OSV	% de parcelles avec présence d'ERP	% de parcelles avec présence d'ERE	
Gaudry-Ouest	6	38	15	12	92	42	19	
Gaudry-Est	19	24	33	33	86	38	67	

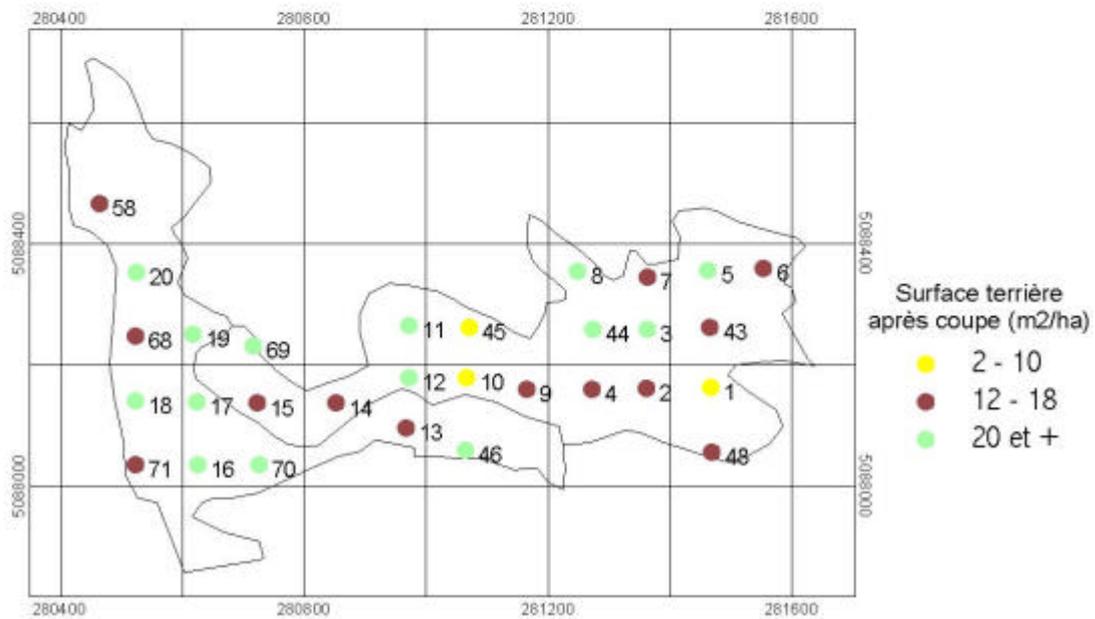
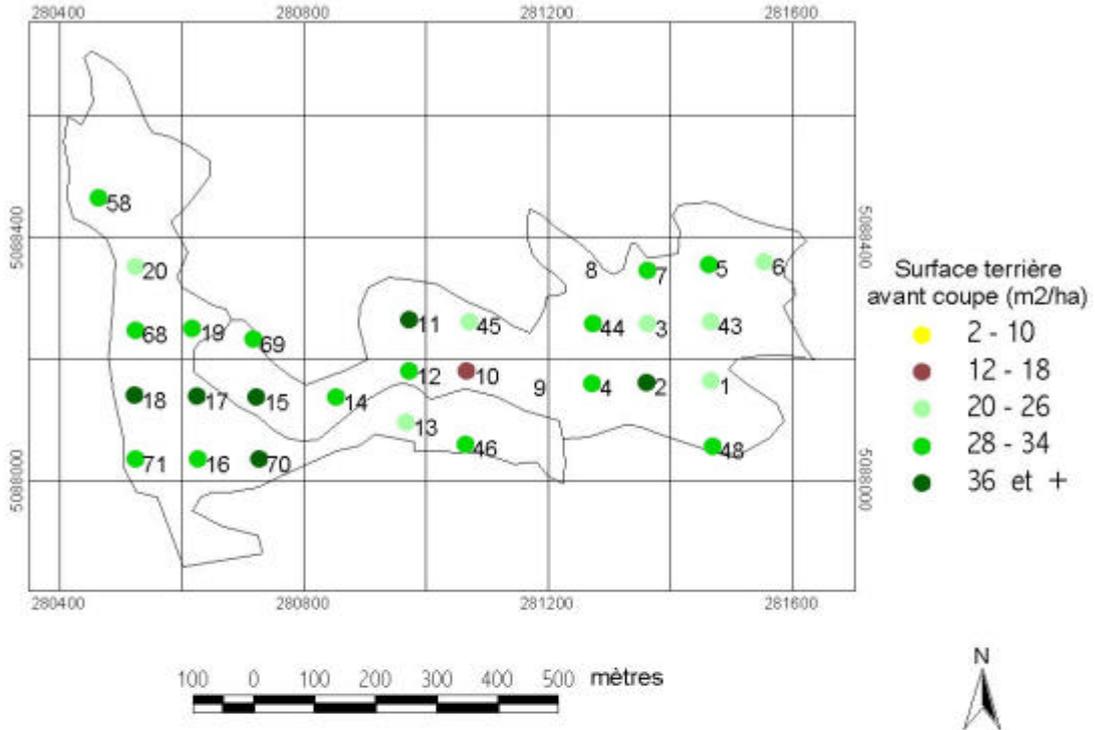
Annexe 9. Surface terrière en résineux par parcelle pour le secteur Ben-Sud



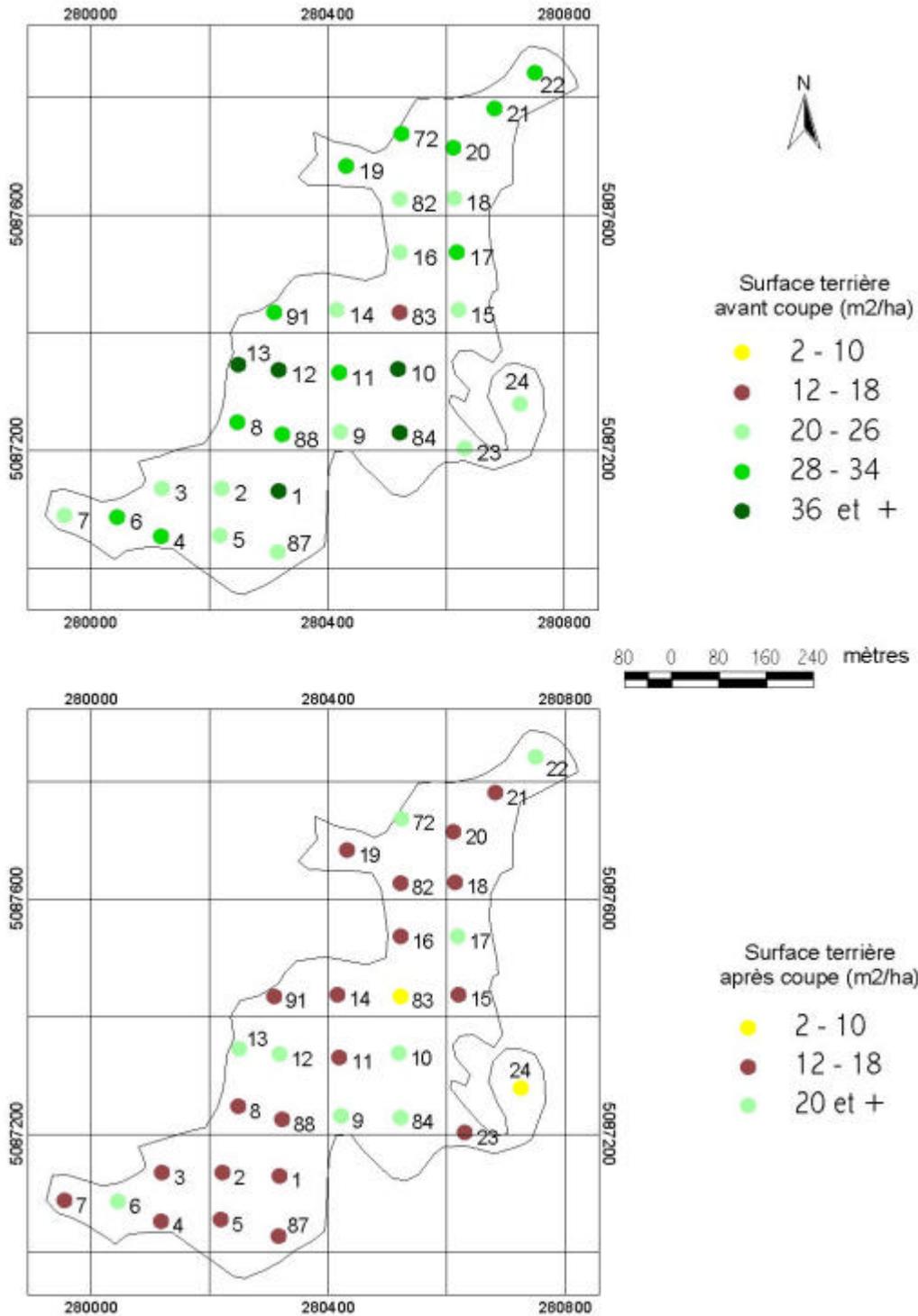
Annexe 10. Liste des essences présentes dans la zone d'étude

Nom commun	Nom latin	Code
Bouleau jaune	<i>Betula alleghaniensis</i>	BOJ
Bouleau à papier	<i>Betula papyrifera</i>	BOP
Cerisier tardif	<i>Prunus serotina</i>	CET
Chêne rouge	<i>Quercus rubrum</i>	CHR
Epinette blanche	<i>Picea glauca</i>	EPB
Epinette noire	<i>Picea mariana</i>	EPR
Epinette rouge	<i>Picea rubens</i>	EPR
Erable rouge	<i>Acer rubrum</i>	ERR
Erable à sucre	<i>Acer saccharum</i>	ERS
Frêne d'Amérique	<i>Fraxinus Americana</i>	FRA
Frêne noir	<i>Fraxinus nigra</i>	FRN
Hêtre à grandes feuilles	<i>Fagus grandifolia</i>	HEG
Ostryer de Virginie	<i>Ostrya virginiana</i>	OSV
Peupliers baumier	<i>Populus sp.</i>	PEU
Pin blanc	<i>Pinus strobus</i>	PIB
Pin rouge	<i>Pinus resinosa</i>	PIR
Pruche de l'est	<i>Tsuga canadensis</i>	PRU
Sapin baumier	<i>Abies balsamea</i>	SAB
Thuya de l'Est	<i>Thuya occidentalis</i>	THO
Tilleul américain	<i>Tilia americana</i>	TIL

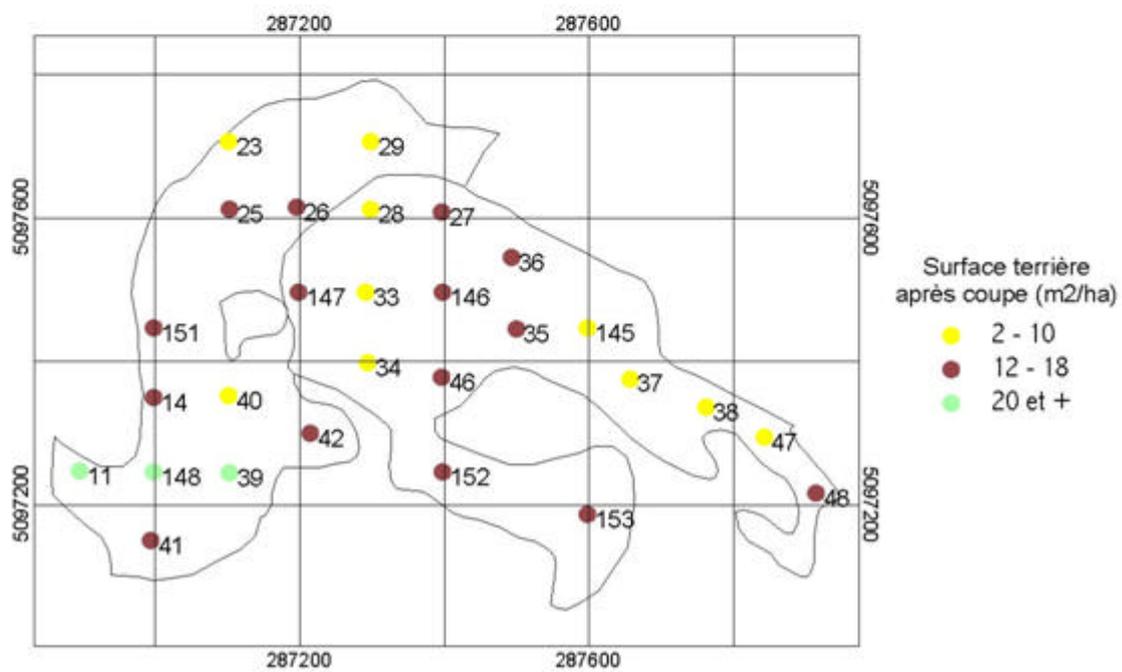
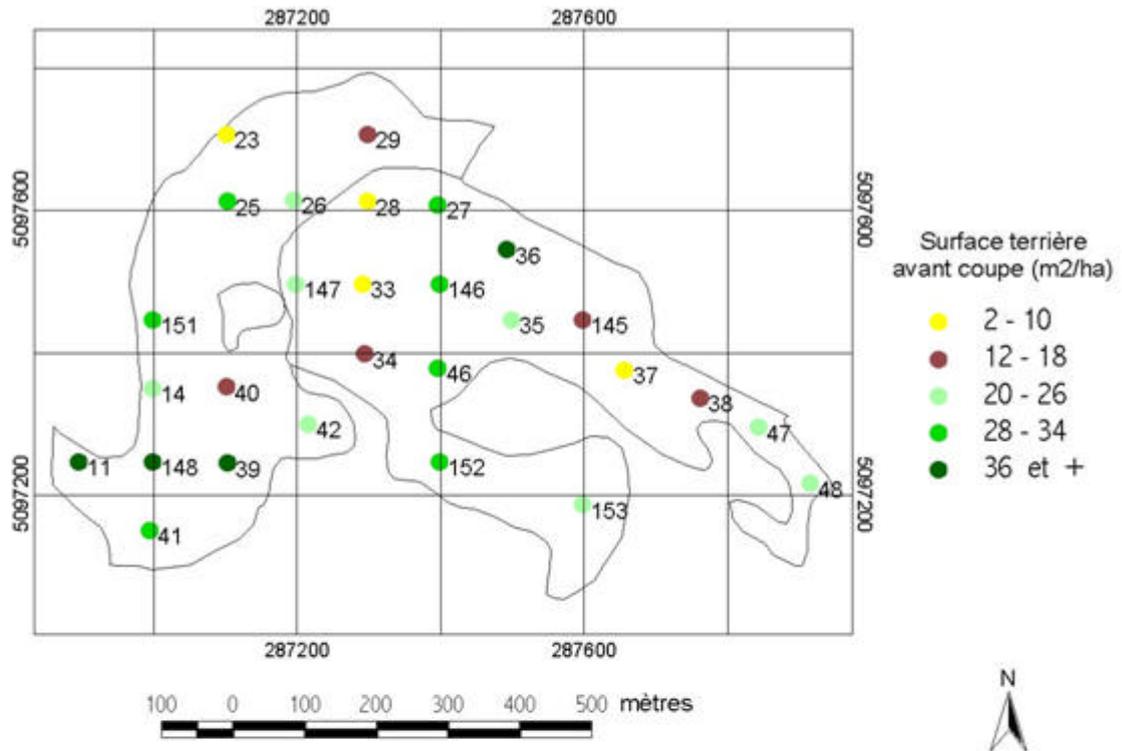
Annexe 11. Surface terrière par placette avant coupe (haut) et après coupe (bas) pour le secteur Ben-Nord



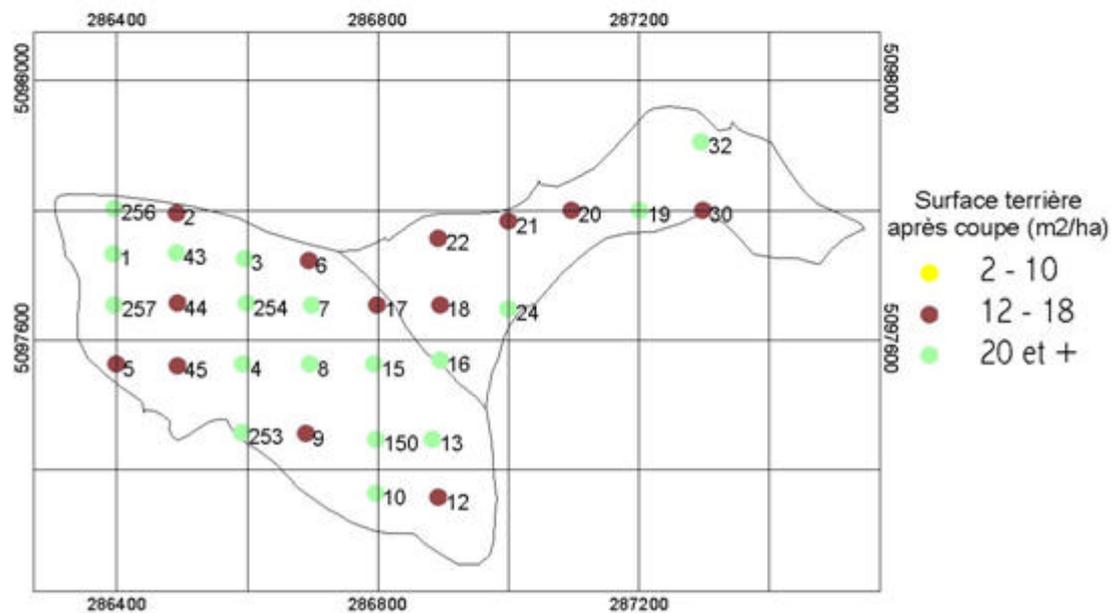
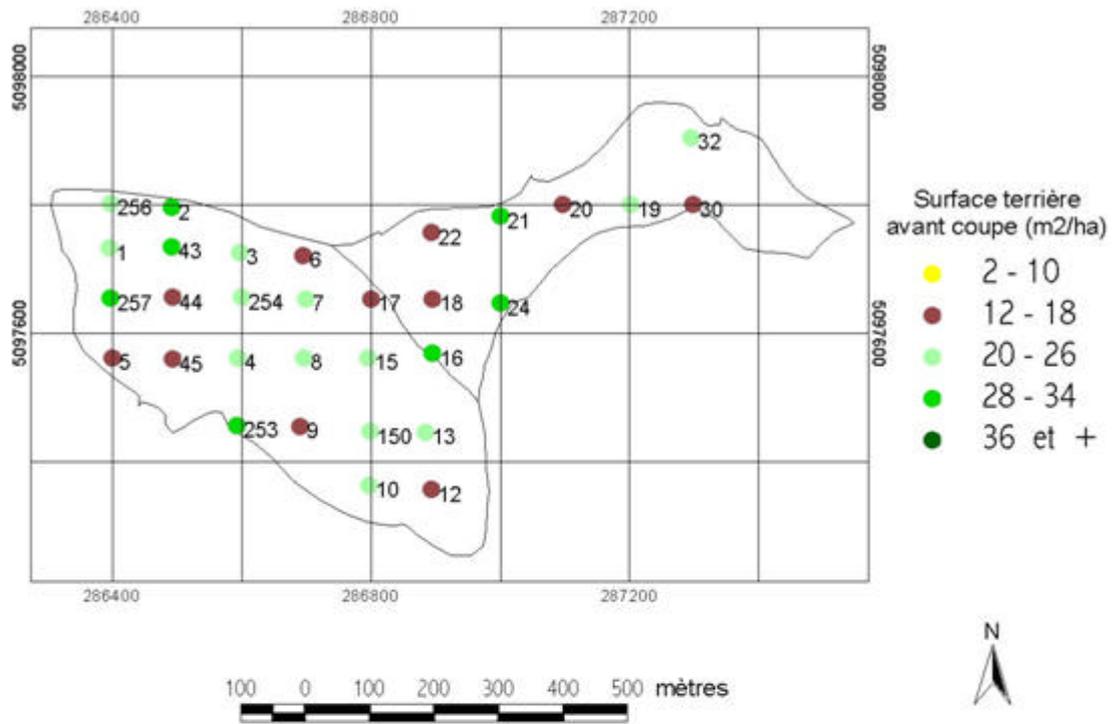
Annexe 12. Surface terrière par placette avant coupe (haut) et après coupe (bas) pour le secteur Ben-Sud



Annexe 13. Surface terrière par placette avant coupe (haut) et après coupe (bas) pour le secteur Gaudry-Est



Annexe 14. Surface terrière par placette avant coupe (haut) et après coupe (bas) pour le secteur Gaudry-Ouest



Annexe 15. Simulations de croissance : paramètres utilisés

- Taux de passage : ABCD sans mortalité
- Zone d'accroissement Sylva : Standard 20
- Répartition par produits : Standard Sud

Annexe 16. Simulations de croissance : évolution du volume total sur une rotation (les volumes sont exprimés en m³/ha)

Secteur	Gaudry-Est		Gaudry-Ouest		Ben-Nord		Ben-Sud
	1	2	3	4	5	6	7
avant coupe	156,4	179,8	163,9	151,5	233,0	267,3	226,0
t = 0 après coupe	78,7	89,3	133,1	124,5	137,1	188,7	142,0
t = 5 ans	93,2	102,9	155,7	146,4	155,5	210,1	162,5
t = 10 ans	109,2	117,6	180,2	170,1	175,0	234,8	184,6
t = 15 ans	126,4	133,6	206,0	195,8	196,7	261,6	209,7
t = 20 ans	145,0	150,7			219,3	289,4	236,3
t = 25 ans	165,0	168,9			243,7		
t = 30 ans	186,0	188,2					

Annexe 17. Simulations de croissance : évolution de la surface terrière sur une rotation (les surfaces terrières sont exprimées en m²/ha)

Secteur	Gaudry-Est		Gaudry-Ouest		Ben-Nord		Ben-Sud
	1	2	3	4	5	6	7
avant coupe	22,5	24,6	21,7	21,8	29,1	31,8	28,9
t = 0 après coupe	11,6	12,8	18,1	17,8	17,3	21,4	18,1
t = 5 ans	13,3	14,3	20,5	20,3	19,3	23,6	19,7
t = 10 ans	15,1	15,9	23,0	22,9	21,3	26,0	21,2
t = 15 ans	17,0	17,6			23,6	28,6	22,9
t = 20 ans	19,0	19,4			25,9	31,3	24,6
t = 25 ans	21,1	21,3			28,4	34,2	26,3
t = 30 ans	23,3	23,3			31,0		28,0

Annexe 18. Simulations de croissance : évolution de la qualité sur une rotation

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	3,1	9,6	25,2	12,6
t = 0 après coupe	0	4,5	26,6	15,2
t = 5 ans	0,1	6,7	30,2	15,2
t = 10 ans	0,8	7,4	31,5	14,6
t = 15 ans	1,4	7,9	32,7	14,0
t = 20 ans	2,1	8,6	33,2	13,5
t = 25 ans	2,6	9,7	33,7	13,4
t = 30 ans	3,3	10,9	34,1	13,4
t = 35 ans	3,9	12,3	34,3	13,5

a) Peuplement 1 (Gaudry-Est)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	8,3	12,4	26,9	11,0
t = 0 après coupe	1,8	5,1	29,6	16,5
t = 5 ans	1,6	8,4	31,1	16,4
t = 10 ans	1,7	10,2	31,8	16,0
t = 15 ans	2,4	11,2	32,9	15,8
t = 20 ans	3,5	11,8	34,4	15,7
t = 25 ans	4,6	12,4	35,7	15,6
t = 30 ans	5,6	13,2	36,5	15,5
t = 35 ans	6,6	14,3	36,5	15,5

b) Peuplement 2 (Gaudry-Est)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	7,4	19,7	38,3	5,9
t = 0 après coupe	4,8	18,5	41,0	4,1
t = 5 ans	5,3	17,8	44,1	5,4
t = 10 ans	7,6	17,3	44,4	6,4
t = 15 ans	9,7	17,8	43,6	7,1

c) Peuplement 3 (Gaudry-Ouest)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	6,3	13,8	36,9	11,7
t = 0 après coupe	9,4	13,6	37,6	9,3
t = 5 ans	9,7	13,5	39,6	10,0
t = 10 ans	10,8	13,5	38,8	10,1
t = 15 ans	11,5	14,2	37,0	10,0

d) Peuplement 4 (Gaudry-Ouest)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	13,1	17,5	22,1	8,4
t = 0 après coupe	2,7	23,4	24,5	6,0
t = 5 ans	5,7	23,0	23,6	5,6
t = 10 ans	8,4	21,5	23,4	5,3
t = 15 ans	11,5	19,7	23,0	5,1
t = 20 ans	14,1	18,4	22,5	4,9
t = 25 ans	16,2	17,6	22,0	4,9

e) Peuplement 5 (Ben-Nord)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	1,6	6,3	13,4	9,7
t = 0 après coupe	0,0	5,4	12,3	8,2
t = 5 ans	1,0	6,2	11,6	6,6
t = 10 ans	1,7	6,8	10,7	5,7
t = 15 ans	2,4	7,0	10,1	5,0
t = 20 ans	3,1	6,9	10,0	4,4

f) Peuplement 6 (Ben-Nord)

Nombre d'années après coupe	% volume qualité A	% volume qualité B	% volume qualité C	% volume qualité D
avant coupe	3,7	6,4	18,3	8,5
t = 0 après coupe	2,8	3,9	17,5	6,8
t = 5 ans	3,6	4,9	16,9	5,4
t = 10 ans	3,9	5,5	17,4	4,8
t = 15 ans	4,2	6,0	18,2	4,7
t = 20 ans	4,6	6,5	18,9	4,7

g) Peuplement 7 (Ben-Sud)

Annexe 19. Simulations de croissance : évolution de la composition sur une rotation

Nombre d'années après coupe	% ST BOJ	% volume BOJ	% ST ERS	% volume ERS
avant coupe	14,7	16,6	25,2	26,9
t = 0 après coupe	21,8	24,7	30,5	31,8
t = 5 ans	21,5	23,9	30,6	32,0
t = 10 ans	21,0	23,1	31,0	32,3
t = 15 ans	20,6	22,5	31,2	32,6
t = 20 ans	20,1	21,7	31,5	32,9
t = 25 ans	19,7	21,1	31,9	33,3
t = 30 ans	19,2	20,4	32,3	33,7
t = 35 ans	18,9	19,9	32,7	34,1

a) Peuplement 1 (Gaudry-Est)

Nombre d'années après coupe	% ST BOJ	% volume BOJ	% ST ERS	% volume ERS
avant coupe	7,3	8,8	29,7	31,8
t = 0 après coupe	8,1	9,3	39,3	41,9
t = 5 ans	7,5	8,7	39,3	42,0
t = 10 ans	7,1	8,0	39,5	42,3
t = 15 ans	6,7	7,4	39,5	42,4
t = 20 ans	6,3	6,9	39,5	42,6
t = 25 ans	6,0	6,5	39,5	42,7
t = 30 ans	5,7	6,0	39,5	42,9
t = 35 ans	5,4	5,7	39,4	42,9

b) Peuplement 2 (Gaudry-Est)

Nombre d'années après coupe	% ST BOJ	% volume BOJ	% ST ERS	% volume ERS
avant coupe	0	0	61,5	63,6
t = 0 après coupe	0	0	63,6	66,2
t = 5 ans	0	0	63,8	66,5
t = 10 ans	0	0	64,6	66,7
t = 15 ans	0	0	64,2	66,7

c) Peuplement 3 (Gaudry-Ouest)

Nombre d'années après coupe	% ST BOJ	% volume BOJ	% ST ERS	% volume ERS
avant coupe	4,2	5,2	43,9	50,9
t = 0 après coupe	3,9	4,9	49,9	53,4
t = 5 ans	3,5	4,2	50,0	53,5
t = 10 ans	3,1	3,7	50,3	53,8
t = 15 ans	2,8	3,2	50,2	53,7

d) Peuplement 4 (Gaudry-Ouest)

Nombre d'années après coupe	% ST PIB	% volume PIB	% ST CHR	% volume CHR
avant coupe	19,8	23,3	32,8	31,7
t = 0 après coupe	24,8	29,2	43,4	42,4
t = 5 ans	24,9	29,0	42,6	41,6
t = 10 ans	24,9	28,7	41,8	41,0
t = 15 ans	24,8	28,3	41,1	40,5
t = 20 ans	24,8	28,1	44,5	40,0
t = 25 ans	24,7	27,8	39,9	39,4

e) Peuplement 5 (Ben-Nord)

Nombre d'années après coupe	% ST PIB	% volume PIB	% ST CHR	% volume CHR
avant coupe	52,5	58,5	12,6	11,5
t = 0 après coupe	60,8	66,7	12,8	11,1
t = 5 ans	60,7	66,6	12,6	11,0
t = 10 ans	60,7	66,6	12,5	11,0
t = 15 ans	60,4	66,2	12,4	10,9
t = 20 ans	60,2	65,8	12,3	10,9

f) Peuplement 6 (Ben-Nord)

Nombre d'années après coupe	% ST PIB	% volume PIB	% ST CHR	% volume CHR
avant coupe	33,3	40,6	18,0	17,3
t = 0 après coupe	42,5	50,5	21,5	20,4
t = 5 ans	42,1	49,5	21,0	20,0
t = 10 ans	41,7	48,7	20,5	19,5
t = 15 ans	41,2	47,7	20,0	19,1
t = 20 ans	40,9	46,9	19,6	18,6

g) Peuplement 7 (Ben-Sud)