



CIRRELT

Centre interuniversitaire de recherche
sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport

Interuniversity Research Centre
on Enterprise Networks, Logistics and Transportation

Le réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne

**Nadia Lehoux
Philippe Marier
Sophie D'Amours
Denis Ouellet
Jean Beaulieu**

Juillet 2012

CIRRELT-2012-33

Bureaux de Montréal :

Université de Montréal
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal (Québec)
Canada H3C 3J7
Téléphone : 514 343-7575
Télécopie : 514 343-7121

Bureaux de Québec :

Université Laval
2325, de la Terrasse, bureau 2642
Québec (Québec)
Canada G1V 0A6
Téléphone : 418 656-2073
Télécopie : 418 656-2624

www.cirrelt.ca

Le réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne

Nadia Lehoux^{1,*}, Philippe Marier¹, Sophie D'Amours¹, Denis Ouellet²,
Jean Beaulieu²

¹ Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport et Département de génie mécanique, 1065, avenue de la Médecine, Université Laval, Québec, (Québec), G1V 0A6

² Centre canadien sur la fibre de bois, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du PEPS, C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, (Québec), G1V 4C7

Résumé. Dans ce document, nous dressons un aperçu du réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne. Nous expliquons d'abord comment est constitué le réseau, de quelle façon il est possible de le modéliser et les techniques qui peuvent être employées pour le piloter efficacement. Les travaux de chercheurs d'ici et d'ailleurs ainsi que des étudiants du Consortium Forac sont aussi présentés. Le document termine par une analyse des technologies existantes, dédiées à l'industrie forestière, en mesure de faciliter la prise de décisions.

Mots-clés. Réseau de création de valeur, industrie forestière, chaînes d'approvisionnement.

Results and views expressed in this publication are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of CIRRELT.

Les résultats et opinions contenus dans cette publication ne reflètent pas nécessairement la position du CIRRELT et n'engagent pas sa responsabilité.

* Auteure correspondante: Nadia.Lehoux@cirrelt.ca

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec,
Bibliothèque et Archives Canada, 2012

© Copyright Lehoux, Marier, D'Amours, Ouellet, Beaulieu et CIRRELT, 2012

Table des matières

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	LE RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR.....	3
2.1	DESCRIPTION DU RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR DE LA FIBRE DE BOIS CANADIENNE.....	3
3.	LES UNITÉS D’AFFAIRES	6
3.1	LA CHAÎNE DE VALEUR DE LA FORÊT.....	6
3.1.1	<i>Le gouvernement</i>	7
3.1.2	<i>Les propriétaires de forêts privées</i>	7
3.1.3	<i>Les compagnies de produits forestiers</i>	8
3.1.4	<i>Les entrepreneurs forestiers</i>	8
3.1.5	<i>Les coopératives forestières et les groupes de gestion forestière.....</i>	8
3.1.6	<i>Les travailleurs sylvicoles</i>	9
3.1.7	<i>Les unités de transport</i>	9
3.1.8	<i>Les parcs de transfert</i>	10
3.2	LA CHAÎNE DE VALEUR DES PÂTES ET PAPIERS	11
3.2.1	<i>Les usines de pâte.....</i>	11
3.2.2	<i>Les usines de papier</i>	12
3.2.3	<i>Les usines de transformation du papier.....</i>	13
3.2.4	<i>Les centres de distribution de papier.....</i>	14
3.3	LA CHAÎNE DE VALEUR DU BOIS D’ŒUVRE, DES PANNEAUX ET DU BOIS D’INGÉNIEURIE.....	15
3.3.1	<i>Les scieries de bois résineux</i>	15
3.3.2	<i>Les centres de distribution du bois.....</i>	15
3.3.3	<i>Les scieries de bois francs (feuillus).....</i>	16
3.3.4	<i>Les usines de transformation du bois</i>	17
3.3.5	<i>Les usines de panneaux</i>	17
3.3.6	<i>Les usines de produits de bois d’ingénierie.....</i>	19
3.3.7	<i>Les usines de seconde transformation du bois.....</i>	19
3.3.8	<i>Les usines de maisons modulaires</i>	20
3.4	LA CHAÎNE DE VALEUR DE L’ÉNERGIE.....	20
4.	LES FLUX DU RÉSEAU	24
4.1	LE FLUX DES PRODUITS	24
4.1.1	<i>Le flux de la fibre, de la forêt à l’usine.....</i>	25
4.1.2	<i>Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur des pâtes et papiers</i>	28
4.1.3	<i>Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur du bois d’œuvre, des panneaux et du bois d’ingénierie.....</i>	30
4.1.4	<i>Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur de l’énergie.....</i>	31
4.1.5	<i>Les chaînes de création de valeur divergentes</i>	33
4.2	LE FLUX D’INFORMATION.....	35
4.2.1	<i>L’effet coup de fouet</i>	35
4.2.2	<i>La collecte de données et le partage d’information.....</i>	37
4.2.3	<i>L’utilisation d’un standard de partage d’information.....</i>	39
4.2.4	<i>Les systèmes d’information géographique (SIG).....</i>	43
4.3	LE FLUX FINANCIER.....	44
5.	MODÉLISER UN RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR	47
5.1	LES COMPOSANTES DU MODÈLE	49

- 5.1.1 *Le produit*50
- 5.1.2 *Le procédé*51
- 5.1.3 *Le processeur*53
- 5.1.4 *La demande du client*.....56
- 5.1.5 *L'approvisionnement*.....57
- 5.2 LES COMPOSANTES SPÉCIFIQUES DU RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR DE LA FIBRE DE BOIS59
 - 5.2.1 *Les activités de transport*.....59
 - 5.2.1.1 Les moyens de transport59
 - 5.2.1.2 La capacité de transport60
 - 5.2.1.3 Les coûts de transport62
 - 5.2.2 *Les procédés de transformation clés*66
 - 5.2.2.1 Le procédé de récolte66
 - 5.2.2.2 Le procédé de tronçonnage66
 - 5.2.2.3 Le procédé d'éclaircie.....67
 - 5.2.2.4 Le reboisement68
 - 5.2.2.5 La gestion des perturbations naturelles de la forêt.....69
 - 5.2.2.6 La conception et la construction de chemins forestiers.....69
 - 5.2.2.7 Le procédé de déplacement d'équipement70
 - 5.2.2.8 Le procédé de sciage.....70
 - 5.2.2.9 Le séchage du bois.....72
 - 5.2.2.10 Le rabotage du bois.....73
 - 5.2.2.11 La fabrication des panneaux74
 - 5.2.2.12 La fabrication de la pâte.....76
 - 5.2.2.13 La fabrication des feuilles de papier77
 - 5.2.2.14 La fabrication du carton.....78
 - 5.2.2.15 La fabrication des poutrelles en I.....79
 - 5.2.2.16 La production d'énergie à partir de la biomasse80
- 5.3 ÉLÉMENTS À CONSIDÉRER LORS DE LA MODÉLISATION D'UN RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR83
 - 5.3.1 *Risque et incertitude*83
 - 5.3.2 *Facteurs internationaux*85
- 5.4 APPROCHES DE MODÉLISATION86
 - 5.4.1 *Modèles de simulation*.....87
 - 5.4.2 *Modèles d'optimisation*88
 - 5.4.3 *Un exemple de programmation mathématique*.....89
 - 5.4.4 *L'intelligence artificielle*91
 - 5.4.5 *Systèmes d'aide à la décision (SAD)*.....94
- 5.5 MESURE DE LA PERFORMANCE.....94
 - 5.5.1 *Le concept de valeur*.....95
 - 5.5.2 *Les indicateurs de performance clés*97

6. LA GESTION DU RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR.....100

- 6.1 LES PROCESSUS D'AFFAIRES.....100
 - 6.1.1 *Les processus de planification stratégique*.....102
 - 6.1.2 *Les processus de planification des ventes et des opérations (S & OP)*.....102
 - 6.1.3 *Les processus de négociation avec les fournisseurs et les clients*103
 - 6.1.4 *Les processus de satisfaction de la demande*.....105
 - 6.1.5 *Les processus de renouvellement des stocks*.....106
 - 6.1.6 *Les processus de retour des produits*.....108
 - 6.1.7 *Les processus de proposition de valeur*.....108
- 6.2 LES DÉCISIONS DE PLANIFICATION111
 - 6.2.1 *La planification stratégique*.....111
 - 6.2.2 *La planification tactique*.....112
 - 6.2.3 *La planification opérationnelle*113
- 6.3 QUELQUES PROBLÈMES DE PLANIFICATION RENCONTRÉS PAR TOUTES LES UNITÉS D'AFFAIRES DU RÉSEAU DE CRÉATION DE VALEUR DE LA FIBRE DE BOIS117
 - 6.3.1 *La forêt*117
 - 6.3.2 *Les pâtes et papiers*118
 - 6.3.3 *Le bois d'œuvre, les panneaux et le bois d'ingénierie*.....119

6.3.4	<i>L'énergie de la biomasse</i>	120
6.4	LA PLANIFICATION ET L'ANTICIPATION	121
6.4.1	<i>Les approches de planification de la gestion de la forêt</i>	122
6.5	LES OPTIONS STRATÉGIQUES DE LA GESTION DU RÉSEAU	124
6.6	LE CAS DE LA FORÊT.....	125
7.	LES RELATIONS D'AFFAIRES.....	136
7.1	LES EFFETS DE LA PLANIFICATION DÉCENTRALISÉE	136
7.2	LES COLLABORATIONS D'ENTREPRISES	138
7.2.1	<i>Les formes de collaboration</i>	140
7.3	LES STRATÉGIES COLLABORATIVES.....	140
7.3.1	<i>La gestion des stocks par le fournisseur (VMI, Vendor Managed Inventory)</i>	141
7.3.2	<i>La collaboration dans la planification, les prévisions et le réapprovisionnement (CPFR, Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment)</i>	142
7.4	LES INCITATIFS À LA COLLABORATION.....	144
7.4.1	<i>Les ententes de prix</i>	144
7.4.2	<i>Les contrats de rachat</i>	145
7.4.3	<i>Les contrats de partage des revenus</i>	145
7.4.4	<i>Les contrats de flexibilité des quantités</i>	146
7.4.5	<i>Les remises sur quantité</i>	146
8.	REVUE DES TRAVAUX PUBLIÉS	148
8.1	<i>Recherches nationale et internationale</i>	148
9.	LES PROJETS ÉTUDIANTS ET PROFESSIONNELS DU CONSORTIUM DE RECHERCHE FORAC.....	162
9.1	LA RECHERCHE CENTRÉE SUR LA FORÊT	162
9.2	LES PROJETS SUR LES PÂTES ET PAPIERS.....	163
9.3	LES PROJETS SUR LE BOIS D'ŒUVRE, LES PANNEAUX ET LE BOIS D'INGÉNIERIE	164
10.	LES APPLICATIONS LOGICIELLES POUR L'INDUSTRIE DES PRODUITS FORESTIERS.....	170
10.1	CLASSIFICATION DES LOGICIELS	170
10.2	LES OUTILS NORD-AMÉRICAINS.....	172
10.3	DES LOGICIELS AILLEURS DANS LE MONDE	174
10.4	LES LOGICIELS ET LES MODÈLES D'OPTIMISATION.....	174
10.5	LA RECHERCHE ACTUELLE ET LES LACUNES DU DÉVELOPPEMENT LOGICIEL.....	176
11.	DISCUSSION ET CONCLUSION	177
12.	RÉFÉRENCES.....	179
ANNEXE 1	LE CAS <i>VIRTUAL LUMBER</i>	195
ANNEXE 2	OUTILS ET APPLICATIONS LOGICIELLES POUR L'INDUSTRIE DES PRODUITS FORESTIERS	206
LISTE DES ACRONYMES.....		214
GLOSSAIRE		215

Liste des figures

Figure 1	Le réseau de création de valeur d'une entreprise individuelle.....	3
Figure 2	Le réseau de création de valeur de l'industrie des produits forestiers	4
Figure 3	Les unités d'affaires de la forêt	7
Figure 4	Débardage par portage dans le bloc de coupe.....	10
Figure 5	Un parc de transfert	11
Figure 6	Rouleaux parents fabriqués dans une usine à papier	13
Figure 7	Production de placage	16
Figure 8	Exemples de produits de bois d'ingénierie	19
Figure 9	Une maison modulaire	20
Figure 10	Bilan carbone du secteur forestier	21
Figure 11	Rendement de l'investissement énergétique de différentes options de production d'électricité	22
Figure 12	Illustration des principaux flux de la chaîne de création de valeur	24
Figure 13	Flux des produits en forêt pour un système en bois court.....	26
Figure 14	Décisions relatives au transport de la fibre, de la forêt aux usines ou aux parcs à grumes	27
Figure 15	Illustration de deux flux directs et d'un retour à charge.....	28
Figure 16	Flux de produits pour le papier journal	29
Figure 17	Illustration du flux de fibre dans la chaîne de valeur de la scierie	30
Figure 18	Illustration du flux de la fibre dans la chaîne de valeur de l'énergie.....	32
Figure 19	Illustration de l'environnement divergent de l'industrie des produits forestiers	33
Figure 20	Illustration de l'effet coup de fouet	36
Figure 21	L'échange d'information entre les unités d'affaires dans un réseau de création de valeur.....	39
Figure 22	Exemple de script XML	40
Figure 23	Définition papiNet de la disponibilité d'un produit	41
Figure 24	Définition papiNet de la planification	42
Figure 25	Définition papiNet des détails du produit	42
Figure 26	Illustration des composantes du SIG.....	44
Figure 27	Produit, processeur et procédé.....	49
Figure 28	Approvisionnement et demande	50
Figure 29	Produits dans l'environnement de simulation et de prototypage à base d'agents de FORAC	51
Figure 30	Modélisation du procédé de production	52
Figure 31	Différents types de relations pour modéliser un procédé.....	53
Figure 32	Concept des groupes de voies, tel qu'utilisé par le modèle « Deliver ».....	61
Figure 33	Capacité régionale, telle que définie dans le VTМ.....	62

Figure 34	Illustration de deux patrons de tronçonnage.....	67
Figure 35	Deux patrons de sciage pour une même bille.....	70
Figure 36	Utilisation d'un logiciel pour définir le patron de coupe optimal.....	71
Figure 37	Différents procédés possibles pour un même lot de bois	72
Figure 38	Exemples de produits finaux possibles à partir d'une pièce de bois brut	74
Figure 39	Illustration de presses à chaud.....	74
Figure 40	Structure des produits de panneaux à copeaux orientés	75
Figure 41	Transformation du papier en feuilles à partir d'une bobine mère	77
Figure 42	Mise en feuilles d'un rouleau parent.....	78
Figure 43	Procédé de fabrication du carton.....	79
Figure 44	Composantes d'une poutrelle en I.....	79
Figure 45	Fabrication des poutrelles en I	80
Figure 46	Illustration de différentes sources de risque	84
Figure 47	Illustration des fluctuations quotidiennes du taux de change entre le dollar américain et le dollar canadien pour 2007 et 2008.....	86
Figure 48	Classification des techniques de modélisation	87
Figure 49	Réseau d'entrepôts fournissant des détaillants	90
Figure 50	Maximiser la valeur ajoutée dans les opérations.....	95
Figure 51	Illustration du prix de cession interne	97
Figure 52	Illustration d'une grappe de mesures développée par Nike	99
Figure 53	Illustration d'un processus d'affaires.....	100
Figure 54	Cadre de processus de base de gestion de la chaîne logistique	101
Figure 55	Processus de production à la commande et de production pour stockage	104
Figure 56	Point de découplage dans le procédé des pâtes et papiers.....	106
Figure 57	Technique à quantité commandée fixe pour gérer les stocks.....	107
Figure 58	Méthode (s,Q) pour gérer les stocks lorsque la demande ou les délais sont incertains.....	108
Figure 59	Les dimensions de la chaîne logistique de la fibre de bois	117
Figure 60	Planification et anticipation : une illustration.....	121
Figure 61	Illustration de l'approche de gestion de la forêt « poussée ».....	123
Figure 62	Illustration de l'approche de gestion de la forêt « tirée ».....	123
Figure 63	Relations entre le gouvernement et le propriétaire forestier	127
Figure 64	Illustration des options stratégiques possibles pour les propriétaires forestiers	127
Figure 65	Exemple d'activité sous-traitée	130
Figure 66	Exemple basé sur la forêt publique canadienne	132
Figure 67	Exemple avec plusieurs propriétaires forestiers.....	134
Figure 68	Évolution des décisions de planification et des options stratégiques de la forêt.....	135

Figure 69	Chaîne logistique d'un fabricant de pâtes et papiers.....	136
Figure 70	La chaîne logistique du marchand	137
Figure 71	Le réseau de création de valeur avec échange d'information	138
Figure 72	Évolution des relations d'affaires	139
Figure 73	Illustration de l'approche VMI.....	141
Figure 74	Illustration de la méthode CPFR.....	143
Figure 75	Entente de prix pour une chaîne logistique	145
Figure 76	Illustration d'un contrat de rachat.....	145
Figure 77	La chaîne logistique du combustible forestier en Suède	159
Figure 78	Aperçu de la plateforme expérimentale de planification FORAC.....	195
Figure 79	Réseau logistique du cas <i>Virtual Lumber</i>	197
Figure 80	Réseau de production et de distribution modélisé dans la plateforme expérimentale de planification FORAC.....	198
Figure 81	Exemple d'une décision de sciage	199
Figure 82	Exemple de patrons de chargement possibles	199
Figure 83	Design d'un réseau de production-distribution de bois d'œuvre	203
Figure 84	Réseau de scieries et fusion	204

Liste des tableaux

Tableau 1	Différences entre le MDF, le panneau de particules, le panneau à copeaux orientés et le contreplaqué	18
Tableau 2	Définitions de coproduit et de sous-produit.....	25
Tableau 3	Illustration du niveau d'agrégation pour différents éléments	48
Tableau 4	Taux horaire fixé (\$) pour différents types de camions.....	62
Tableau 5	Vitesse moyenne des camions (km/h) sur différents types de route.....	63
Tableau 6	Équations linéaires pour le calcul de la consommation de carburant (l/100 km) selon le poids du véhicule (tonnes)	63
Tableau 7	Augmentation du pourcentage du coût du carburant dans le taux de transport de base entre des points d'origine/destination.....	64
Tableau 8	Différentes techniques d'éclaircie	68
Tableau 9	Utilisation des technologies de production d'énergie à partir de la biomasse	81
Tableau 10	Coûts logistiques à considérer dans l'analyse de la valeur ajoutée.....	96
Tableau 11	Système poussé versus système tiré.....	104
Tableau 12	Exemples de prises de décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles	115
Tableau 13	Options stratégiques et leurs impacts sur l'organisation.....	124
Tableau 14	Description des décisions de planification concernant la chaîne logistique de la forêt	126
Tableau 15	Quelques exemples de décisions et d'options stratégiques pour gérer la forêt	128
Tableau 16	Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt : planification de la récolte sous-traitée	129
Tableau 17	Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt : forêt publique canadienne	131
Tableau 18	Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt : le cas de plusieurs propriétaires forestiers	133
Tableau 19	Formes d'interdépendance	140
Tableau 20	Projets d'étudiants et de professionnels du consortium de recherche FORAC.....	168
Tableau 21	Tableau utilisé pour classifier les outils logiciels	171
Tableau 22	Outils d'optimisation de la chaîne logistique de la fibre de bois en Amérique du Nord	173
Tableau 23	Liste des logiciels développés pour l'industrie des produits forestiers ailleurs dans le monde.....	174
Tableau 24	Engins de planification pour chaque agent.....	196
Tableau 25	Définition des unités de sciage, de séchage, de finition et de livraison.....	200

Liste des études de cas

<i>Étude de cas 1</i>	<i>Planification de la production et de la distribution synchronisées</i>	<i>14</i>
<i>Étude de cas 2</i>	<i>Optimisation de l'assortiment de rouleaux dans une usine de papier</i>	<i>34</i>
<i>Étude de cas 3</i>	<i>Modèle intégré pour la conception d'une scierie et le choix de la stratégie de production</i>	<i>58</i>
<i>Étude de cas 4</i>	<i>Approvisionnement en copeaux d'une entreprise intégrée de pâtes et papiers</i>	<i>65</i>
<i>Étude de cas 5</i>	<i>Maximiser le profit par la spécialisation des scieries et la conception de la chaîne logistique</i>	<i>82</i>
<i>Étude de cas 6</i>	<i>La valeur de la planification des ventes et des opérations dans l'industrie des panneaux à copeaux orientés dans un système de production à la commande</i>	<i>110</i>
<i>Étude de cas 7</i>	<i>Optimisation du problème de planification tactique d'un fabricant de meubles</i>	<i>116</i>
<i>Étude de cas 8</i>	<i>Approches de collaboration pour l'industrie des pâtes et papiers</i>	<i>147</i>

1. Introduction

L'industrie des produits forestiers constitue l'un des principaux secteurs manufacturiers du Canada. Il supporte plus de 860 000 emplois, soit 5,3 % de l'emploi total du Canada. Le Canada est le plus gros exportateur mondial de produits forestiers et le chef de file mondial en production et en exportation de papier journal. Sa production est exportée dans plus de 100 pays, pour une valeur totale de 41,9 milliards de dollars canadiens (Statistique Canada). L'industrie est concentrée au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique. Alors que les provinces de l'Ouest manufacturent essentiellement des produits de bois massif, les provinces de l'Est produisent quant à elles principalement du papier et de la pâte. Néanmoins, la consolidation de l'industrie augmente, et plusieurs scieries sont fermées temporairement ou définitivement partout au Canada. Plusieurs facteurs expliquent cette situation. Tout d'abord, la mondialisation a engendré une compétition croissante entre les pays. Par exemple, les producteurs du Brésil ou de la Russie ont été très dynamiques pour accroître leur présence en dehors de leurs marchés nationaux (Statistique Canada). Ensuite, puisque les États-Unis sont le client principal du Canada (80,8 % des exportations), la montée de la valeur du dollar canadien par rapport au dollar américain a contribué à la baisse des marges de profit des producteurs canadiens. Les prix croissants de l'énergie ont également eu un impact significatif sur les compagnies, particulièrement dans l'industrie des pâtes et papiers, une des plus énergivores. Finalement, la demande mondiale de papier a diminué et la dégradation du marché de la construction résidentielle aux États-Unis a considérablement touché les ventes de bois d'œuvre.

Pour surpasser la concurrence et maximiser le niveau de service à la clientèle, l'industrie des produits forestiers doit changer sa façon de faire des affaires. Plutôt que de pousser les produits traditionnels vers le marché, l'industrie doit se concentrer sur les demandes des clients tout en optimisant l'utilisation de la ressource forestière et en coordonnant toutes ses activités opérationnelles. Plus spécifiquement, quand les arbres sont utilisés pour fabriquer des produits forestiers, plusieurs acteurs sont impliqués. Ces acteurs doivent gérer la forêt, construire des chemins forestiers, transporter les billes, les transformer en produits forestiers finis, et enfin, faire parvenir les produits finis aux clients. Toutes ces activités sont planifiées de façon à assurer une marge de profit et une utilisation efficace des ressources disponibles, dans les limites des contraintes opérationnelles et environnementales. Cette structure organisationnelle, qui utilise les ressources de plus d'une organisation, constitue un réseau. Qui plus est, comme toutes les activités du réseau ont pour but de créer de la valeur pour les clients, cela en fait un réseau de création de valeur.

Pour être efficace, un réseau de création de valeur doit être coordonné. Cela signifie que le procédé global doit être géré efficacement, et non pas seulement chacune de ses

composantes. Plus les différents acteurs synchroniseront leurs opérations, meilleur sera le service à la clientèle.

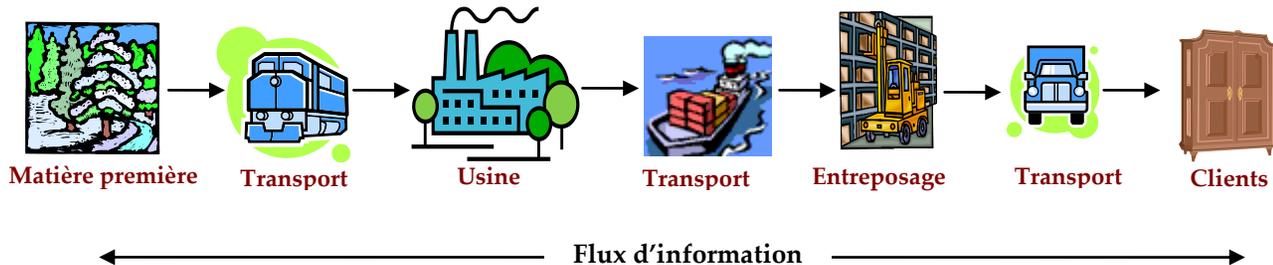
Dans ce document, nous tenterons d'expliquer les concepts impliqués dans un réseau de création de valeur, et comment de bonnes pratiques de gestion des activités peuvent devenir un outil efficace pour concurrencer les autres pays. Nous aborderons tout d'abord la notion de réseau de création de valeur et décrirons le réseau canadien de la fibre de bois. Ensuite, nous introduirons différentes méthodes pour représenter correctement le réseau de création de valeur, afin de bien décrire les interactions entre les différents acteurs. De plus, nous expliquerons comment gérer un réseau, ainsi que le type de décisions auxquelles les acteurs du réseau seront confrontés pour planifier adéquatement leurs opérations. Huit études de cas conduites par des étudiants et des professionnels de recherche du consortium de recherche FORAC au cours des huit dernières années seront utilisées pour démontrer de quelle façon ces différents concepts peuvent être mis en pratique. Une liste de problèmes typiques rencontrés dans l'industrie ainsi que l'approche choisie pour les résoudre seront également présentées. Finalement, nous passerons en revue les différents logiciels disponibles pour supporter la planification et le contrôle du réseau de création de valeur de l'industrie des produits forestiers. Un glossaire complète le document afin de clarifier la terminologie et les concepts utilisés dans la conception et la gestion des réseaux de création de valeur.

2. Le réseau de création de valeur

Pour transformer des matières premières en produits finis, plusieurs opérations doivent être accomplies et, par conséquent, plusieurs compagnies sont impliquées. Par le passé, ces activités étaient généralement gérées séparément, sur la base d'objectifs locaux et avec des contraintes limitées. Mais aujourd'hui, les entreprises reconnaissent les liens qui les unissent à leurs partenaires, stratégiques ou non, aussi bien que la nécessité de coordonner leurs activités liées afin d'ajouter de la valeur à leurs produits et services. Ce que nous appelons «réseau de création de valeur» est ce groupe complexe d'entités qui ont diverses interrelations et qui travaillent ensemble à la création de valeur économique. Ce réseau englobe toutes les activités liées au flux de la transformation des biens, de la matière première au consommateur final, aussi bien que les flux d'information qui y sont associés (Figure 1) (Ballou, 2004).

Figure 1

Le réseau de création de valeur d'une entreprise individuelle



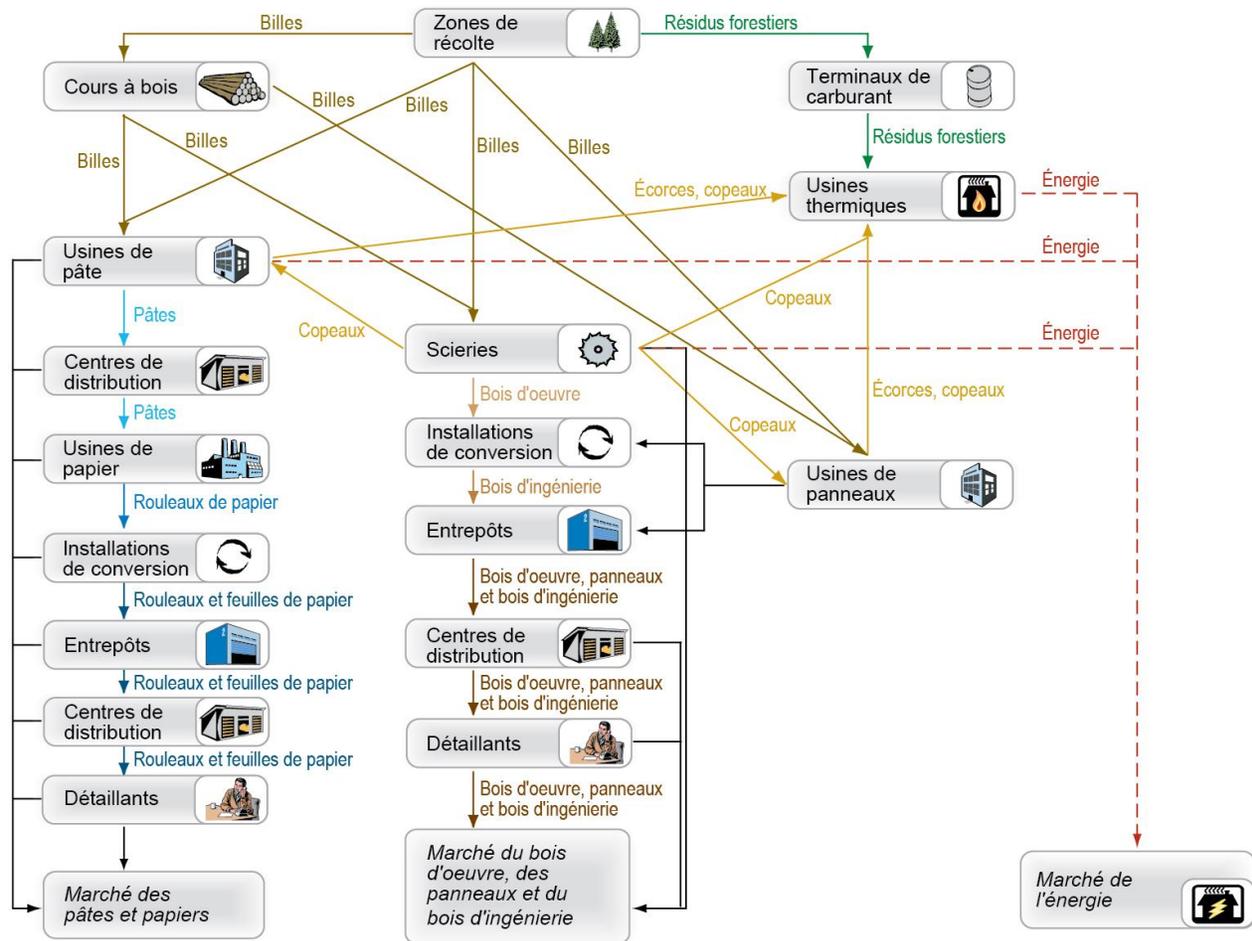
Pour être efficace, le réseau de création de valeur doit être géré comme un tout. Plus spécifiquement, le flux de produits entre les compagnies doit être coordonné pour parvenir à créer des profits ainsi qu'un avantage compétitif, autant pour chacun des acteurs que pour le réseau. Cela passe aussi par le partage d'information.

2.1 Description du réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne

Le réseau de création de valeur de l'industrie des produits forestiers inclut toutes les entreprises et unités d'affaires impliquées dans l'approvisionnement, la production et la transformation d'un produit donné et dans sa distribution sur les marchés (Figure 2). Cela peut inclure les compagnies responsables des opérations en forêt, du sciage, de la production à valeur ajoutée, des pâtes et papiers, etc. (consortium de recherche FORAC). Même si plusieurs activités sont réalisées pour accéder à la forêt et optimiser la récolte (par

exemple, les traitements sylvicoles, la construction de routes, la protection des forêts), ces activités ne sont pas illustrées dans la Figure 2. Elles sont implicitement incluses dans le nœud d'activités « Zones de récolte ».

Figure 2
Le réseau de création de valeur de l'industrie des produits forestiers



Typiquement, les différentes entreprises possèdent un ensemble d'unités d'affaires impliquées dans la transformation et la distribution des produits forestiers. Lorsque les unités d'affaires d'une entreprise couvrent toute la gamme des activités, de la récolte à la distribution, l'entreprise est dite intégrée (on parle ici d'une intégration verticale) (D'Amours *et al.*, 2008). Dans l'industrie des pâtes et papiers, par exemple, la plupart des entreprises sont intégrées, c'est-à-dire qu'elles produisent autant le papier que la pâte nécessaire à sa fabrication. En plus d'être intégrées, quelques grandes compagnies internationales sont également actives sur tous les marchés montrés dans la Figure 2. Par exemple, la société internationale Stora Enso, dont le siège social est en Finlande, a plusieurs chaînes d'approvisionnement interreliées. Dans tous les cas, les coûts opérationnels élevés, la

compétition internationale et les nouvelles technologies les motivent à gérer efficacement leur réseau. Dans le présent document, nous ferons référence au « réseau de création de valeur de la fibre de bois » pour décrire l'ensemble des acteurs impliqués dans la création de valeur de la forêt jusqu'au client final.

3. Les unités d'affaires

Le réseau canadien de création de valeur de la fibre de bois est divisé en quatre principales chaînes de valeur : la forêt, les opérations des pâtes et papiers, les unités impliquées dans la production de bois d'œuvre, de panneaux et de produits de bois d'ingénierie ainsi que dans la production d'énergie. Chacune de ces chaînes ont pour point de départ l'utilisation du bois comme matière première. Dans chacune des quatre chaînes logistiques, le transport est une activité importante qui peut être gérée par des entrepreneurs indépendants, des transporteurs, des prestataires de services logistiques ou par la compagnie elle-même, si elle possède une flotte de véhicules.

3.1 La chaîne de valeur de la forêt

Les forêts recouvrent près de 45 % de la superficie terrestre du Canada. De ces terres, 71 % appartiennent aux gouvernements provinciaux, 23 % au gouvernement fédéral et 6 % sont privées. Ressources naturelles Canada considère que la majeure partie des forêts canadiennes (56 %) possède une valeur commerciale, ce qui veut dire qu'elles sont utilisables pour la fabrication de produits du bois. Cependant, seulement 28 % de ces forêts sont disponibles à la récolte. Les quantités récoltées annuellement représentent environ 0,4 % de la superficie totale de forêt commerciale (environ 1 million d'hectares). Même si la majeure partie des forêts canadiennes est possédée et administrée par les provinces, le gouvernement fédéral a une influence marquée sur la gestion et l'exploitation des forêts par le biais du développement régional et industriel, du commerce, des relations internationales, de la science et des technologies, de la réglementation environnementale et de la fiscalité.

Toutes les activités de la chaîne de création de valeur des produits forestiers sont influencées par le volume et la qualité de la récolte de fibre de bois. Une planification adéquate et une gestion efficace de la chaîne de valeur de la forêt sont donc cruciales, puisqu'elles ont un impact direct sur la rentabilité des autres chaînes du réseau. Par ailleurs, le fait de bien connaître les caractéristiques de la matière première et les modes de fonctionnement rendra la planification des activités du réseau plus efficace.

Plusieurs acteurs et entités jouent un rôle clé dans le processus d'utilisation de la forêt. Ils doivent interagir en utilisant l'information à différents plans pour faire face simultanément à des questions d'ordre environnemental, social, opérationnel et économique (Figure 3).

Figure 3
Les unités d'affaires de la forêt



3.1.1 Le gouvernement

Étant donné que les forêts sont une ressource naturelle essentielle à notre société, leur gestion n'est pas limitée à la production de produits forestiers. Elle englobe aussi la préservation des possibilités récréotouristiques, la protection de la diversité biologique, la conservation du sol et des eaux, le contrôle des ravageurs et des maladies, la réduction des pertes dues aux feux de forêt, etc. (Church, 2007). C'est pourquoi, dans plusieurs pays, le gouvernement est responsable d'une partie de la forêt (forêt publique) et réglemente la forêt privée, qui n'est pas directement sous son contrôle. Le gouvernement peut donc être entre autres responsable de l'allocation de la fibre de bois aux compagnies, de l'application des stratégies pour assurer la durabilité de la forêt, des politiques forestières, de la détermination des zones à récolter ou à protéger, du réseau routier en forêt, de l'établissement des tarifs et des crédits associés à l'usage ou à la protection de la forêt.

3.1.2 Les propriétaires de forêts privées

Individus, familles, organisations, groupes des Premières nations ou personnes morales (incluant celles de l'industrie forestière) peuvent être propriétaires de forêts privées. La forêt peut être utilisée de différentes façons, pour des activités récréatives ou pour la production de bois. Les propriétaires de forêts privées gèrent leurs terres de façon à atteindre leurs objectifs tout en favorisant la durabilité de la ressource forestière. Ils doivent généralement respecter les règles définies par le gouvernement en toutes circonstances.

3.1.3 Les compagnies de produits forestiers

Plusieurs entreprises utilisent la fibre de bois pour différentes activités. Généralement, la fibre provient des forêts publiques et privées ainsi que de l'importation. Tout dépendant du procédé de transformation, l'entreprise peut être très petite (par exemple, une cabane à sucre), spécialisée (par exemple, une scierie) ou intégrée (c'est-à-dire que plusieurs étapes de transformation sont contrôlées par la même compagnie). Les décisions de planification doivent être prises pour le court, le moyen et le long termes. Elles sont influencées par plusieurs facteurs, incluant le rôle joué par le gouvernement et la taille de la compagnie ; un plus grand contrôle gouvernemental signifie moins de flexibilité pour la compagnie, ainsi que davantage d'obligations légales, et une grande entreprise doit répondre à une grande variété de problèmes liés à la prise de décisions.

3.1.4 Les entrepreneurs forestiers

Considérant que l'achat de l'équipement de récolte forestière est un investissement majeur et que la zone à récolter peut être limitée, plusieurs entreprises choisissent de faire affaires avec des entrepreneurs forestiers. Ces spécialistes indépendants utilisent leur machinerie pour récolter le bois. Selon les cas, l'entrepreneur peut s'occuper des opérations de récolte, des traitements sylvicoles, de la construction de routes et du transport du bois. Ils jouent donc un rôle primordial dans le bon fonctionnement du système. L'entente entre l'entreprise et l'entrepreneur forestier est habituellement officialisée par un contrat spécifiant les obligations de l'entrepreneur forestier.

3.1.5 Les coopératives forestières et les groupes de gestion forestière

Tout comme les entrepreneurs forestiers, les coopératives et les groupes de gestion forestière sont engagés par les entreprises pour récolter le bois, effectuer différents traitements sylvicoles, transporter le bois, etc. Ils regroupent plusieurs membres spécialisés en gestion de la forêt et fonctionnent habituellement sur la base d'une adhésion gratuite et ouverte à tous. Ces groupes d'affaires génèrent de la valeur en mettant en commun les besoins de plusieurs propriétaires de forêts. De plus, quelques coopératives possèdent des équipements de transformation du bois.

3.1.6 Les travailleurs sylvicoles

La sylviculture est une branche de la foresterie qui s'intéresse à l'établissement, au développement, à la reproduction, à l'entretien et à la récolte de la végétation forestière. Cela fait de la sylviculture un des éléments clés qui permet de trouver des solutions biologiques et techniques pour atteindre les objectifs de gestion. Sans une sylviculture appropriée, la gestion durable de la forêt est impossible. C'est pourquoi les travailleurs sylvicoles ont un rôle significatif à jouer dans le développement de la forêt et sa durabilité. Les entrepreneurs forestiers et les agences gouvernementales emploient bon nombre de ces travailleurs pour accomplir plusieurs tâches liées à la reforestation ainsi qu'à la gestion, à l'amélioration et à la conservation des forêts.

3.1.7 Les unités de transport

Le transport est l'une des principales activités de l'industrie forestière. Chaque année, environ 190 millions de mètres cubes de bois sont récoltés au Canada (Ressources naturelles Canada). Les billes sont transportées par camion de la forêt jusqu'aux scieries ou aux parcs de transfert. Les coûts de transport représentent jusqu'à 50 % du coût d'approvisionnement en fibre pour les scieries canadiennes, et de 25 % à 40 % du prix des produits finis de l'industrie (Association des produits forestiers du Canada). Par conséquent, le transport doit être géré efficacement. La récolte nécessite le développement d'un réseau de chemins forestiers pour accéder à la ressource. L'étendue du réseau routier en forêt a plus que triplé en 25 ans. Plus de 3 000 km de routes sont construites annuellement. Le soutien des gouvernements pour le développement des chemins forestiers est très variable, fluctuant selon les budgets, le gouvernement et les besoins d'affaires. Sur les terres publiques du Québec, les entreprises sont responsables de la construction et de l'entretien des chemins.

Les moyens de transport et les personnes à qui en incombe la responsabilité peuvent être très différents d'une compagnie à l'autre (Epstein *et al.*, 2007). Une compagnie de produits forestiers peut posséder sa flotte de camions et d'équipement pour transporter le bois rond (Figure 4). Une grande compagnie de transport peut également s'occuper du transport pour plusieurs compagnies ou organisations forestières. Aussi, le transport peut être sous-traité à des entrepreneurs forestiers, à des coopératives forestières, à des groupes de gestion forestière ou à plusieurs petits transporteurs. Généralement, un contrat est établi entre la compagnie de produits forestiers et la compagnie de transport (habituellement pour un an) et y sont décrites les obligations de chacune des parties.

Figure 4
Débardage par portage dans le bloc de coupe



Source : Gouvernement du Nouveau-Brunswick.

Des changements dans la logistique des entreprises, incluant la minimisation des stocks et l'utilisation de la distribution « juste-à-temps », ont eu des répercussions sur le transport de marchandises au cours des dernières décennies, principalement en faveur du camionnage. En effet, ce mode de transport semble mieux répondre aux critères de fiabilité et de rapidité associés à ces stratégies. Dans certains cas, il peut être préférable d'utiliser un entrepôt pour assurer la distribution des produits. Le transport ferroviaire est alors la méthode préconisée pour faire parvenir la marchandise aux entrepôts, alors que le camionnage est privilégié pour la livraison aux clients à partir des entrepôts. Dans l'industrie, les responsables de la distribution utilisent la règle d'or qui suit. Le camion est plus avantageux pour les trajets jusqu'à 800 km, les systèmes intermodaux sont utilisés pour ceux de 800 km à 1 600 km, et le train est le meilleur moyen de transport pour les distances de plus de 1 600 km. Au Québec, les produits du bois, les pâtes et papiers et les produits d'imprimerie constituent près de 30 % de tout le transport de marchandises par camion (Denault et Julien, 2003).

3.1.8 Les parcs de transfert

Un parc de transfert est un endroit de transit pour les billes avant qu'elles n'atteignent leur destination finale (Figure 5). Parfois, on fait référence à un parc de transfert en tant que parc de triage, parc de stockage ou parc de marchandisage. Il peut y avoir plusieurs motifs pour justifier l'utilisation de parcs de transfert. Du côté pratique, ils peuvent être utilisés pour changer de mode de transport des billes. Cela peut être nécessaire lorsque les camions utilisés pour sortir le bois de la forêt sont des camions hors-normes, qui ne sont pas autorisés à circuler sur les routes publiques. D'autres changements du mode de transport peuvent être profitables, parce qu'ils réduisent les coûts de transport. Par exemple, pour le transport régulier sur une longue distance d'un grand volume de billes à la scierie, le transport ferroviaire ou maritime peut être plus approprié que le camionnage.

Figure 5
Un parc de transfert



Source : Halco Software Systems Ltd.

Les parcs de transfert peuvent aussi être utilisés comme parcs de triage où le classement des billes est basé sur la destination finale optimale de chaque bille selon sa valeur potentielle. Par exemple, certaines scieries sont davantage spécialisées dans la transformation de billes de gros diamètres. En outre, certaines billes conviennent mieux à la production de papier et d'autres, à la production de panneaux. De plus, le fait de rassembler les billes au même endroit permet de les classer et de les entreposer correctement, de créer des chargements de taille plus économique ou d'accroître la valeur du panier de produits finis. Parfois, le prétraitement du bois peut même y être effectué, et il est possible d'utiliser de l'équipement plus sophistiqué ou de plus grande taille que celui employé en forêt, et ce, en raison de l'état du terrain. Cette façon de faire élimine les coûts associés au déplacement des équipements. Les traitements pouvant être effectués dans un parc de transfert incluent l'écorçage, le tronçonnage, le déchiquetage et le classement.

3.2 La chaîne de valeur des pâtes et papiers

La chaîne de valeur des pâtes et papiers comprend plusieurs étapes dans différentes compagnies pour arriver à offrir un grand nombre de produits tels que le papier journal, le papier d'impression, plusieurs types de papiers sanitaires et domestiques, des étiquettes, etc. (Carlsson et Rönnqvist, 2007). Alors que certaines entreprises gouvernent la totalité des activités de la forêt jusqu'au consommateur final (c'est-à-dire que leurs opérations de production de pâtes et papiers sont intégrées), d'autres emploient des sous-traitants pour une partie déterminée des opérations (Lehoux *et al.*, 2009a).

3.2.1 Les usines de pâte

Une usine de pâte à papier est une installation qui transforme les copeaux de bois ou d'autres sources de fibre (par exemple, les rognures de papier et de carton) en un épais panneau de fibre qui peut être envoyé à l'usine de papier. La pâte peut être produite en utilisant des moyens mécaniques, semi ou entièrement chimiques, et le produit fini peut être blanchi ou non, selon les spécifications du client. Les usines de pâte mécanique consomment

beaucoup d'énergie, principalement de l'électricité, pour alimenter les moteurs qui font tourner les meules. Les usines de pâte produisent sur place la plus grande part de leurs besoins en énergie. En 2002, l'industrie américaine du papier générait 44 % de ses besoins totaux en électricité. Plusieurs types de carburant sont utilisés par l'industrie, mais les plus répandus sont la liqueur noire et les déchets de bois (écorces, sciures), qui représentent environ 54 % de la production d'énergie de l'industrie (Institute of Paper Science and Technology, 2006).

Les pâtes kraft et au bisulfite blanchies sont utilisées pour fabriquer du papier d'impression blanc de haute qualité. Un des usages les plus courants de la pâte kraft non blanchie est la fabrication de sacs d'emplettes et de papier d'emballage, des articles où la solidité est importante.

La pâte faite de déchets de papier et de carton est le plus souvent employée pour la fabrication du carton, du papier journal ou du papier à usage sanitaire. Dans les usines utilisant des arbres comme source de fibre, la première étape est de retirer l'écorce, laquelle est brûlée pour générer la vapeur qui fait tourner l'usine.

3.2.2 Les usines de papier

Une usine de papier est une manufacture dédiée à la fabrication de papier à partir de la pâte de bois. Plusieurs usines de papier sont intégrées, les usines de pâte et de papier étant situées au même endroit. Les usines à papier peuvent également être totalement intégrées au sein d'entreprises également propriétaires de scieries et opérant en forêt, afin d'assurer l'approvisionnement en copeaux.

Les machines à papier modernes peuvent produire du papier à une vitesse de 100 km/h sur des rouleaux de 10 mètres de large. Ces bobines mères sont coupées en largeurs variables pour fabriquer des rouleaux parents (Figure 6).

Figure 6
Rouleaux parents fabriqués dans une usine à papier



Source : Paper Industry Web.

Les produits finis sont caractérisés par la largeur et la longueur de la feuille, le poids unitaire, la couleur, le fini, la brillance et l’emballage.

3.2.3 Les usines de transformation du papier

(Source : WiseGeek)

Les usines de transformation du papier utilisent le papier comme matière première et le transforment pour obtenir un autre produit du même type, mais plus spécialisé. Par exemple, on peut transformer du papier pour obtenir des produits tels que des enveloppes, des sacs de papier, des boîtes, des contenants et toute une série de produits du même genre.

Plusieurs entreprises offrent le service de transformation du papier. Souvent, ces entreprises offrent aussi la transformation du métal et du plastique en feuilles. Certaines se concentrent sur un type spécifique de papier, d’autres travaillent avec un large éventail de matériaux. La plupart des usines de transformation du papier transforment le papier couché et non couché.

De la machinerie hautement spécialisée est utilisée dans la transformation du papier. Des machines sont employées pour couper, plier, encoller et massicoter. Ces opérations font partie du procédé de fabrication du carton, des boîtes et d’autres produits. D’autres machines servent à couper, plier et encoller le papier pour faire des sacs de papier et des enveloppes.

D’autres produits, comme les gobelets de papier et les emballages alimentaires, sont fabriqués dans des machines à transformer le papier qui pressent le papier dans la forme et le format voulus. Les tubes et les serviettes de papier, ainsi que les couches, sont également produits avec ce type d’équipement.

Quelques entreprises de transformation du papier ne vendent pas de papier, préférant se concentrer sur le procédé de transformation. Le client est alors responsable de fournir le

papier ou de l'acheter d'une autre compagnie. Cependant, d'autres entreprises fournissent le papier, offrant plusieurs types de papier entre lesquels choisir.

3.2.4 Les centres de distribution de papier

Dans la distribution des papiers fins et d'impression, il est pratique courante de passer une commande pour livraison le jour suivant. En conséquence, les entrepôts sont largement utilisés, et le déploiement des produits est optimisé. Dans d'autres cas, comme la distribution de papier journal ou de boîtes de carton, il est relativement courant d'effectuer les livraisons directement de l'usine.

Étude de cas 1

Planification de la production et de la distribution synchronisées

Cette étude réalisée par Rizk *et al.* (2008) traitait du problème de la synchronisation des flux entre un et plusieurs sites. L'étude de cas porte sur une compagnie de pâtes et papiers nord-américaine qui envoie ses produits vers plusieurs destinations en employant différents moyens de transport. Les coûts de transport entre l'usine et ses clients permettent généralement des économies d'échelle qui ont un impact sur la planification des stocks et les stratégies de réapprovisionnement. Par conséquent, l'objectif était de développer un modèle mathématique intégrant la planification de la production, des stocks et de la distribution dans le but de saisir les occasions de réduction des coûts.

Deux moyens de transport ayant des coûts et des délais différents ont été considérés : le camion et le train. Un modèle de planification intégrée (les opérations de production et de distribution sont planifiées ensemble) ainsi qu'un modèle de planification séquentielle (la production est planifiée en premier, et le réapprovisionnement est basé sur le plan de production) ont été développés et comparés afin d'évaluer les gains potentiels.

Les résultats ont démontré que l'utilisation d'un modèle de planification intégrée peut **aider à saisir les économies potentielles générées par l'utilisation de plusieurs modes de transport**, alors que ce n'est pas possible avec un modèle de planification synchronisée. Avec le modèle intégré, les produits peuvent être fabriqués à l'avance et entreposés, afin de tirer avantage du moyen de transport le moins coûteux, ce qui a pour résultat de **réduire considérablement les coûts de transport**.

Cela démontre qu'il peut être très bénéfique de résoudre les problèmes de planification de la production et de la distribution à l'aide d'une approche intégrée, plutôt que de les résoudre séparément.

3.3 La chaîne de valeur du bois d'œuvre, des panneaux, et du bois d'ingénierie

Encore ici, la chaîne de valeur du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie implique plusieurs opérations et, donc, plusieurs acteurs. Ces acteurs peuvent faire partie de la chaîne de valeur interne, c'est-à-dire œuvrer au sein de la même compagnie, ou de la chaîne de valeur externe, c'est-à-dire appartenir à différentes compagnies (Gaudreault *et al.*, 2009).

3.3.1 Les scieries de bois résineux

Le bois résineux est principalement utilisé pour la production de bois d'œuvre ainsi que pour les produits d'ingénierie et de construction. À la scierie, les billes sont transformées en bois d'œuvre de différentes dimensions et longueurs, ainsi qu'en coproduits ou sous-produits tels que les copeaux, l'écorce et la sciure. Les scieries possèdent de grandes cours où les billes sont entreposées en attendant d'être transformées. Elles peuvent être entreposées selon leur taille (longueur et diamètre), leur essence et leur usage final (bois d'œuvre, contreplaqués, copeaux). Il est important de comptabiliser le temps d'entreposage de chacune des billes, puisque la qualité de la fibre diminue avec le temps. Même si le tronçonnage peut avoir été fait en forêt ou dans un parc de transfert, des opérations de tronçonnage et d'écorçage doivent fréquemment être effectuées à la scierie avant que les billes puissent être sciées.

Bien qu'une scierie typique puisse transformer des billes de la plupart des tailles, certaines sont optimisées pour transformer des billes de grande taille, alors que d'autres sont spécialisées dans les billes de petite dimension.

Le sciage est la première des trois principales activités qui sont effectuées à la scierie. Le bois scié est généralement séché et raboté au même endroit. Ce ne sont pas tous les produits qui doivent passer par ces étapes puisqu'il existe un marché pour le bois vert (non séché) et pour le bois brut (non raboté).

3.3.2 Les centres de distribution du bois

Certains produits sont expédiés directement de l'usine au marchand. Dans le cas où les produits doivent être livrés très rapidement, pour des raisons de compétitivité ou parce que les délais de production et de livraison dépassent les attentes du marché, les centres de distribution peuvent être utilisés pour raccourcir les délais de livraison.

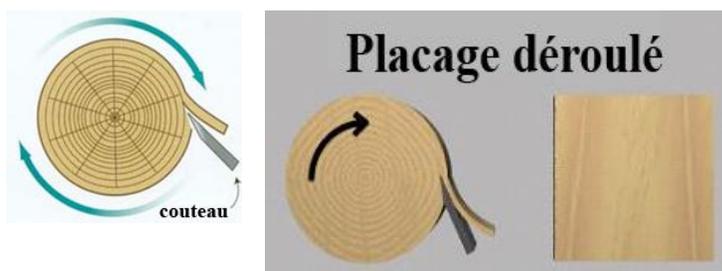
3.3.3 Les scieries de bois francs (feuillus)

Le bois franc est principalement utilisé dans la fabrication de produits où l'apparence est importante, comme les meubles et les planchers.

Dans une scierie de bois francs qui produit des panneaux, l'équipement utilisé est semblable à celui qu'on retrouve dans les scieries de bois résineux, mais la capacité est généralement moindre, pour un plus large éventail de produits. Le flux de production dans l'usine est habituellement beaucoup plus lent, et les opérations sont plus laborieuses.

D'autres scieries de bois francs se spécialisent dans la production de placages et utilisent des méthodes et de l'équipement très différents. Le placage est défini comme de minces tranches de bois qui sont généralement collées ensemble pour former un contreplaqué, ou collées sur un pli intermédiaire tel qu'un panneau de particules ou un panneau de fibres à densité moyenne (MDF). Le placage est obtenu soit en « pelant » une bille, soit en coupant de larges blocs rectangulaires qu'on appelle dosses. Il y a quatre principaux procédés de fabrication du placage : le déroulage, le placage sur dosse, la section sur quartier, le placage sur faux-quartier (Figure 7). Dans les procédés du placage, des couteaux plutôt que des scies sont utilisés. Plus d'information est disponible sur les usages des placages dans la section 3.3.5 sur les usines de panneaux.

Figure 7
Production de placage



Source : Horizon Plywood Inc.

3.3.4 Les usines de transformation du bois

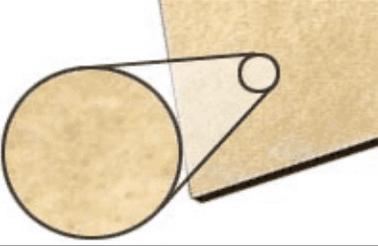
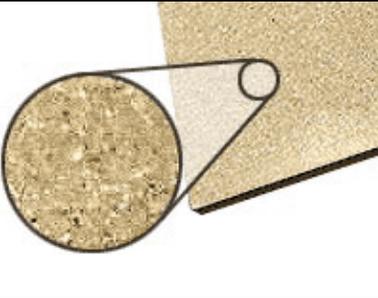
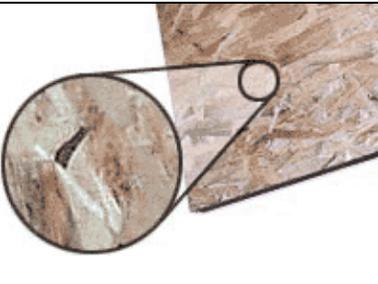
Certaines usines de transformation du bois se consacrent à la conservation du bois. Cela inclut tous les traitements appliqués pour augmenter la durabilité et la résistance du bois. Ces traitements comprennent habituellement l'imprégnation sous pression.

Le bois d'ingénierie est du bois de construction créé par un fabricant et conçu pour un usage structural précis. Les produits qui font partie de cette catégorie sont, par exemple, le LVL (bois de placage lamellé), qui est constitué de multiples et très minces couches de bois réunies par des adhésifs, et le glulam (bois lamellé-collé), composé de plusieurs couches de lamelles de bois collées ensemble.

3.3.5 Les usines de panneaux

Il existe plusieurs sortes de panneaux fabriqués avec de la fibre de bois, des flocons de bois, du placage ou des résidus de scieries : les panneaux à copeaux orientés (OSB), les panneaux de fibres à densité moyenne (MDF), les contreplaqués et les panneaux de particules. Ces différents types de panneaux sont utilisés dans la construction pour les toits, les sous-planchers ou les murs, ou encore dans les maisons préfabriquées ou modulaires. Ils peuvent aussi servir pour la fabrication de meubles ou d'armoires de cuisine et de salle de bains, sur lesquels on applique un placage pour en améliorer l'apparence. Le Tableau 1 montre les différences entre le MDF, le panneau de particules, le panneau à copeaux orientés et le contreplaqué.

Tableau 1
Différences entre le MDF, le panneau de particules,
le panneau à copeaux orientés et le contreplaqué

<p>Panneaux de fibres à densité moyenne (MDF)</p> <p>Le MDF est un produit de résidus de bois fait de fines particules de bois.</p>	
<p>Panneau de particules</p> <p>Le panneau de particules est un produit de résidus de bois obtenu en mélangeant de la sciure de bois avec des adhésifs. Même s'il ne pliera ni ne se déformera comme le contreplaqué, il peut gonfler et devenir instable s'il est exposé à l'eau. Le panneau de particules est une sorte de panneau de fibres, mais il est fabriqué de morceaux de bois plus gros que les panneaux à densité moyenne et les panneaux durs.</p>	
<p>Panneau à copeaux orientés (OSB)</p> <p>Le panneau à copeaux orientés est un produit d'ingénierie fabriqué à partir de flocons ou de gros copeaux de bois. Les panneaux sont constitués de couches – ou plis – collées, et le grain de chacune est placé à 90° par rapport aux autres. L'orientation croisée des couches renforce le panneau et en fait un produit bien adapté à son utilisation en tant que panneau structural.</p>	
<p>Contreplaqué</p> <p>Le contreplaqué est un type de panneau d'ingénierie fait de minces feuilles de bois appelées plis ou placages. Les couches sont collées ensemble, et le grain de chacune est placé à 90° par rapport à ses voisines pour une plus grande résistance.</p>	

Impact sur les ressources forestières (Source : Wikipédia)

Les panneaux de particules et autres panneaux manufacturés ont eu un impact très positif sur les ressources forestières, puisqu'ils sont presque entièrement tirés de matériaux recyclés. Soixante-quinze pour cent des panneaux de particules fabriqués au Canada et aux États-Unis sont entièrement faits de matériaux recyclés. Les vingt-cinq pour cent restants sont constitués à la fois de matériaux recyclés et de bois vierge. Ces panneaux mixtes comptent en moyenne soixante-six pour cent de contenu recyclé. Cela est toujours significativement plus performant sur le plan de l'utilisation des ressources que le bois massif, même en considérant que ces panneaux seront souvent recouverts de placage.

3.3.6 Les usines de produits de bois d'ingénierie

Le bois d'ingénierie, aussi appelé bois composite ou bois usiné, inclut toute une gamme de produits dérivés du bois qui sont fabriqués en fixant ensemble des brins, des particules, des fibres ou des placages de bois à l'aide d'adhésifs, pour constituer des matériaux composites (Figure 8). Ces produits sont conçus selon des normes précises afin de répondre aux standards nationaux ou internationaux. En général, les produits de bois d'ingénierie sont faits des mêmes bois francs et résineux utilisés pour produire le bois d'œuvre. Les rebuts des scieries et d'autres déchets de bois peuvent être utilisés pour fabriquer des produits de bois d'ingénierie composés de particules ou de fibres de bois, mais des billes sont utilisées pour les placages, constituants du contreplaqué (Wikipédia), et dans les panneaux à copeaux orientés. Les autres produits entrant dans cette catégorie sont les composantes structurales faites de bois telles que les poutrelles de plancher, les fermes de toit, les poutrelles en I, les éléments d'ossature et le bois lamellé-collé.

Figure 8
Exemples de produits de bois d'ingénierie



Source : APA.

3.3.7 Les usines de seconde transformation du bois

L'industrie des produits forestiers fabrique une gamme étendue de produits et il serait long de les énumérer tous. Chaque année, de nouveaux produits du bois sont conçus et apparaissent sur les marchés. Nous avons brièvement décrit les principaux usages des ressources forestières, du moins dans l'industrie de première transformation. Les produits et sous-produits de cette industrie sont ensuite utilisés en tant que matière première pour la fabrication d'autres produits du bois. Dans cette industrie de seconde transformation, les principaux produits sont les portes et fenêtres de bois, les boîtes et palettes, les cercueils, les clôtures, les bardeaux, les parements, les armoires de cuisine et de salle de bains, les patios, les planchers et les moulures.

3.3.8 Les usines de maisons modulaires

Les maisons modulaires sont des maisons divisées en modules, ou sections, qui sont fabriquées en usine puis livrées sur le terrain à bâtir (Figure 9). Les modules sont assemblés en un bâtiment unique à l'aide d'une grue ou de camions. Les éléments modulaires sont habituellement construits sur des chaînes de montage en usine. Les maisons modulaires à ossature de bois contiennent de 10 % à 20 % plus de bois d'œuvre qu'une maison à ossature de bois traditionnelle (Wikipédia). Le bois supplémentaire sert à rendre plus stables les modules, qui doivent être transportés vers le terrain à bâtir. Par ailleurs, la quantité de déchets générée est bien moindre que pour une maison entièrement construite sur site.

Figure 9
Une maison modulaire



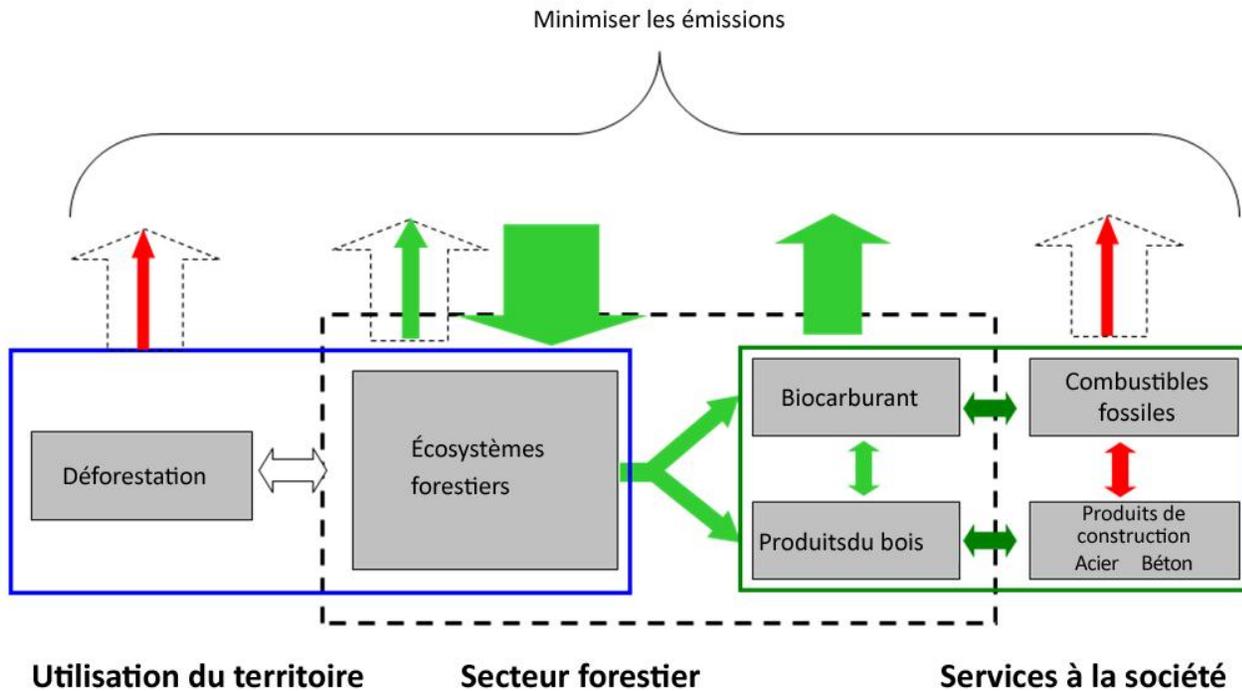
Source : Wikipédia.

3.4 La chaîne de valeur de l'énergie

L'énergie de la biomasse, ou bioénergie, est l'énergie contenue dans les matières organiques non fossiles, comme le bois, la paille, les huiles végétales et les résidus des secteurs forestier, agricole et industriel. Les ordures ménagères et les boues d'épuration peuvent aussi être considérées comme de la biomasse.

Il est généralement admis que la combustion de la biomasse forestière est carboneutre, puisque la quantité de dioxyde de carbone émise par la combustion est équivalente à la quantité absorbée et séquestrée pendant la croissance de l'arbre (Figure 10). Cette affirmation n'est pas tout à fait exacte, mais à long terme (100 ans et plus), la valeur de la carboneutralité se rapproche de un (Schlamadinger *et al.*, 1995). En raison de sa faible empreinte écologique (particulièrement en tant que substitut aux énergies fossiles) et du coût croissant des autres sources d'énergie, la popularité de la production de différentes formes d'énergie à partir de la biomasse forestière a crû rapidement.

Figure 10
Bilan carbone du secteur forestier



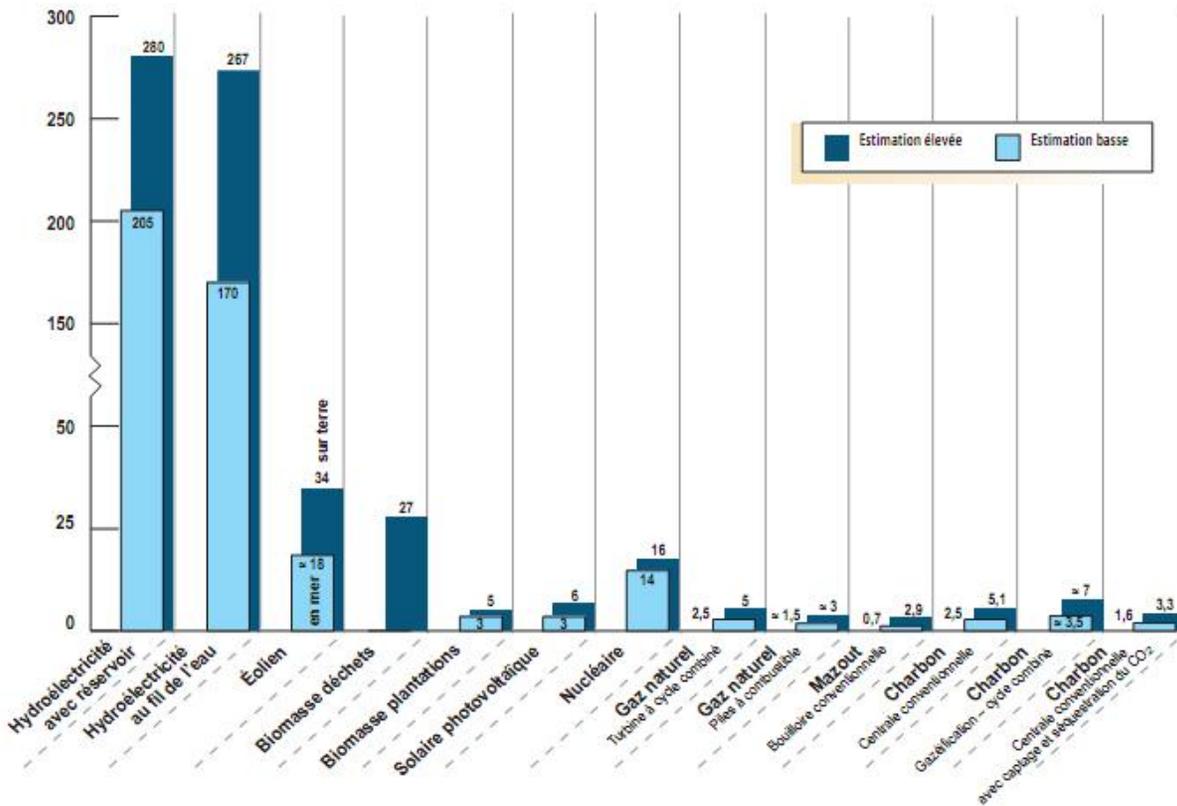
Les compagnies de pâtes et papiers, en raison de leur accès aisé à la biomasse forestière et de leurs besoins élevés en énergie, utilisent les sous-produits du bois pour réduire leurs coûts en énergie, et ce, depuis un certain temps déjà. L'industrie forestière a augmenté son utilisation de ces rebuts qui, autrement, finiraient incinérés, enterrés ou envoyés au dépotoir. Les principaux usages incluent l'alimentation des chaudières des usines de pâtes et papiers pour générer la chaleur de procédé et pour fournir l'énergie nécessaire au séchage du bois. Dans quelques provinces (Colombie-Britannique, Ontario, Québec, Île-du-Prince-Édouard et Nouveau-Brunswick), les industries forestières fournissent des résidus de bois, des copeaux et des granulats à des consommateurs industriels et résidentiels situés à proximité et à des générateurs utilisés pour des fins autres que la production d'électricité (*L'Encyclopédie canadienne*). Selon *L'Encyclopédie canadienne* en ligne, l'industrie forestière canadienne comble plus de la moitié de ses besoins en énergie avec la biomasse produite à partir de ses rebuts.

L'énergie provenant de la biomasse constitue 6 % de la consommation totale d'énergie (CanmetÉNERGIE), arrivant en seconde position derrière l'hydroélectricité dans la production primaire d'énergie au Canada. L'usage le plus répandu de la biomasse en tant que source d'énergie est le chauffage au bois ou aux granules. Plus de 100 000 foyers canadiens utilisent le bois comme principal combustible. De grands établissements, comme des hôpitaux et des universités, ont adopté des systèmes énergétiques intégrés (systèmes de cogénération) qui intègrent la biomasse comme carburant dans leurs procédés de production d'énergie.

Rendement de l'investissement énergétique

Le rendement de l'investissement énergétique (Figure 11) est la quantité d'énergie produite pendant la durée de vie normale d'un système, divisée par la quantité d'énergie requise pour construire, maintenir et approvisionner ce système en ressources. Un équipement ayant un rendement situé près de 1 consomme presque autant d'énergie que la quantité produite, de sorte qu'il n'est pas intéressant. Hydro-Québec a publié une fiche de comparaison du rendement de l'investissement énergétique des options de production d'électricité. Concernant la biomasse, les conclusions sont les suivantes : « L'électricité de la biomasse présente également un bon rendement (27) lorsqu'elle est tirée des déchets de l'industrie forestière. Cependant, lorsque des plantations d'arbres sont aménagées à des fins énergétiques, le rendement est bien inférieur (de 3 à 5), car l'exploitation d'une plantation exige une grande quantité d'énergie. Pour tout scénario de biomasse, la centrale doit être située à proximité de la source de biomasse, sinon le rendement de l'investissement énergétique chute à un niveau très bas. »

Figure 11
Rendement de l'investissement énergétique
de différentes options de production d'électricité



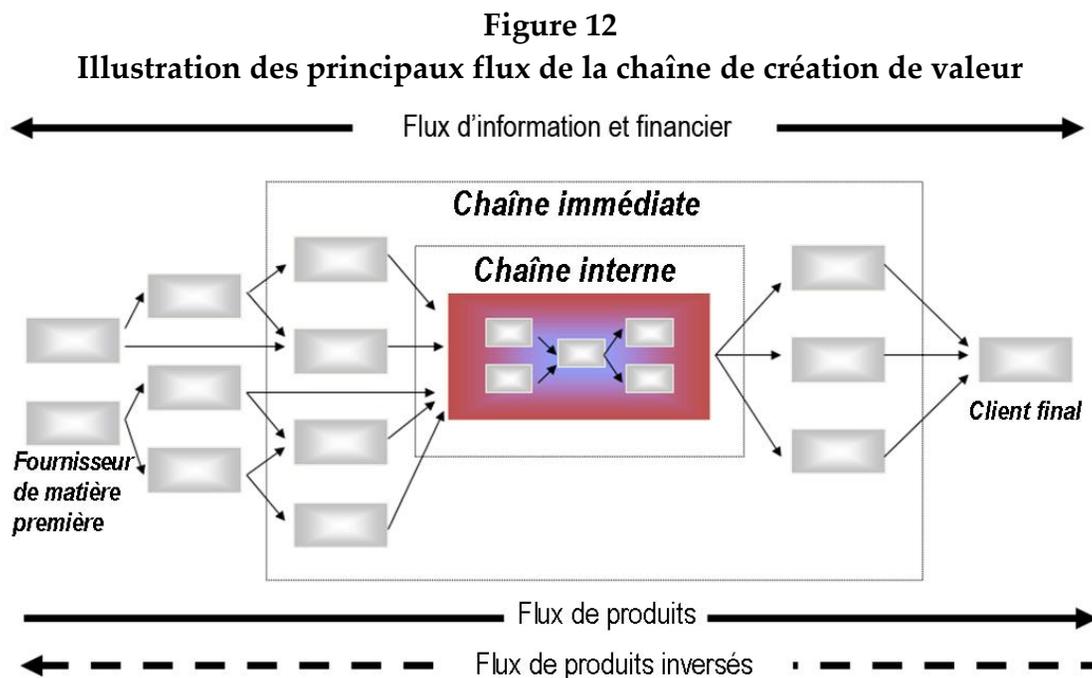
Source : Hydro-Québec.

Concernant le rendement de l'investissement énergétique, la biomasse prend le troisième rang après l'hydroélectricité et l'énergie éolienne.

Afin d'augmenter la puissance de son réseau dans un esprit de développement durable, Hydro-Québec a lancé un appel d'offres pour la fourniture d'électricité produite au Québec au moyen de nouvelles installations de cogénération alimentées à la biomasse, avec les premières livraisons attendues pas plus tard que le 1^{er} décembre 2012. Ces installations devront être alimentées à la biomasse dans une proportion d'au moins 75 %. Avec des initiatives comme celle-ci, il est prévu que l'utilisation de la biomasse forestière augmentera dans les années à venir.

4. Les flux du réseau

Un réseau de création de valeur peut aussi être décrit du point de vue des flux, plus spécifiquement les différents intrants d'un processus qui passent à travers diverses opérations et qui sortent du processus en tant que résultats ou extrants. Le flux peut être défini en termes de produits, d'information et d'argent (Figure 12). Le flux de produits représente le mouvement de la matière première, des produits intermédiaires et des produits finis de la forêt au client final. Les flux d'information englobent toute l'information échangée entre les différentes unités d'affaires, comme les commandes, les prévisions et la planification. Les flux financiers comprennent les transactions financières entre les différentes unités de la chaîne de création de valeur, comme des paiements, des crédits, les frais de transaction, les coûts de transfert, etc. Ces flux doivent être correctement définis, puisqu'ils influent directement sur la capacité et le niveau d'investissement ainsi que sur certaines décisions clés dans la planification.



4.1 Le flux des produits

Chaque unité d'affaires de la chaîne de création de valeur de produits forestiers contribue à la transformation de la fibre de bois brute en produits finis. Le mouvement des produits se fait de bas en haut (de la forêt aux usines, puis aux clients), sauf quand le mauvais produit a été livré, qu'il est brisé, fonctionne mal ou quand un produit doit être récupéré et recyclé

(des consommateurs aux centres de distribution, puis aux usines et entrepôts). Les produits fabriqués sont généralement conçus pour obtenir l'ensemble des produits nécessaires à la satisfaction des besoins des clients. Cependant, une des caractéristiques de la chaîne de création de valeur de la fibre canadienne réside dans le fait qu'il existe plusieurs usages possibles pour les produits intermédiaires du bois, ainsi que pour les coproduits et les sous-produits (Tableau 2). Plus précisément, un coproduit est un produit possédant une certaine valeur, qui a été créé pendant le processus de fabrication du produit principal, alors qu'un sous-produit est un produit qui est généré par la transformation du bois, mais qui n'a pas de valeur. En conséquence, l'impact est double. Premièrement, cela crée un réseau profond ou long, puisque plusieurs procédés de transformation peuvent être effectués par différentes usines avant d'arriver au produit fini. Deuxièmement, les extrants d'un procédé donné peuvent être dirigés vers plusieurs destinations, en raison de la nature divergente du processus, particulièrement dans les scieries où les billes sont transformées en bois d'œuvre de dimensions variées, en copeaux, en sciures et en rabotures.

Tableau 2
Définitions de coproduit et de sous-produit

Définitions

Un *coproduit* est un produit de valeur créé lors de la fabrication du produit principal. Par exemple, on peut vouloir produire principalement du bois de construction de 2×6, mais le procédé de transformation des billes est tel que quelques 2×1 et 2×2 seront aussi produits.

Un *sous-produit* est un produit qui n'a pas beaucoup de valeur et dont la production serait préférablement évitée, mais qui est inévitablement généré par le procédé de transformation. Par exemple, les rabotures sont des sous-produits de l'opération de rabotage du bois d'œuvre.

Pour déplacer les produits de la forêt aux différentes unités d'affaires, plusieurs moyens de transport sont possibles (comme les camions, le chemin de fer ou les bateaux) et beaucoup d'équipement sont nécessaires, selon la forme sous laquelle le produit du bois est transporté. Mentionnons également que l'unité de mesure utilisée pour quantifier le flux varie d'un produit à l'autre.

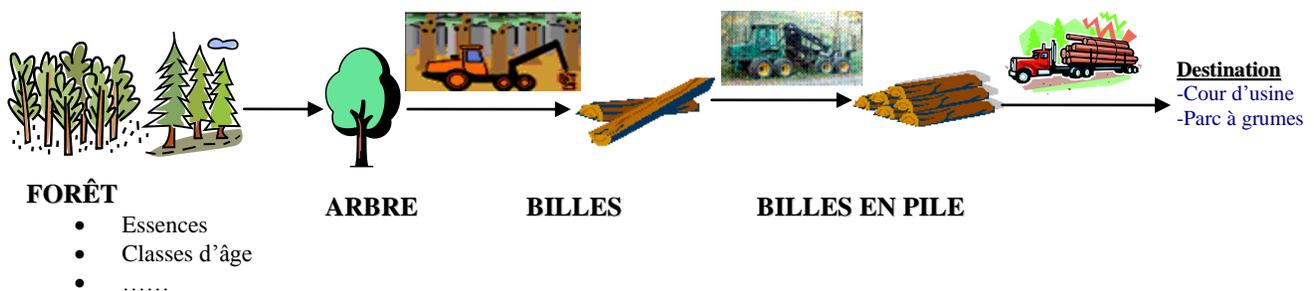
4.1.1 Le flux de la fibre, de la forêt à l'usine

On peut considérer la forêt comme une unité d'affaires qui tient en stock différents produits, ceux-ci étant les différentes essences, classes d'âge, dimensions de produits, et ainsi de suite. Ces produits primaires seront progressivement transformés en produits intermédiaires (en forêt), puis en produits finis (en usine) afin de satisfaire de multiples besoins.

Il existe deux principaux systèmes de récolte : en arbres entiers ou en bois court. Le flux de produit varie selon la méthode utilisée. Pour la méthode en arbres entiers, les arbres sont

abattus puis débardés sur la zone de transit en bord de chemin. Là, ils sont ébranchés et triés selon les caractéristiques du bois, puis empilés pour le transport du bois en longueur. Les branches et les houppiers sont alors disponibles en bord de route comme biomasse. Les tiges sont tronçonnées en usine ou au parc de transfert. Pour le système en bois court (Figure 13), les arbres sont abattus, ébranchés et tronçonnés sur le lieu d'abattage. Les branches et le houppier peuvent être laissés sur place ou transportés en bord de chemin après que les billes aient été acheminées en divers groupes.

Figure 13
Flux des produits en forêt pour un système en bois court



Dans le système en arbres entiers, des débusqueuses sont utilisées pour transporter les grumes, alors que le système en bois court repose sur l'utilisation de porteurs pour transporter les billes (Akay *et al.*, 2006). Les débusqueuses sont de deux types : débusqueuses sur pneus avec châssis articulé ou tracteurs à chenilles en acier. Les porteurs sont des véhicules sur pneumatiques qui transportent les billes jusqu'au chemin sans les traîner. Ils peuvent également être utilisés pour charger les camions-remorques en bord de chemin.

À partir du bord du chemin, les billes sont transportées à un parc de transfert ou à la cour d'une usine. Pour cette seconde étape de transport, il faut prendre en considération le volume à transporter, le moyen de transport ou l'équipement utilisé, le trajet optimal, etc. Le type de camion servant au transport du bois long ne sera pas le même que celui utilisé pour transporter des copeaux ou des billes (de longueurs variées). Le choix du moyen de transport sera aussi influencé par la localisation géographique du site de récolte (Figure 14). Le transport peut être effectué par un seul moyen (par exemple, le camion) ou par une combinaison de moyens (par exemple, camion et train).

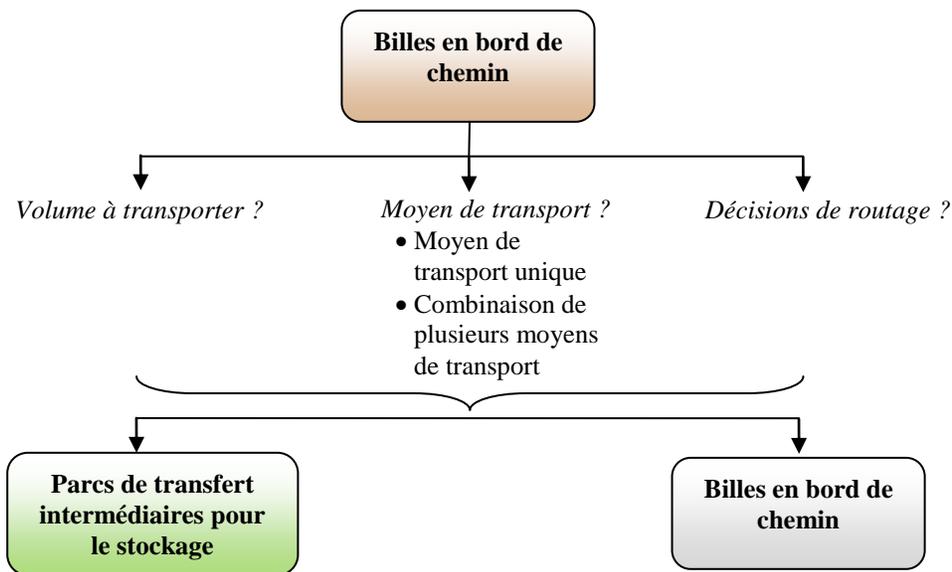
Sur la côte de la Colombie-Britannique, par exemple, le transport sur l'eau est fréquemment utilisé. Il y a trois façons courantes de transporter les billes sur l'eau : en radeau plat, les allingues en paquets ou sur une barge. Un radeau plat est composé de billes flottant librement dans un périmètre constitué de billes, appelées appondures ou habillots, retenues ensemble à l'aide de chaînes ou de câbles. La durée du voyage dépend de la vulnérabilité du

convoi aux conditions météorologiques (Sarkar, 1984). Les allingues en paquets sont semblables au radeau plat, sauf que les billes sont attachées en paquets à l'aide de câbles ou de cerclages métalliques. Cette méthode est plus courante que la précédente, parce qu'elle est plus rapide et réduit les pertes en billes. Enfin, les billes peuvent être chargées sur une barge tirée par un remorqueur.

Au Québec, puisque la distance moyenne entre les usines et les sites de récolte est de plus de 150 km (avec de grandes variations), l'utilisation de véhicules hors-normes peut être économique sur la partie du trajet qui se déroule en forêt.

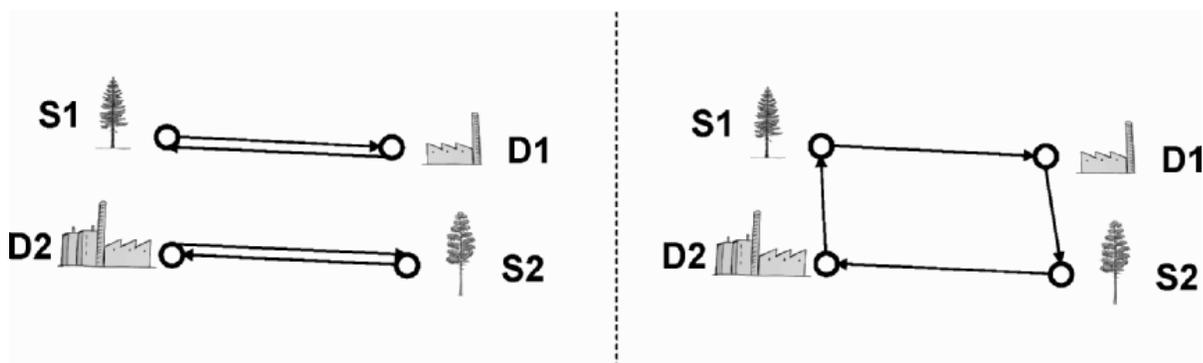
Figure 14

Décisions relatives au transport de la fibre, de la forêt aux usines ou aux parcs à grumes



Pour optimiser les activités de transport, la meilleure façon de planifier les opérations est de faire en sorte qu'un camion qui a transporté un chargement entre deux points revienne à son point de départ avec un autre chargement (Epstein *et al.*, 2007). Cela s'appelle un retour à charge (Figure 15).

Figure 15
Illustration de deux flux directs (gauche) et d'un retour à charge (droite)



Source : Epstein *et al.*, 2007.

Habituellement, le volume de billes et de bois d'œuvre à transporter est mesuré en mètres cubes. Cependant, le bois d'œuvre provenant de forêts privées ou des États-Unis est souvent mesuré en pieds mesure de planche, ou « pmp ». Un pmp équivaut au volume d'une planche carrée de 1 pied de côté et de 1 pouce d'épaisseur (1 pied × 1 pied × 1 pouce ou 2 360 cm³).

4.1.2 Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur des pâtes et papiers

Comme son nom l'indique, il y a deux principaux procédés dans la chaîne de valeur des pâtes et papiers. La production de pâte en est le premier. Il requiert des copeaux, de l'eau, des produits chimiques et beaucoup d'énergie. Les copeaux peuvent provenir des scieries. Les usines de pâte possèdent également souvent une déchiqueteuse à débit élevé, ce qui leur permet de produire des copeaux à partir de billes. Dans la fabrication de la pâte, la proportion de copeaux de chaque essence doit suivre une recette précise. La qualité des copeaux, et donc des billes utilisées pour les faire, a un impact sur la qualité de la pâte produite.

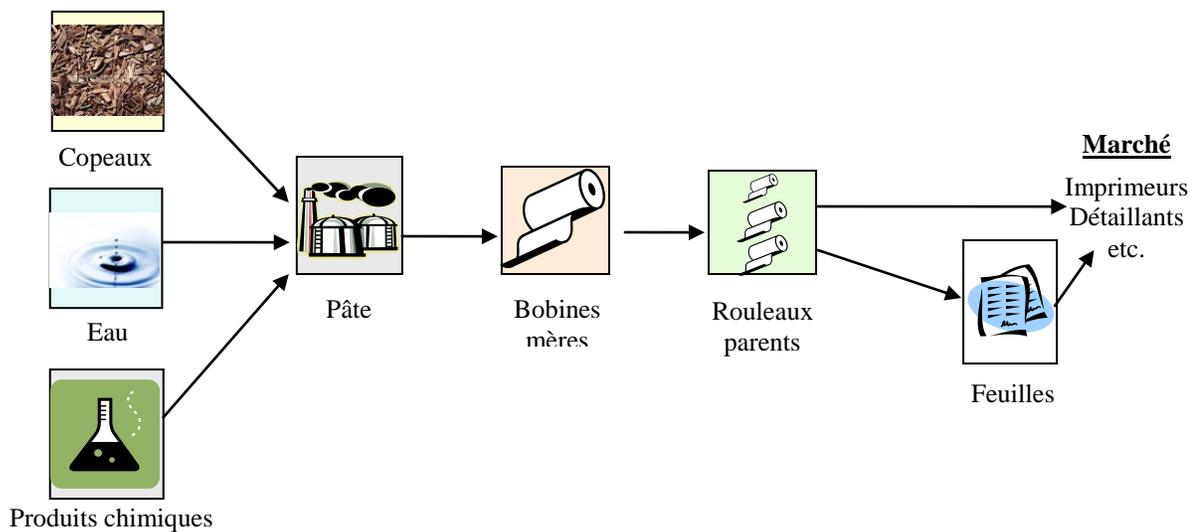
Lorsque les copeaux sont produits à l'usine, l'écorce découlant de l'écorçage des billes peut être utilisée sur place ou vendue à d'autres compagnies pour produire de l'énergie. Les installations de chauffage, en brûlant les matières organiques, génèrent de la chaleur pour les bâtiments, les procédés industriels ou même pour des communautés entières. De plus, ces systèmes sont extrêmement performants ; en contrôlant les apports d'air et de carburant, bien souvent avec un système d'alimentation automatisé, la combustion de la biomasse est presque complète.

Selon l'usage auquel est destinée la pâte, du papier recyclé peut y être incorporé. Les pâtes utilisées pour fabriquer le papier journal et le carton blanchi contiennent une proportion élevée de fibre recyclée.

La pâte fabriquée peut s'en aller à plusieurs endroits. Les entreprises intégrées ont souvent une usine de pâte et une usine de papier sur le même site, ce qui réduit le transport. La pâte peut aussi être vendue sur le marché et, dans ce cas, elle transite généralement par un centre de distribution avant d'atteindre le client final. La pâte peut aussi être envoyée à une autre usine de la même compagnie pour fabriquer du papier. La pâte est habituellement transportée par train et par bateau, bien qu'elle puisse aussi l'être par camion.

À l'usine de papier, la pâte est utilisée pour fabriquer des bobines mères de papier (aussi appelées rouleaux jumbos) de catégorie, de fini, de poids et de couleur spécifiques. Les bobines mères sont coupées en rouleaux, qui peuvent être vendus tels quels ou mis en feuilles pour faire des produits d'écriture et d'impression. À partir de l'usine, le papier est distribué directement ou à travers un réseau de grossistes, de distributeurs et de marchands (Figure 16).

Figure 16
Flux de produits pour le papier journal



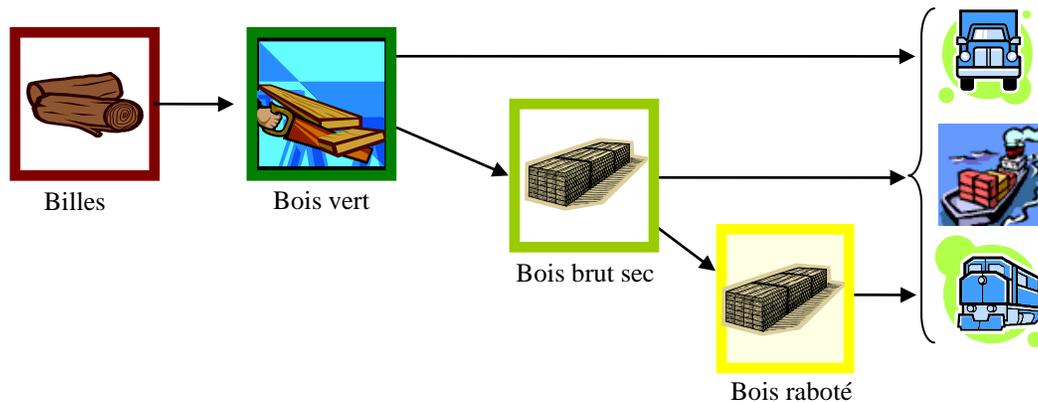
La pâte est aussi utilisée pour fabriquer d'autres produits comme le carton. Les produits achetés diffèrent d'un client à l'autre. Par exemple, les imprimeurs achètent du papier journal, les détaillants, des papiers fins et les chaînes d'alimentation, des papiers d'emballage (D'Amours *et al.*, 2008). Le papier sous sa forme finale est généralement livré par train ou par camion, alors que les bateaux sont utilisés pour les envois outre-mer.

Les copeaux et les produits de papier sont généralement mesurés en tonnes métriques, 1 tonne métrique équivalant à 1,1023113109 tonne américaine. De plus, le volume de copeaux à transporter peut inclure, ou non, un pourcentage d'eau. Un facteur de conversion tenant entre autres compte de la fraîcheur de la fibre doit donc être utilisé pour calculer ce paramètre.

4.1.3 Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie

Les industries du bois d'œuvre et des panneaux utilisent toutes deux des billes provenant de la forêt ou de parcs de transfert. À la scierie, les billes sont sciées en planches qui sont généralement séchées, puis rabotées. Parfois, le bois est vendu avant l'étape du séchage (brut vert) ou avant le rabotage (brut sec). Typiquement, le séchage se fait au même endroit que le sciage et le rabotage, mais quand la capacité de séchage est insuffisante, les planches peuvent être envoyées dans une autre usine pour le rabotage. Dans une scierie, le classement est une étape critique. Les usines de conversion qualitative des bois, ou de sciage de second débit (« reman »), sont spécialisées dans la seconde transformation et le reclassement des bois de premier sciage pour en augmenter la valeur. Les produits finis sont généralement livrés par train ou par camion (livraisons locales et en Amérique du Nord) ou par bateau (livraisons outre-mer) (Figure 17).

Figure 17
Illustration du flux de fibre dans la chaîne de valeur de la scierie



Les panneaux à copeaux orientés sont produits à partir de flocons de bois qui sont séchés, collés et pressés ensemble. Les flocons sont obtenus à partir de billes qui ont été ramollies par une immersion dans des bassins de rétention. Les flocons sont ensuite disposés pour former un matelas, ou « mat », lequel est coupé aux dimensions standards. Le panneau fini est obtenu en pressant le matelas à chaud. Lorsque les panneaux sont destinés à fabriquer des produits d'ingénierie (par exemple, des poutrelles en I préfabriquées), ils sont recoupés à de plus petites dimensions pour répondre aux spécifications (D'Amours *et al.*, 2008). D'autres panneaux composites, comme le MDF et les panneaux de particules, sont faits de sous-produits. La matière première provient donc des scieries plutôt que de la forêt ou des parcs de transfert. Encore une fois, ces différents types de panneaux sont généralement transportés par train et par camion, mais par bateau pour les livraisons outre-mer.

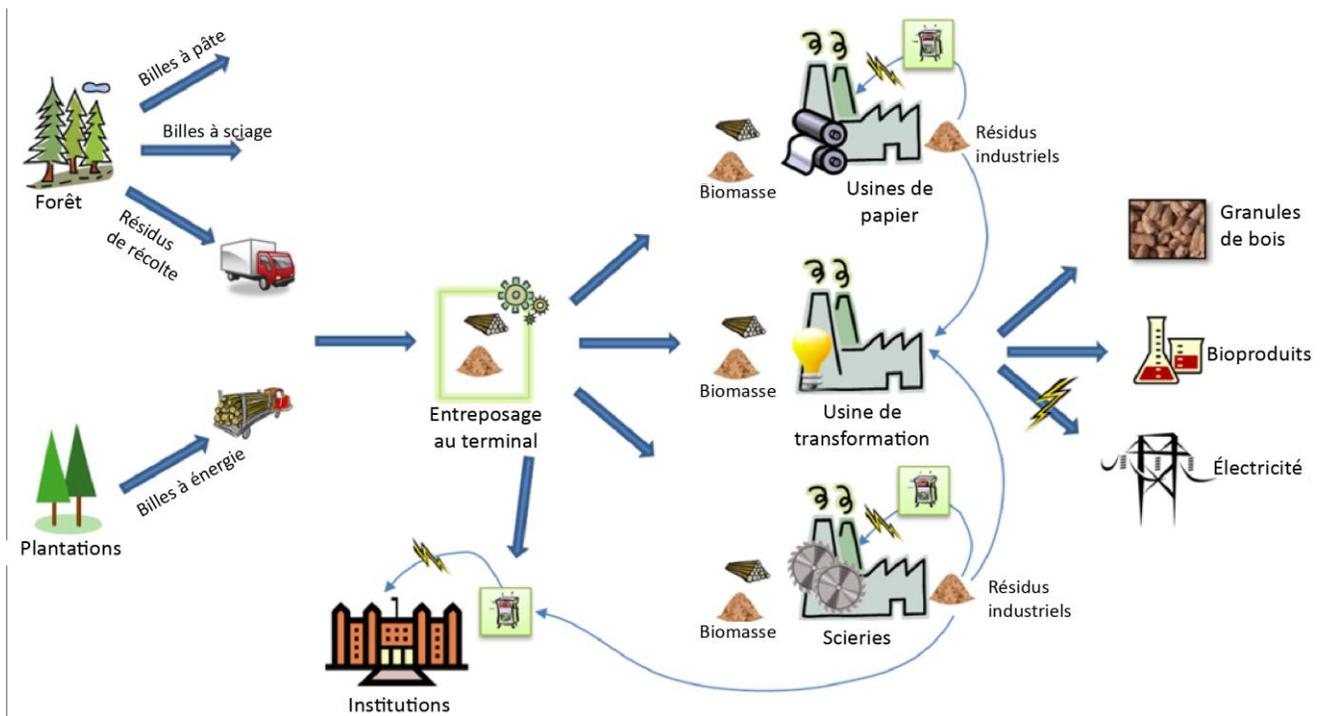
Les produits de bois d'ingénierie sont fabriqués par l'assemblage de pièces de bois et de panneaux par différents moyens pour produire des produits structuraux utilisables dans l'industrie de la construction. Certaines pièces sont uniques, fabriquées selon un design précis, et d'autres sont standards dans l'industrie. Les entreprises qui vendent et fabriquent des maisons modulaires utilisent de grandes quantités de bois d'ingénierie, souvent produit sur place. Des camions spéciaux sont utilisés pour livrer ces produits hors-normes, mais leur usage sur les routes publiques est soumis à une réglementation stricte. Les maisons modulaires destinées au marché étranger sont conçues pour être envoyées dans un conteneur d'expédition.

En Amérique du Nord, les cargaisons de panneaux sont couramment mesurées en pieds carrés pour une épaisseur donnée du produit (sur la base de panneaux de 3/8 ou 7/16 de pouce, mais toutes les épaisseurs peuvent être converties en seizièmes). Les autres pays utilisent généralement le mètre cube. En ce qui concerne le transport, des unités de poids, comme la livre ou la tonne, sont habituellement utilisées.

4.1.4 Le flux de la fibre dans la chaîne de valeur de l'énergie

La biomasse forestière est constituée des arbres de dimensions commerciales (mais inutilisables pour le bois d'œuvre), de pâte, des résidus de récolte (comme les houppiers et les branches) et d'arbres tués par le feu, une maladie ou des insectes. La biomasse peut aussi provenir d'une plantation d'arbres cultivés dans un but énergétique. La biomasse inclut également les sous-produits des procédés industriels – poussière de bois, écorces, copeaux ou résidus ligneux broyés (morceaux de bois de différentes grosseurs) – et les liqueurs noires, riches en lignine, résultant du procédé de fabrication de la pâte (Figure 18).

Figure 18
Illustration du flux de la fibre dans la chaîne de valeur de l'énergie



Avec le potentiel d'utilisation croissant des sous-produits de l'industrie du bois, d'autres sources de biomasse doivent être évaluées, incluant les souches et les autres résidus laissés sur les sites de récolte. La biomasse forestière remplit des fonctions écologiques en tant que matière organique du sol, dans le cycle des éléments nutritifs, dans le fonctionnement hydrologique et en fournissant des débris grossiers servant d'abris à la faune. Ces facteurs écologiques doivent être considérés dans le calcul de la quantité de biomasse qui constitue un surplus et qui peut être recueillie, au même titre que le coût d'utilisation de cette biomasse.

En forêt, les arbres prennent de 40 à 100 ans avant de pouvoir être coupés, alors que ceux cultivés en plantations à des fins énergétiques peuvent être récoltés aux 3 à 15 ans, en rotation. De plus, la biomasse issue de plantations peut être produite près de l'endroit où elle sera utilisée. Les autres principales sources de biomasse sont l'agriculture, les résidus de transformation de l'industrie agroalimentaire, les déchets industriels, les eaux usées et les ordures ménagères. Dans plusieurs centres métropolitains du Canada, les projets de production d'énergie à partir de déchets incluent la génération de vapeur pour usages industriel et commercial ou pour produire de l'électricité.

La biomasse est principalement utilisée par l'industrie pour produire de la chaleur, de la vapeur et de l'électricité par un procédé de combustion. La biomasse forestière peut aussi être employée pour la fabrication de plusieurs bioproduits. Certains d'entre eux servent

aussi à produire de l'énergie et de la chaleur, comme les granules, l'éthanol, le méthanol, le biodiésel et les biohuiles. D'autres entrent dans la composition de cosmétiques, de tissus, d'adhésifs, de résines, de solvants, de lubrifiants, de produits composites, de plastiques ou sont employés en pharmacologie.

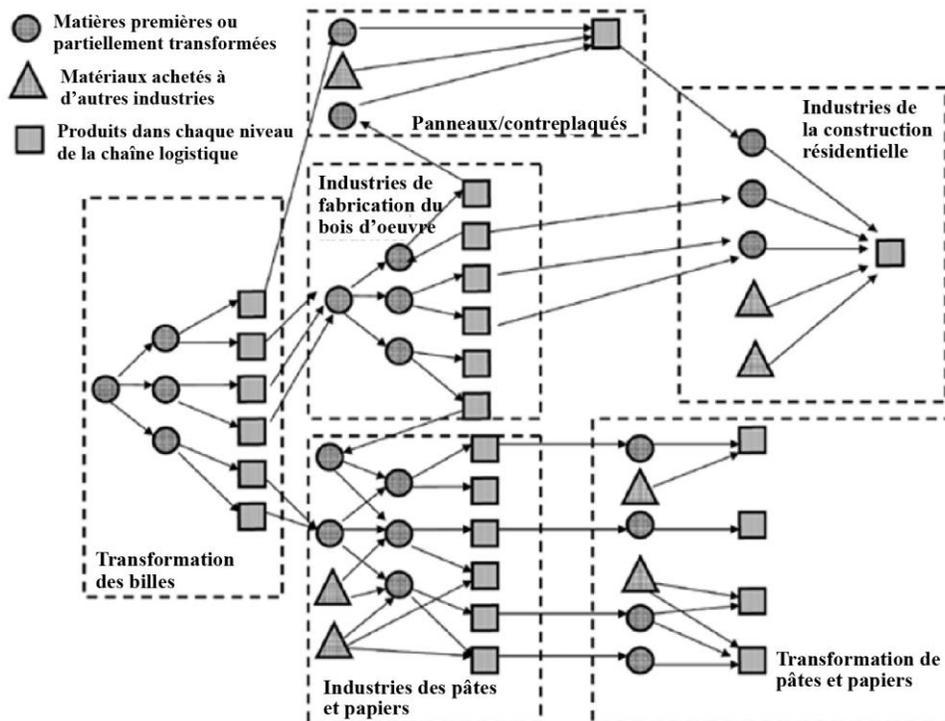
4.1.5 Les chaînes de création de valeur divergentes

Une des particularités de la chaîne de création de valeur de la fibre de bois réside dans l'environnement divergent des chaînes d'approvisionnement. Spécifiquement, les produits d'une étape de transformation peuvent être utilisés en tant que matière première pour une multitude d'autres opérations. Haartveit *et al.* (2004) ont proposé la Figure 19 qui montre clairement les flux divergents et interreliés des produits forestiers. Dans les autres industries, l'environnement est généralement convergent, c'est-à-dire que plusieurs matières premières et plusieurs composants sont assemblés pour créer le produit fini.

Un flux divergent implique plusieurs possibilités de planification de la production. En conséquence, sa gestion peut devenir très complexe. C'est pourquoi une bonne connaissance notamment des prix, de la demande des clients, du comportement du marché est cruciale pour l'efficacité du processus décisionnel.

Figure 19

Illustration de l'environnement divergent de l'industrie des produits forestiers



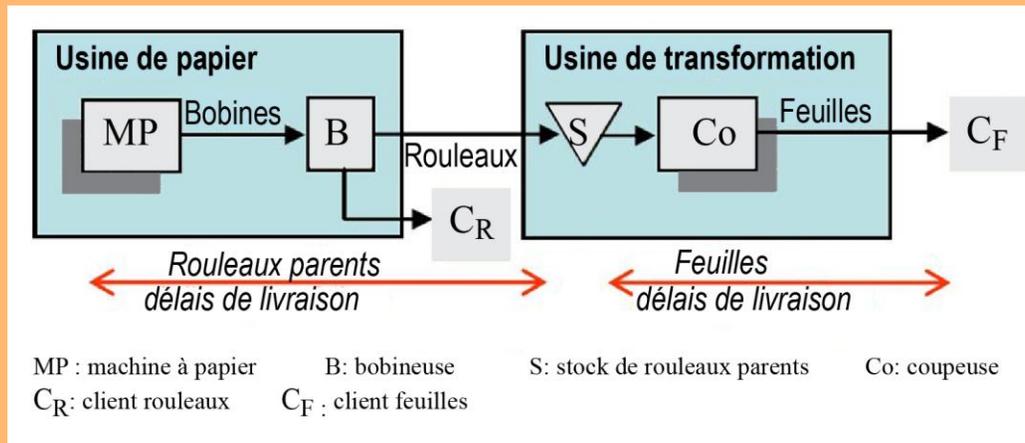
Source : adaptée de Haartveit *et al.*, 2004.

Étude de cas 2

Optimisation de l'assortiment de rouleaux dans une usine de papier

Cette étude, réalisée par Chauhan *et al.* (2008) en collaboration avec une compagnie de pâtes et papiers, visait à identifier le meilleur assortiment de tailles de rouleaux à garder en stock et à déterminer la taille de rouleau à utiliser pour la fabrication du produit fini.

Dans l'industrie des pâtes et papiers, la planification de la production est extrêmement difficile en raison de l'étendue de la gamme de produits offerte aux consommateurs. En outre, les délais de livraison doivent être courts pour créer un avantage concurrentiel. Par conséquent, plusieurs bobines de papier de différentes classes sont produites sur une base cyclique. Les bobines sont alors coupées en rouleaux de plus petite taille qui sont vendus tels quels ou transformés en usine par une mise en feuilles pour arriver au produit fini. Généralement, un assortiment de rouleaux est gardé en stock, en considérant que les opérations de mise en feuilles peuvent générer des pertes de rognage. Par conséquent, la sélection de l'assortiment de tailles de rouleaux à garder en stock et l'affectation de ces différentes tailles à la fabrication de produits finis peuvent avoir des répercussions importantes sur la performance. Le développement d'un outil d'aide à la décision visait donc à améliorer le rendement et le service à la clientèle au moindre coût possible.



Un modèle a tout d'abord été développé à l'aide de la programmation mathématique. Deux séries d'expériences, basées sur les données réelles d'une compagnie de pâtes et papiers nord-américaine, ont alors été réalisées pour tester la performance de l'outil. Les données de ventes de différents produits sur une période d'un an ont servi à trouver l'assortiment idéal de rouleaux parents pour chaque classe de papier produite à l'usine.

Les résultats ont démontré que l'utilisation de l'outil aide à **réduire le nombre de rouleaux** de l'assortiment de 75 à 53. De plus, cela a mené à une **réduction des coûts de stockage de 29,34 %** et à une **réduction des pertes de rognage de 1,72 %**.

4.2 Le flux d'information

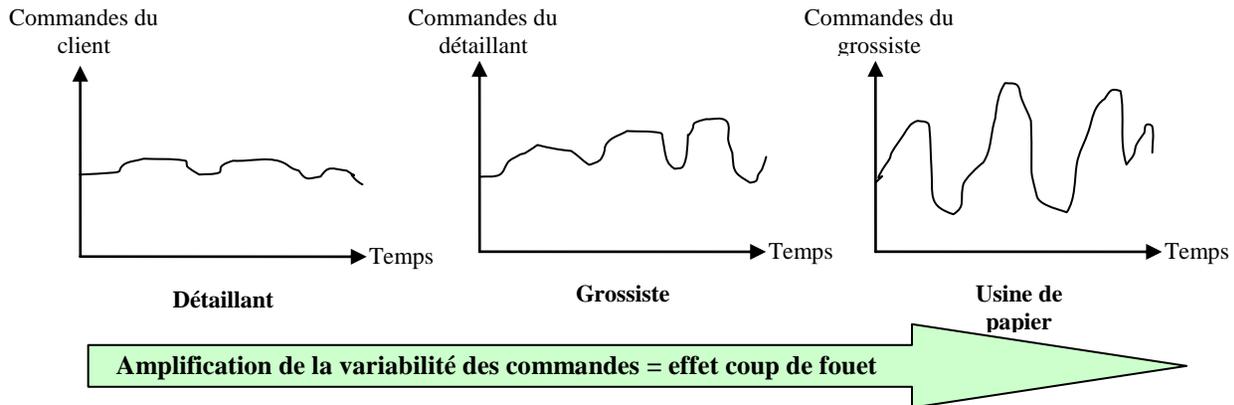
Afin de planifier et d'exécuter correctement toutes les activités du réseau de création de valeur, une grande quantité d'information doit être échangée. Ce flux d'information peut se faire soit de haut en bas, vers les fournisseurs de matière première, ou de bas en haut, vers le client final. Par exemple, les commandes, les prévisions de ventes, les données des détaillants et les sondages de satisfaction voyagent de haut en bas dans la chaîne. Dans le sens inverse, les renseignements tels que la planification des livraisons, les offres, les catalogues, les promotions et la disponibilité (par exemple, la capacité ou les stocks) sont envoyés du fournisseur au client. L'information échangée peut être spécifique à une tâche de planification ou plus stratégique à un processus décisionnel. Au plan opérationnel, les renseignements de base circulent selon des normes spécifiques sans aucun traitement. Au plan de la planification tactique ou stratégique, le flux d'information est habituellement agrégé afin de supporter la planification à long terme.

En général, les flux d'information entre les unités d'affaires les lient deux à deux dans le réseau. Cependant, les nouvelles tendances vers les réseaux d'entreprises et la collaboration font sentir le besoin de flux qui voyagent à travers ou à l'intérieur des unités d'affaires.

4.2.1 L'effet coup de fouet

Un réseau de création de valeur est caractérisé par l'information privée ou asymétrique. Par exemple, quand un marchand vend différents types de papier aux imprimeurs, il a accès à de l'information spécifique sur la demande, et il peut choisir de partager ou non ce savoir avec le fabricant de papier. Cependant, s'il choisit de garder cette information pour lui, le fabricant de papier devra planifier sa production sur les commandes du marchand plutôt que sur la demande réelle des imprimeurs. Cela aura pour résultat d'influencer négativement la performance du réseau de création de valeur. Ce phénomène est décrit par la communauté scientifique comme « l'effet coup de fouet » (Lee *et al.*, 1997). L'information transmise sous forme de commandes a tendance à être déformée et peut mal orienter les membres en amont du réseau dans leurs décisions de planification. La déformation qui en résulte a tendance à s'amplifier à mesure qu'on remonte dans le réseau (Figure 20). En conséquence, la capacité du système n'est pas utilisée efficacement, les épisodes de rupture de stock et de surstockage augmentent, la qualité du service décroît, etc.

Figure 20
Illustration de l'effet coup de fouet



Source : adaptée de Moyaux, 2004.

Quatre facteurs peuvent provoquer un effet coup de fouet : le traitement du signal de la demande, le jeu du rationnement, les commandes par lots et la variation de prix (Lee *et al.*, 1997). Le traitement du signal de la demande fait référence au fait que les entreprises planifient généralement leurs opérations en utilisant la demande des intervenants en aval plutôt que la demande réelle des clients finaux. Ainsi, la quantité produite correspondra au besoin réel augmenté de stocks qui tendront à croître au fil des membres du réseau. Le jeu du rationnement décrit le comportement des intervenants lorsque la demande excède la capacité disponible. En situation de pénurie, le producteur essaiera de rationner l'approvisionnement en produits pour satisfaire la demande du détaillant, alors que le détaillant enverra des commandes excédant la demande réelle. Les commandes par lots sont habituellement adoptées par les entreprises pour abaisser les coûts de commande et de transport, ou pour obtenir une remise sur la quantité. Malheureusement, les commandes par lots peuvent ne pas correspondre aux besoins réels du client final. La variation des prix signifie que les acheteurs préfèrent commander une grande quantité de produits lorsque le prix est bas et attendre un certain temps avant de repasser une commande. De plus, un long délai de livraison contribuera à augmenter l'effet coup de fouet.

Dans les années 1960, pour illustrer ce phénomène de la chaîne logistique, le Massachusetts Institute of Technology a créé ce qui est appelé « le jeu de la bière ». Le but du jeu est de satisfaire la demande de caisses de bière du client à travers une chaîne logistique multiétapes, tout en minimisant les frais de rupture de stock et de stockage. Les joueurs peuvent voir les stocks des autres, mais un seul joueur voit la demande réelle du client. En outre, la communication verbale entre les joueurs est interdite. Une séance-bilan est tenue après le jeu, pour comparer les résultats et discuter des leçons apprises.

Le consortium de recherche FORAC a créé un jeu similaire adapté à l'industrie forestière. Le jeu du bois simule les opérations de la chaîne logistique de l'industrie des produits

forestiers, pour faire la démonstration des dynamiques à l'œuvre dans le réseau de création de valeur et montrer l'importance du partage d'information entre les acteurs. Le nombre maximum de joueurs pour une partie est de sept, chacun étant responsable de la gestion d'une unité d'affaires du réseau. Chaque ronde du jeu représente une semaine, et une partie dure de 25 à 50 semaines. La chaîne logistique est représentée par différentes unités d'affaires en aval du client : la forêt, la scierie, l'usine de papier, les distributeurs et les détaillants. La nature divergente de l'industrie des produits forestiers est simulée en divisant la matière produite à la scierie en copeaux et en bois d'œuvre (une version en ligne est disponible à : www.forac.ulaval.ca/fr/activites_de_transfert/jeu_du_bois/jeu_du_bois_en_ligne/).

4.2.2 La collecte de données et le partage d'information

Dans le but de diminuer les effets négatifs de l'information asymétrique, comme l'effet coup de fouet, les acteurs doivent partager l'information requise pour pouvoir prendre des décisions de planification qui auront un impact positif sur le réseau de création de valeur.

Le partage des renseignements clés suivants est particulièrement nécessaire.

- **Plans** : ensemble de données qui indiquent quand, où et comment les différentes activités seront menées dans une unité ou un groupe d'unités d'affaires. Nous pouvons distinguer les plans suivants : approvisionnement, production, transport, ventes, promotions et retours.
- **Commande** : besoin exact d'une unité d'affaires donnée à un moment précis. Les commandes peuvent être des commandes d'approvisionnement, de production, de transport, de ventes ou de retours.
- **Livraison** : livraison d'un produit ou d'un service spécifique à une unité d'affaires donnée à un moment précis. Les livraisons de produits/services se font aussi bien vers les unités d'affaires du réseau que vers l'utilisateur ou client final. Une livraison peut aussi être un retour.
- **Plan de demande** : série de commandes planifiées.
- **Plan d'approvisionnement** : série de livraisons planifiées.
- **Plan de capacité** : disponibilité planifiée des ressources et leur productivité.
- **Prévision** : anticipation d'une commande, d'une livraison ou de tout autre plan. Généralement échangée quand une forme de partenariat est établie.
- **Paramètres d'exécution** : série de paramètres définissant de quelle façon les différentes tâches doivent être exécutées.
- **Contraintes de flux** : série de contraintes définissant quand et comment les flux peuvent être échangés.
- **Mises à jour de l'exécution** : information sur le déroulement réel de l'exécution.

L'information peut aussi être échangée pour informer sur le statut ou sur des caractéristiques de l'élément principal du réseau logistique, auquel cas elle peut se rapporter à ce qui suit :

- **produit/service** : définit les caractéristiques du produit/service,
- **procédé** : définit le procédé en matière d'intrants, de consommation de ressources et d'extrants,
- **processeur** : définit les caractéristiques du transformateur,
- **stock** : définit le nombre de produits en stock,
- **installations/client** : définit un emplacement.

Un autre élément clé qui doit être considéré est le besoin **d'une information de haute qualité**. Plus précisément, l'information doit être disponible « à temps », au bon moment, être à jour et actualisée aussi fréquemment que nécessaire, en plus de couvrir toutes les périodes de planification (passé, présent et futur). Le contenu de cette information est crucial et doit être exact, significatif, complet et précis. Enfin, le format de l'information est important ; elle doit être facile à comprendre, détaillée et correctement présentée (par des graphiques, des tableaux, sous forme narrative, etc.).

Cette information, une fois récoltée, peut être partagée entre les membres du réseau au moyen de protocoles de conversation et de messages. Un protocole de conversation relie les messages pour former une conversation. Tout comme les messages, ces protocoles ont leurs propres fins et sont transmis d'un émetteur à l'autre ou vers plusieurs récepteurs. La plateforme requise pour supporter le flux de messages peut varier grandement, allant d'un simple tableau noir où les messages sont affichés à un échange direct de type B2B (commerce interentreprises – *Business to Business*).

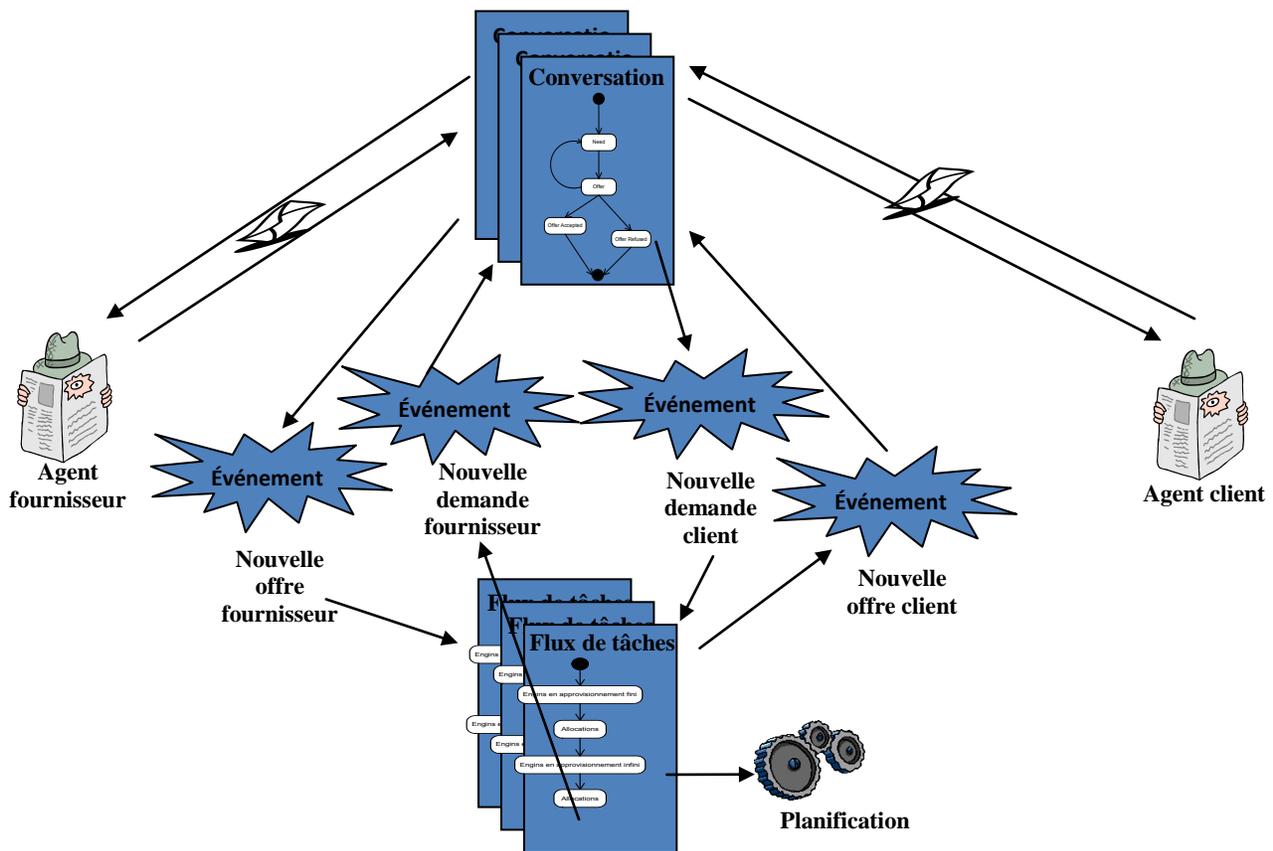
Le but d'un échange d'information peut être d'aviser une unité d'affaires (ou son système de planification) du statut ou de l'achèvement d'une tâche, de demander l'exécution d'une tâche ou de l'information sur celle-ci, de répondre à une demande ou de modifier un message précédent. L'objectif définit le type du message.

Chaque échange d'information (message) est aussi caractérisé par un émetteur, un ou plusieurs récepteurs, un document de référence, son contenu et son type. Un message va normalement déclencher un flux de tâches, lequel consiste en des séries de tâches ordonnées à être complétées afin de tenir compte de la nouvelle information ou pour répondre à une demande. Un flux de tâches peut déclencher à son tour un nouveau message ou un autre flux de tâches, aussi bien à l'intérieur d'une unité d'affaires qu'entre les unités.

La Figure 21 illustre les mécanismes des flux d'information entre les unités d'affaires (ou logiciels) reliant les messages, le protocole de conversation et le flux de tâches.

Figure 21

L'échange d'information entre les unités d'affaires dans un réseau de création de valeur



Source : Frayret *et al.*, 2007.

4.2.3 L'utilisation d'un standard de partage d'information

Puisque chaque unité d'affaires du réseau de création de valeur a généralement son propre système de gestion et ses propres codes de produits, le partage d'information entre les membres du réseau peut devenir très complexe. En outre, chaque entreprise a ses propres missions, compétences et objectifs, et cela peut avoir une grande influence sur le choix de l'information qu'elle sera prête à partager.

C'est pourquoi plusieurs standards ont été développés au cours des dernières années pour faciliter la communication entre les entreprises. Dans l'industrie des produits forestiers, cette initiative a été nommée papiNet.

Plus précisément, papiNet fournit un standard ouvert supportant une interopérabilité efficace et en temps opportun à l'intérieur du réseau de création de valeur. Le but est d'éliminer le besoin de négocier et de s'entendre sur la définition des données et des formats avec chacune des unités d'affaires chaque fois qu'une transaction a lieu. Une interface de

messagerie commune permet aux unités d'affaires d'échanger rapidement avec plusieurs autres unités au moyen de technologies d'échange de données électroniques et de réduire les erreurs dans le traitement et l'échange des données. De grandes corporations comme Stora Enso et International Paper ont commencé à utiliser de tels standards pour rationaliser leur réseau avec leurs principaux clients.

Le standard papiNet est basé sur un ensemble de documents d'affaires en XML (Extensible Markup Language, ou langage de balisage extensible) qui sont requis pour les industries du papier et de la foresterie. Plus précisément, le XML est un langage générique de balisage informatique qui sert à créer des langages de balisage *spécifiques*. Un document XML marque chaque entrée avec un nom mnémonique qui est un « identifiant générique ». Le marquage rigoureux implique que chaque balise est entre chevrons et qu'elle est close. Les entrées sont structurées hiérarchiquement. Le standard XML permet à chacun des partenaires de définir un cadre de partage de l'information (Figure 22).

Figure 22
Exemple de script XML

```
<recette nom="pain" temps_prep ="5 min" temps_cuisson="3 heures">
<titre>Pain de base</titre>
<ingrédient quantité="8" unite="dL">Farine</ingrédient>
<ingrédient quantité ="10" unite="grammes">Levure</ingrédient>
<ingrédient quantité ="4" unite="dL" » state="tiède">Eau</ingrédient>
<ingrédient quantité ="1" unité="c. à thé">Sel</ingrédient>
<instructions>
<étape>Mélanger tous les ingrédients ensemble.</étape>
<étape>Pétrir minutieusement.</étape>
<étape>Couvrir d'un linge, laisser reposer une heure dans un endroit tiède.</étape>
<étape>Pétrir encore.</étape>
<étape>Placer dans un moule à pain.</étape>
<étape>Couvrir d'un linge, laisser reposer une heure dans un endroit tiède.</étape>
<étape>Cuire au four 30 minutes à 180 degrés Celsius </étape>
</instructions>
</recette>
```

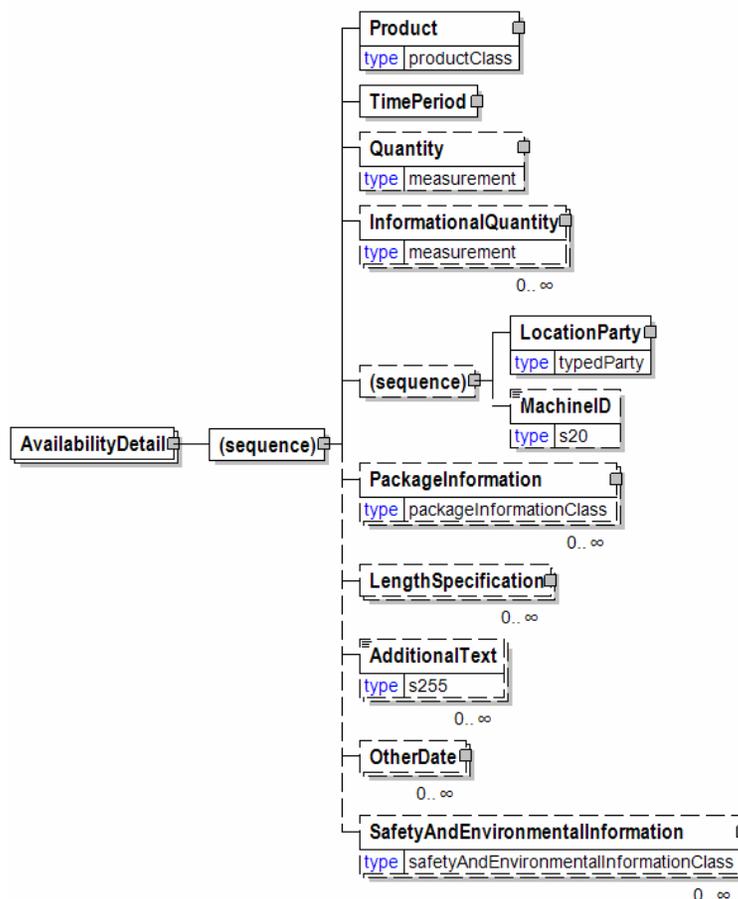
Source : adaptée de Wikipédia.

L'usage efficient du XML requiert généralement une définition de type de document. Cette définition contient les déclarations de balisage d'un document XML, décrivant sa structure à l'aide d'une liste de types d'éléments et d'une liste d'attributs. Cela peut être défini dans un document XML ou dans une référence externe (pour plus d'information sur le XML, voir <http://www.w3.org/2003/03/Translations/byTechnology?technology=xml>).

Puisqu'une série d'informations peut être échangée pour supporter la planification avancée et l'établissement du calendrier du réseau de création de valeur de la fibre, le standard

papiNet fournit une liste détaillée de caractéristique et de définitions (définitions de données) pour un échange de données et d'information standardisé. Par exemple, lorsque la disponibilité d'un produit est définie (Figure 23), deux groupes d'information sont nécessaires. Le premier est relatif au produit lui-même, son identifiant, ses caractéristiques et sa catégorisation. Le deuxième est relatif à la période de temps pendant laquelle le produit est disponible. Les autres éléments sont facultatifs. L'information sur la disponibilité d'un produit, largement utilisée dans la planification des chaînes logistiques, procure aux unités d'affaires un moyen de planifier leurs activités avec de l'information à jour sur les produits disponibles.

Figure 23
Définition papiNet de la disponibilité d'un produit



Source : papiNet.org.

D'autres exemples de renseignements utilisés dans la planification des chaînes logistiques sont « Plan » et « PlanLineItem » (Figures 24 et 25). Les attributs du plan sont le type de processus de planification et le langage. Un plan comprend un en-tête et les détails du produit. Les éléments des détails spécifient exactement quelles activités sont prévues, quand et comment elles se dérouleront.

Figure 24
Définition papiNet de la planification

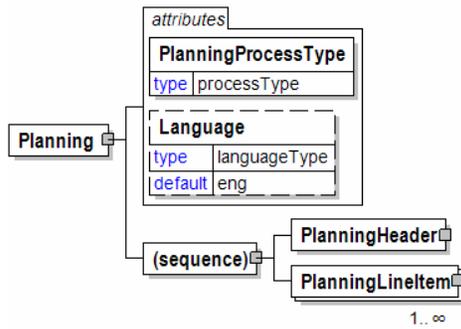
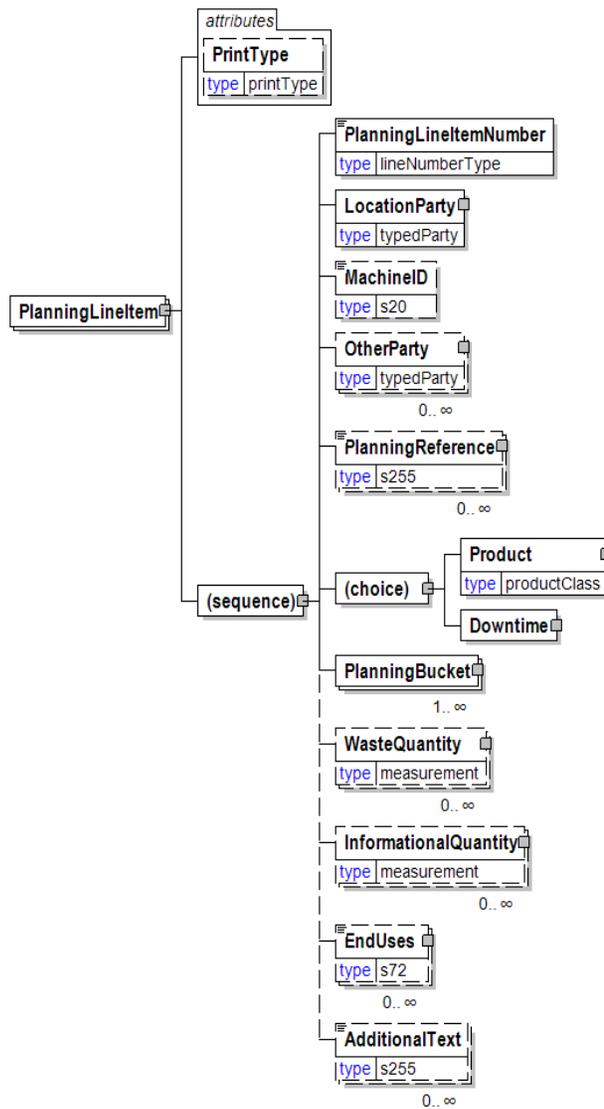


Figure 25
Définition papiNet des détails du produit



Par conséquent, l'utilisation d'un standard tel que papiNet contribue à échanger la bonne information, au bon moment et dans un format standard, ce qui la rend aisément traitable par différents systèmes d'information. La communication entre les membres du réseau s'améliore, ainsi que la qualité des décisions de planification.

4.2.4 Les systèmes d'information géographique (SIG)

Au cours des dernières années, différentes technologies ont été développées pour saisir l'information requise. Une de celles-ci est le système d'information géographique (SIG), aussi appelé système d'information géospatial, qui peut être utilisé pour saisir, emmagasiner, analyser, gérer et présenter l'information qui est liée à un emplacement. Le SIG est fréquemment utilisé en cartographie, en télédétection, en arpentage, en gestion des services publics, en géographie, en urbanisme, en gestion des urgences, en navigation et pour les moteurs de recherche localisés (à partir de l'encyclopédie ouverte Wikipédia).

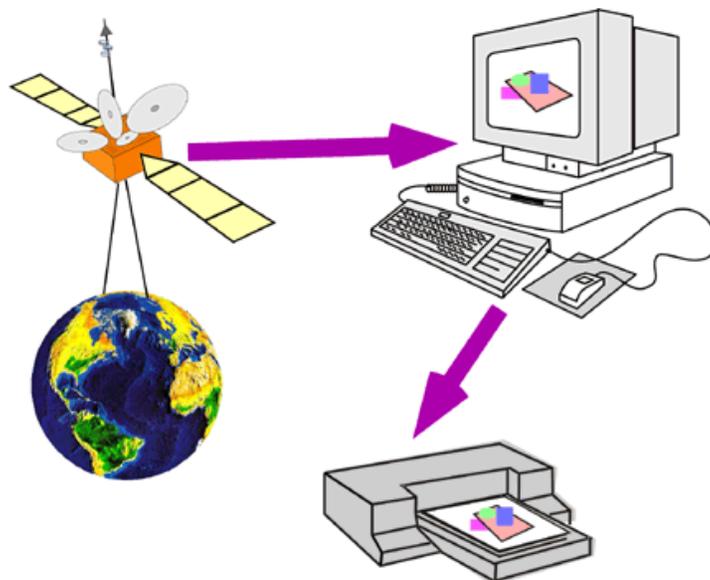
Les activités menées à l'aide d'un SIG incluent :

- le mesurage de phénomènes et de processus naturels et d'origine humaine d'une perspective spatiale. Ces mesures mettent en évidence trois types de propriétés couramment associés à ces systèmes : éléments, attributs et relations ;
- l'emmagasinage des mesures sous forme numérique dans une base de données informatique. Ces mesures sont souvent liées à des éléments sur une carte géographique numérique. Les éléments peuvent être de trois types : points, lignes ou zones (polygones) ;
- l'analyse des mesures recueillies pour obtenir d'autres données et ainsi découvrir de nouvelles relations en manipulant et en modélant numériquement différents éléments des données ;
- la représentation des données mesurées ou analysées sous différentes formes : cartes, graphiques, listes ou statistiques sommaires.

Un SIG consiste typiquement en trois sous-systèmes :

- un système d'entrée pour la collecte de données ;
- un ordinateur et un système logiciel qui conservent les données, permettent leur gestion et leur analyse, et qui peuvent être utilisés pour représenter les manipulations de données sur un écran ;
- un système de sortie qui peut générer des copies papier de cartes, d'images et d'autres types de sorties (source : www.physicalgeography.net).

Figure 26
Illustration des composantes du SIG



Source : www.physicalgeography.net.

En foresterie, ces systèmes sont de plus en plus utilisés pour soutenir le processus de prise de décisions en capturant le phénomène réel et des caractéristiques qui comportent une dimension spatiale, par exemple l'enregistrement et la mise à jour des inventaires forestiers, la planification et l'estimation des récoltes, la gestion des écosystèmes ainsi que la localisation des habitats et des paysages (Upadhyay, 2009).

4.3 Le flux financier

Le réseau de création de valeur comprend aussi un flux financier qui représente l'ensemble des transactions associées à l'approvisionnement, à la production et à la distribution de biens et services. Comme pour le flux d'information, le flux financier peut se mouvoir de haut en bas dans la chaîne, vers les fournisseurs de matière première, ou de bas en haut, vers le client final. Par exemple, les paiements passent du client au fournisseur, alors que les crédits, les retours et les garanties vont du fournisseur au client. Un tel flux est très important pour deux raisons. Premièrement, c'est le moyen par lequel le client ou l'utilisateur final de produits et services retourne la valeur à tous les acteurs impliqués dans la chaîne de création de valeur. Deuxièmement, les arrangements institutionnels, les exigences législatives et réglementaires et les cadres de conformité financière sont d'importants facteurs exogènes qui, alors qu'ils influencent substantiellement les structures, les procédés et les interactions tout au long du réseau de création de valeur, sont moins

aisément contrôlés par les membres du réseau que la production appropriée et les arrangements logistiques et informationnels (Fellenz *et al.*, 2007).

Pour cette raison, il est important d'identifier correctement quels types d'interactions financières sont possibles dans le réseau. Il est aussi nécessaire de tenir compte du risque associé aux arrangements financiers (par exemple, les termes de l'échange, les divers partenaires, les différents arrangements de transport, etc.). Plus le risque est élevé, plus le coût le sera aussi. Ainsi, l'information sur les stocks, sur les flux de matières et sur l'historique des données fournit une base pour une évaluation plus juste du risque. Un risque opérationnel réduit en raison du procédé et de l'optimisation du réseau mène à un risque financier moindre et, de ce fait, réduit les coûts financiers des entreprises impliquées (Fellenz *et al.*, 2007). Un autre aspect critique du flux financier est relié à la compatibilité des systèmes transactionnels et à l'intégration des opérations et des technologies. Le flux financier est caractérisé par une multitude de documents papier et de vérifications qui sont souvent effectuées en double. De plus, chaque unité d'affaires génère sa propre information qui doit être synchronisée et vérifiée par les autres membres du réseau. Par conséquent, tout comme les flux de produits et d'information, le flux financier a besoin d'être optimisé par une meilleure intégration des activités et l'échange des données qui y sont relatives.

Dans l'industrie des produits forestiers, les opérations financières courantes varient selon l'horizon de temps considéré. D'une perspective à long terme, les investissements sont faits pour maintenir et rehausser la position concurrentielle de l'entreprise. Des programmes d'assurance sont implantés pour protéger contre le risque et d'autres facteurs. À moyen terme, les entreprises doivent établir un budget pour détailler correctement les coûts fixes et les coûts variables (incluant les intérêts), les revenus attendus et ainsi de suite. À court terme, les opérations courantes impliquent différentes transactions financières (factures, paiements, crédits, etc.).

La performance financière des compagnies de produits forestiers peut énormément osciller d'une année à l'autre. Les quelques éléments clés suivants donneront un portrait de la santé financière d'une compagnie (DBRS).

Coût de la fibre

L'impact du coût de la fibre dépend de plusieurs facteurs, comme le type d'approvisionnement en fibre (par exemple, des droits de récolte, des contrats d'achat et la possession de forêts privées) ; les sortes de fibre (par exemple, résineux versus feuillus, billes à pâte versus grumes de sciage et fibre vierge versus fibre recyclée) ; la localisation de la fibre ; etc.

Intégration des usines et efficacité

La compétitivité d'une entreprise est directement liée à l'âge de ses équipements et au degré d'autosuffisance en énergie que ses installations ont atteint. Ainsi, chaque

emplacement manufacturier devrait être évalué quant aux dépenses en immobilisation requises, au degré de rénovation de l'usine et des rénovations à prévoir, aux sources d'énergie de l'usine, etc.

Intensité de capital

Afin de mesurer la capacité d'une entreprise à réduire ses coûts opérationnels et à développer ses affaires, on doit évaluer l'historique de dépenses en immobilisations de la compagnie et sa capacité à garder un profil de crédit prudent ; sa feuille de route constituée d'acquisitions intégrées avec succès aussi bien que de synergies et de flux de trésorerie ; l'histoire corporative d'expansions dans de nouveaux ou d'actuels emplacements géographiques, etc.

Développement de produits

Puisque les produits à valeur ajoutée sont généralement caractérisés par une moindre variation de la demande et une marge de profit plus grande, une entreprise pourrait être évaluée en fonction de son historique de réussite dans la transformation des produits de commodité en produits à valeur ajoutée, des pourcentages de produits de commodité et de produits de spécialité offerts, etc.

Taux de change des devises

Une compagnie étendue géographiquement sera plus sensible aux fluctuations des taux de change. Comme les compagnies de produits forestiers exportent une grande part de leur production, les taux de change entre les devises des pays de fabrication et celles des pays importateurs ont également des répercussions sur les marges de profit.

Les compagnies de produits forestiers devraient donc porter attention à ces facteurs, afin que les institutions financières soient en mesure de leur offrir les instruments financiers nécessaires au changement de leur façon de faire des affaires, favorisant ainsi la création de valeur.

5. Modéliser un réseau de création de valeur

Pour avoir une meilleure compréhension des interactions entre les membres du réseau et analyser les problèmes relatifs à la planification, à l'établissement du calendrier et à la prise de décisions, il est généralement utile de modéliser le réseau de création de valeur, générant ainsi un modèle abstrait qui représente le système à l'étude (Santa-Eulalia, 2009). Le modèle est destiné à fournir une représentation simplifiée d'un système réel et complexe en incluant seulement les éléments les plus pertinents. La première étape est l'identification des parties du réseau qui doivent être prises en compte. Ensuite, il est essentiel de définir la bonne approche ou technique pour modéliser et analyser le système. Puis, la performance doit être mesurée pour évaluer la valeur ajoutée qu'il est possible d'obtenir en utilisant un scénario ou une stratégie en particulier.

Avant de se lancer dans la modélisation du système, il est très important de définir quelle information ou connaissance est attendue du modèle. Il y a plusieurs façons de modéliser différents aspects du réseau de création de valeur. Cet exercice comporte toujours un objectif lié, dans un sens ou un autre, à une meilleure connaissance de parties ciblées du système actuel.

Une fois que l'information attendue du modèle est correctement définie, deux éléments découlant de cette définition ont à leur tour besoin d'être identifiés :

- Quelles sont les limites du système ?
- À quel niveau d'agrégation et sur quel horizon de planification ? (voir Tableau 3)

Ces éléments sont inévitablement reliés à l'objectif principal identifié pour le modèle. Les limites des parties du monde réel à modéliser constituent les limites du système. Plus les limites sont grandes, plus le modèle est complexe. Un équilibre entre la complexité et le temps d'élaboration et de mise en place du modèle doit être trouvé.

Le niveau d'agrégation et l'horizon de planification influencent aussi le temps d'élaboration et de mise en place du modèle. Avoir beaucoup de détails sur une longue période de temps peut être utile pour acquérir une connaissance approfondie du système, mais le temps et la quantité de données requis pour faire fonctionner un tel modèle peuvent le rendre difficilement applicable.

La modélisation de système implique l'agrégation d'information relative aux produits, aux procédés et aux processeurs (comme les produits, le temps et la localisation) à différents niveaux. Par exemple, un produit peut être agrégé au niveau de l'essence ou de la famille ; le temps peut aller de plusieurs décennies à quelques secondes pour certaines applications ; et la localisation peut être aussi simple que le nom de la ville ou de la province, ou elle peut

être plus spécifique, comme un étage ou même un endroit précis dans une usine. Le bon niveau d'agrégation dépend beaucoup de la nature des décisions que le modèle est appelé à soutenir. Par exemple, les décisions stratégiques sont basées sur des données annuelles. Il serait beaucoup trop complexe d'utiliser un niveau de données inférieur et plus détaillé pour modéliser un système sur un horizon pluriannuel. De plus, cette information détaillée n'est pas disponible ou pas assez précise. Ce serait comme d'essayer de prédire la météo pour, disons, 60 jours : pleuvra-t-il tel ou tel jour ? Si oui, combien de millimètres sont attendus ? Quels seront le minimum et le maximum de température un jour donné ? Il apparaît évident que faire une prévision précise et détaillée sur un horizon à long terme est impossible.

La compréhension de la nature de la décision est importante puisqu'elle peut avoir un impact sur la façon dont les objets et les procédés seront modélisés. Le tableau suivant montre les niveaux d'agrégation pour les différents éléments (produit, temps, localisation) selon la nature de la décision.

Tableau 3
Illustration du niveau d'agrégation pour différents éléments

	Produit	Temps	Localisation
Stratégique	Familles Espèces	Décennies Années	Pays Province Région Paysage
Tactique	Familles Classes	Années Semestres Semaines	Ville Installation Unité de gestion
Opérationnel	UGS (unités de gestion de stock) Unités	Semaines Jours Heures Secondes	Installation Endroit dans l'installation Poste

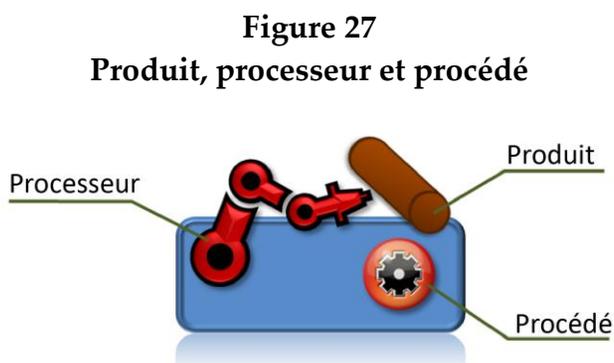
Cependant, l'agrégation implique la désagrégation. Alors que la planification agrégée est très utile pour obtenir des solutions approximatives pour la macroplanification, la question est de savoir si ces plans agrégés peuvent être d'une aide quelconque pour la planification aux niveaux inférieurs. La désagrégation d'un plan est une façon de prendre un plan agrégé et de le fractionner pour obtenir davantage de plans pour les niveaux inférieurs.

La modélisation d'un réseau de création de valeur implique également de modéliser deux catégories d'éléments très distinctes : les composantes et les relations. Les composantes seront couvertes dans la section 5.1. La modélisation des relations est plus complexe et varie

selon l'approche de modélisation choisie. Les différentes approches de modélisation seront décrites dans la section 5.4.

5.1 Les composantes du modèle

Le modèle abstrait utilisé pour représenter un réseau réel et complexe comprend généralement plusieurs composantes. Pour modéliser la transformation d'un produit, trois composantes sont requises : un processeur, un produit et un procédé de transformation. Le processeur est la machine, l'être humain, l'équipement ou la ligne de production utilisée pour effectuer l'opération de fabrication ou de transformation. Le produit peut prendre différentes formes pendant sa transformation dans la chaîne de production ou dans la chaîne logistique. Le procédé de fabrication est le lien entre le processeur et le produit : il définit comment le produit sera transformé par le processeur. Dans la Figure 27, l'engrenage représente le procédé qui relie le produit et le processeur.



Il est bon de noter que la transformation d'un produit peut impliquer non seulement une modification physique, mais également un changement de localisation ou de statut. Un camion peut être un processeur et le trajet qu'il effectue peut être vu comme un procédé impliquant le produit qui sera déplacé. Une tournée d'inspection peut faire changer le statut d'un produit de « non inspecté » à « inspecté ».

Des restrictions de capacité (ex. : débit, nombre d'heures d'opération, taille des lots ou temps disponible) et des frais de fonctionnement (ex. : coût fixe, taux horaire ou coût par lot) sont généralement associés aux processeurs. Les paramètres des processeurs peuvent changer selon le procédé et le produit qu'ils traitent. Tout comme pour les produits, cela peut influencer certaines caractéristiques des procédés, comme la quantité de ressources nécessaires et les produits, les coproduits et les sous-produits qui en résultent.

En plus du trio produit/processeur/procédé, deux autres composantes sont très importantes dans la modélisation du réseau : l'approvisionnement et la demande (Figure 28). La

demande dirige toute la chaîne logistique ; elle est la raison principale de son existence et dicte ce qui devrait être produit. Pour sa part, l'approvisionnement est souvent un facteur limitatif de ce qui peut être produit.

Figure 28
Approvisionnement et demande



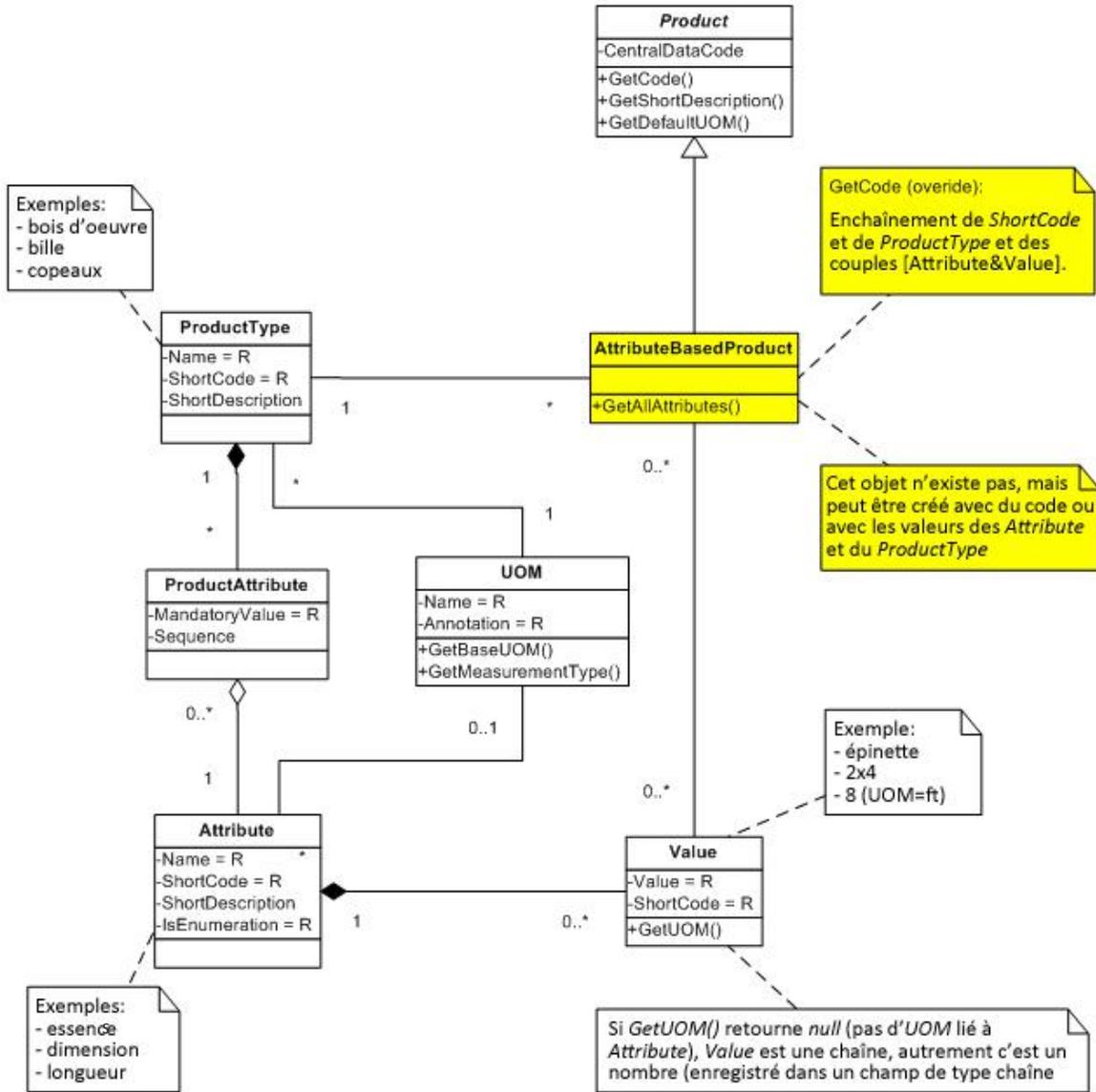
Les sous-sections suivantes décrivent plus en détail ces cinq principales composantes utilisées pour modéliser le réseau de création de valeur. D'autres éléments peuvent avoir besoin d'être représentés, comme les règles d'affaires et les relations d'affaires entre les partenaires du réseau et les installations. Cela sera discuté à la section 7.

5.1.1 Le produit

La méthode de modélisation du produit peut faire la différence entre un modèle difficile à implanter et à maintenir, et un autre adapté et pratique à utiliser. En raison des multiples attributs du produit, avoir un UGS (ou SKU, *Stock-Keeping Unit*) pour chaque article n'est pas très pratique. Une meilleure modélisation du produit implique de conserver les caractéristiques ou attributs de chaque article. Dans l'industrie du bois d'œuvre, ces attributs peuvent inclure l'espèce, la classe, la longueur et le diamètre. Dans l'industrie des pâtes et papiers, on peut retrouver des attributs comme le poids, les dimensions, la catégorie et le degré de blancheur.

La Figure 29 montre comment les produits basés sur les attributs ont été implantés dans l'environnement de simulation et dans le prototypage à base d'agents de FORAC. Comme le montre la figure, les types de produits sont tout d'abord définis pour déterminer quels attributs sont relatifs à quels produits génériques. Un produit spécifique (*AttributeBasedProduct*) est décrit en entier par son type de produit et par la valeur de chacun des attributs connexes. Même si cela n'est pas représenté dans la figure, la valeur de l'attribut peut être numérique ou non. Les valeurs possibles peuvent aussi être limitées à un domaine déterminé au moyen d'une liste.

Figure 29
Produits dans l'environnement de simulation et de prototypage
à base d'agents de FORAC



5.1.2 Le procédé

Un procédé est une activité qui peut s'appliquer ou non à un produit. Les procédés qui se produisent dans une organisation axée sur le service constituent des exemples de procédés qui ne s'appliquent pas à un produit. On retrouve également de tels procédés dans toutes les activités indirectes de gestion requises pour soutenir les activités de production et de livraison. Les activités indirectes incluent entre autres les tâches financières, l'entretien des bâtisses, les achats et la facturation, la planification et l'établissement des calendriers. À

moins d'indications contraires, le procédé sera considéré dans la présente section comme s'appliquant au produit.

Du point de vue d'une activité relative à un produit, un procédé de production est une activité qui peut transformer un produit, modifier son statut ou changer sa localisation dans la chaîne de valeur. Généralement, un procédé ajoute de la valeur au produit ou s'avère une étape nécessaire dans les activités menées dans le but de créer et de rendre disponible un produit au client final. Selon le niveau de détail à modéliser, certains procédés peuvent être ignorés ou agrégés.

À mesure que le produit avance dans la chaîne de valeur, il est transformé et, donc, ses caractéristiques changent. Le produit qui entre dans le procédé de production sera différent de celui qui en sort. Par exemple, plusieurs produits peuvent être nécessaires dans un procédé pour produire un assortiment d'articles (Figure 30). Un seul produit entrant peut quant à lui générer différentes sorties (Figure 31).

Figure 30
Modélisation du procédé de production

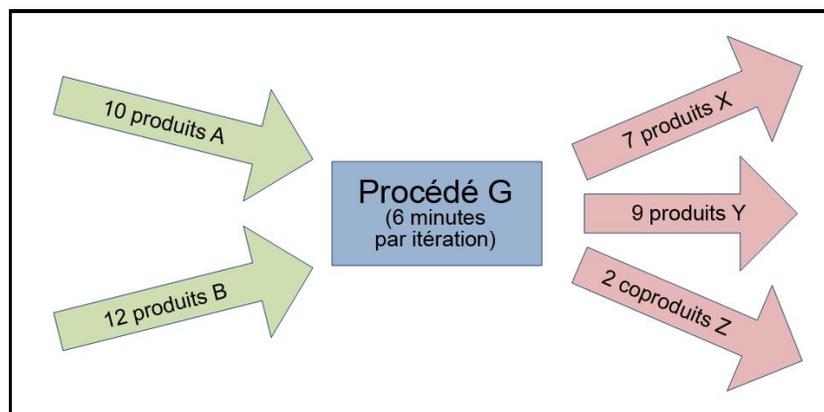
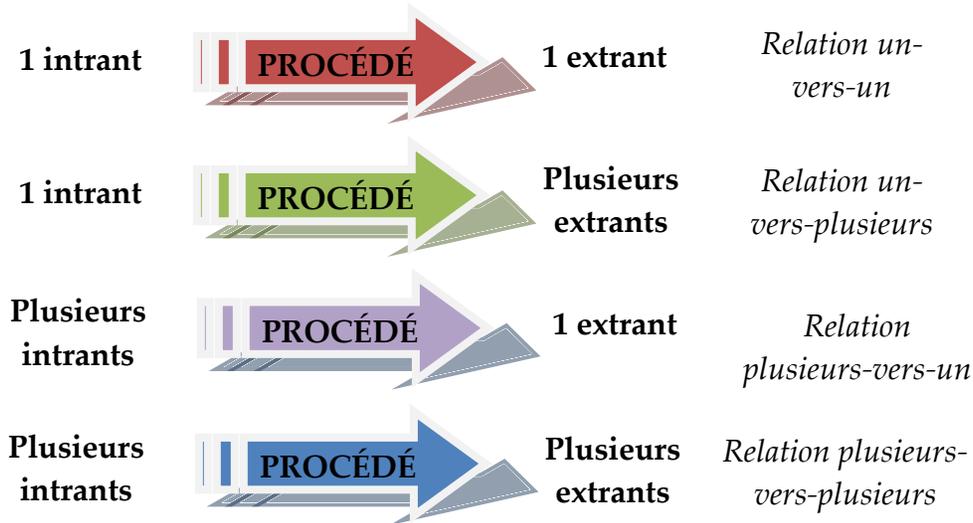


Figure 31
Différents types de relations pour modéliser un procédé



L'approche la plus commune pour modéliser un procédé exige de déterminer les quantités de produits entrants aussi bien que les quantités de produits sortants.

Le procédé n'est pas seulement caractérisé par la relation entre les volumes de produits entrants et sortants du procédé ; il l'est aussi par un taux de production, qui peut être défini comme le nombre de fois par unité de temps qu'un procédé peut être exécuté par un processeur déterminé ou, inversement, le temps requis pour exécuter le procédé une fois.

Pour un type d'opération donné, le sciage par exemple, plusieurs procédés différents peuvent être concernés. Des procédés spécifiques seront définis pour chaque source de billes, étant donné que les billes de sources différentes génèrent des produits et des coproduits différents en proportions variables.

5.1.3 Le processeur

Le processeur est la ressource qui effectue la transformation du produit. Selon le niveau d'agrégation, le processeur peut être une machine, un équipement ou une installation. Les processeurs ont généralement une limite de capacité et un coût opérationnel.

Machines et équipement

Les machines et l'équipement sont généralement caractérisés par leur capacité, leur temps d'exécution et leur statut. Plus précisément, une machine peut transformer une ou plusieurs matières premières aussi bien que produire un seul ou plusieurs produits finis. Une machine peut aussi garder intacte la nature originelle du produit.

Par exemple, une scie produit plusieurs longueurs de bois, alors qu'une machine à papier ne produit qu'une bobine mère. Aussi, un convoyeur transporte des biens d'un endroit à l'autre sans les transformer. Selon le produit fabriqué, le temps d'exécution peut être très court (par exemple, les bancs de sciage) ou très long (par exemple, les séchoirs à bois). La modélisation d'une machine peut aussi considérer son statut. Plus particulièrement, une machine peut être en activité, en attente, brisée ou inutilisée. La modélisation de ce paramètre peut être une bonne façon d'analyser le procédé de production et d'identifier quelle étape constitue un goulot d'étranglement.

Des machines et de l'équipement peuvent avoir besoin d'être réglés. Un nouveau réglage peut être nécessaire à chaque changement de produit, ou un même réglage peut convenir à un lot, comme c'est le cas lors de la préparation du bois d'œuvre pour le séchage. Dans les cas les plus complexes, le réglage dépend de la séquence, ce qui signifie que le temps de réglage varie selon l'ordre des types de produits qui entrent ou passent dans la machine ou dans l'équipement (comme c'est le cas avec les machines à papier).

Capacité des machines et de l'équipement

Différents types d'équipement induisent des capacités différentes et une modélisation par contrainte. Cependant, à un niveau d'agrégation plus élevé, la capacité des différents types d'équipement peut être modélisée d'une façon très semblable, puisque tous les équipements, peu importe leur fonctionnement, transforment un certain nombre de produits en un certain temps.

Pour la modélisation plus détaillée d'une machine, plusieurs caractéristiques et types de procédés différents seront considérés. Par exemple, les séchoirs peuvent fonctionner pendant plusieurs jours avec un lot donné de produits. Il y a une limite physique au volume de produits qui peut entrer dans un séchoir. En outre, avec ce type d'équipement, on ne peut pas mélanger tous les types de produits dans un même lot. Pour être mélangés et séchés ensemble, ils doivent nécessiter le même temps de traitement pour de mêmes conditions, par exemple, de température.

À l'étape du sciage, on peut remarquer une autre caractéristique propre à un type d'équipement. Selon le type de billes traité, un temps de réglage peut être requis pour atteindre les objectifs de production/de gestion. La vitesse à laquelle le procédé est exécuté peut avoir un effet sur la qualité du produit. Le sciage peut avoir lieu seulement 80 heures par semaine s'il y a deux quarts de travail, au contraire des séchoirs qui fonctionnent 24 heures par jour une fois démarrés. Pour donner un autre exemple, une machine à papier est davantage modélisée comme un procédé continu, et plusieurs facteurs influencent la vitesse à laquelle elle produit les bobines de papier.

Coûts des machines et de l'équipement

Quand le procédé de production est modélisé plus en détail, le coût des machines et de l'équipement peut être pris en compte s'il influence le taux de production. Le coût peut être indiqué par heure d'utilisation ou par unité de volume de produit transformé par la machine. Le coût peut être une valeur agrégée pour la main-d'œuvre, l'entretien et les fournitures nécessaires à l'utilisation de la machine. Quand des réglages sont nécessaires, un coût associé peut aussi être pris en compte.

Installations

Les installations font référence aux bâtiments où les activités de transformation ont lieu. Elles peuvent également n'être que des points de transbordement ou de groupage. À un haut niveau d'agrégation, elles peuvent être considérées d'une façon semblable aux machines et équipements, avec des frais d'exploitation et une capacité. Dans la modélisation de la chaîne de valeur, la localisation physique des installations est d'une grande importance, puisqu'elle a des répercussions sur les frais de transport. Certains modèles visent à déterminer le meilleur emplacement pour une installation donnée. D'autres décisions qui peuvent être considérées par un modèle sont celles portant sur le choix d'installations ouvertes ou fermées.

Capacité des installations

Les parcs de transfert, les entrepôts et les centres de distribution sont généralement représentés avec une capacité fixe et limitée, qui peut être entre autres définie sur la base du nombre d'heures ouvrables, du nombre de produits qui peuvent être entreposés et de l'espace disponible. L'objectif est de représenter les paramètres du système actuel, en évitant d'être trop rigide. Les heures supplémentaires, des quarts de travail additionnels ou de l'espace de stockage temporaire sont quelques-uns des facteurs qui peuvent augmenter la capacité (Ballou, 2004).

Coûts des installations

Les coûts relatifs à une installation comme un entrepôt sont généralement définis en termes de coûts fixes, de coûts de stockage et de coûts de manutention. Les coûts fixes sont les coûts qui ne varient pas en fonction du taux d'activité de l'installation, comme les taxes foncières, le loyer et la dépréciation. Pour leur part, les coûts de stockage varient selon la quantité de produits gardés en stock dans l'installation, comme le capital captif dans le stock ou l'assurance sur la valeur du stock. Les coûts de manutention dépendent du débit de l'installation. Généralement, ils incluent les coûts de main-d'œuvre, les coûts variables de manutention d'équipement, etc. Les usines sont aussi caractérisées par des coûts variables obtenus à partir des coûts comptables standards de la production (Ballou, 2004).

Dans la modélisation du dessin d'une chaîne logistique, d'autres coûts sont à considérer, comme le coût d'ouverture ou de fermeture d'une installation. D'autres décisions tactiques ou stratégiques concernant une installation peuvent aussi avoir un coût. Mentionnons ici l'augmentation de la main-d'œuvre pour un quart de travail additionnel ou les coûts de renouvellement de la machinerie afin d'augmenter la productivité ou la capacité.

5.1.4 La demande du client

Les clients sont (conceptuellement) situés à la fin de la chaîne logistique. Selon les frontières du système, le client peut être un entrepôt, un détaillant, un centre de distribution ou une autre usine. Dans la modélisation du réseau de création de valeur, la demande n'a pas besoin d'être au niveau de l'UGS, à une installation précise ou à un point d'affaires du détaillant. En réalité, obtenir une prévision au niveau de l'UGS pour un endroit précis et qui soit juste est très difficile. Une prévision de la demande un peu plus précise peut être obtenue pour des familles de produits dans une région donnée sur une période de temps assez longue (semaines, mois, semestres ou années). On doit utiliser un niveau d'agrégation approprié pour les objectifs du modèle.

Le but de la chaîne logistique est généralement de satisfaire les clients au plus bas coût possible. Par conséquent, l'objectif est de maximiser le profit relativement aux ressources disponibles à l'intérieur de la chaîne de valeur. Un des éléments liés au concept de profit est le revenu. Dans la plupart des modèles, on présume que les revenus ne sont générés qu'au moment où le produit atteint le client final. Le revenu généré diffère selon le produit, le client, le moment et l'endroit de la livraison.

La localisation des clients est une autre caractéristique à modéliser, puisqu'elle influence les coûts de livraison. Les clients peuvent également avoir des restrictions sur les jours et les heures où les livraisons peuvent avoir lieu, quoique cette restriction ne soit généralement prise en compte que par les modèles de planification opérationnelle. La caractéristique la plus importante est toutefois la distribution de la demande associée aux clients. La distribution de la demande donne de l'information sur la quantité ou le volume de chaque produit qu'un client attend pour chaque période de temps, ainsi que le prix qu'il est prêt à payer pour le produit. La distribution de la demande utilisée par le modèle peut être déterministe ou stochastique. La demande est dite déterministe quand le modèle sait à l'avance quelle sera la demande pour chacun des points de demande. La demande est stochastique lorsqu'elle est générée aléatoirement dans le temps et change à chaque exécution du modèle.

La distribution de la demande peut varier considérablement selon le comportement d'achat du client. Dans l'industrie des produits forestiers, deux modèles de demande peuvent en général être observés : la demande basée sur les contrats et la demande du marché instantané. La demande du marché instantané est reliée à la disponibilité et au prix, alors que la demande des contrats est plus stable et corrélée au taux de consommation du client. De plus, la demande basée sur les contrats est souvent limitée par un contrat à long terme qui définit les volumes annuels et périodiques de la demande.

Certains modèles seront stricts sur la satisfaction de la demande. L'objectif de ces modèles est de minimiser le coût de satisfaction des besoins du client (demande). D'autres modèles essaieront d'optimiser le profit à partir de la demande maximale attendue de la part des différents clients.

Une dernière remarque : selon les limites du système, le client peut être un partenaire dans le réseau de création de valeur ou même une installation faisant partie d'une entreprise intégrée verticalement.

5.1.5 L'approvisionnement

L'approvisionnement fait référence à la source de matière première ou de produits qui entre dans le système qui est modélisé. En termes plus généraux, c'est une ressource disponible en quantité limitée à un moment donné, qui est utilisée par certains procédés modélisés. L'approvisionnement est généralement situé à la frontière du système qui est modélisé. Sur le plan du réseau de création de valeur dans son entier, l'approvisionnement peut être lié au plan de récolte. Lorsqu'on modélise une seule usine de pâte, l'approvisionnement peut être la quantité de copeaux en provenance de différents fournisseurs disponible dans le temps. Le moment, l'origine et la quantité de matière première à livrer peuvent être le résultat d'une décision stratégique effectuée à l'aide d'un modèle de chaîne logistique.

Étude de cas 3

Modèle intégré pour la conception d'une scierie et le choix de la stratégie de production

L'objectif du projet piloté par Marier *et al.* (2009) était d'évaluer les décisions dans la conception d'une scierie canadienne et le choix d'une stratégie de production. Un modèle mathématique a été développé afin de choisir, parmi plusieurs possibilités d'investissement non exclusives, la combinaison qui maximiserait le profit de l'usine sur un horizon de planification d'un an. La solution du modèle pointait les meilleures stratégies de capacité et de réapprovisionnement à mettre en œuvre. Plus précisément, le modèle a généré un plan de production agrégé détaillant le volume du réapprovisionnement en billes, le volume de bois à sécher au séchoir à bois avec ou sans préséchage, la durée du séchage à l'air libre, le volume à sous-contracter pour le séchage et le volume à raboter. Le modèle a utilisé des familles de produits agrégées. Les installations, l'équipement, la stratégie de réapprovisionnement et les quarts de travail en vigueur à l'usine servent de référence dans l'évaluation des différentes stratégies d'investissement. Les stratégies d'investissement considérées étaient : une augmentation de la capacité de réapprovisionnement en bois de 100 000 m³ ; l'ajout d'un quart de travail de sciage et de rabotage ; une augmentation de la capacité de séchage à l'air libre de 50 % ; l'ajout d'un troisième séchoir et le remplacement de la bouilloire par une plus puissante.

Les résultats ont montré que l'ensemble des investissements considérés devraient être faits, à l'exception du séchage à l'air libre et le rabotage, pour lesquels aucun changement n'était recommandé. De plus, aucune sous-traitance du séchage n'était nécessaire, non plus qu'une nouvelle bouilloire. Cette nouvelle solution a permis une augmentation de la différence entre les coûts et les revenus de plus de 30 % par rapport au scénario actuel.

Réapprovisionnement	Sciage	Séchage à l'air	Séchage en séchoir	Séchoir sous-traité	Rabotage
-Actuel -+ 100 000 m ³	-Actuel -3 quarts	-Actuel - + 50 %	-Actuel -+ 1 séchoir -+ 1 séchoir et nouvelle bouilloire	-Illimité	-Actuel -2 quarts

Une autre analyse a été effectuée afin de vérifier si une légère augmentation de la capacité de rabotage apporterait des gains additionnels. Différentes productivités du rabotage ont été ajoutées à la planification des stratégies d'investissement, et la solution optimale suggérait une augmentation de la productivité du rabotage de 20 % ; celle-ci menait à une augmentation du gain financier de 2 % par rapport à la meilleure solution précédente.

5.2 Les composantes spécifiques du réseau de création de valeur de la fibre de bois

La section 5.1 a présenté les cinq composantes principales qui doivent être modélisées dans n'importe quel réseau de création de valeur. Cette section fournit plus de détails sur certaines composantes qu'on peut retrouver dans le réseau de création de valeur de la fibre de bois.

5.2.1 Les activités de transport

Les activités de transport sont une composante importante du réseau de création de valeur. Il importe donc de correctement les représenter en termes de moyens de transport, de capacité et de coûts.

5.2.1.1 *Les moyens de transport*

Les moyens de transport sont une ressource complexe à modéliser, parce qu'ils peuvent être soumis à plusieurs contraintes. À moins que le système analysé ne soit limité à une seule usine, le transport devra la plupart du temps être considéré dans la modélisation de chaînes logistiques.

Dans l'industrie des produits forestiers, trois principaux moyens de transport sont généralement utilisés : le camion, le train et le bateau/la barge. Chacun d'eux a ses propres contraintes.

Camions

Les camions ne sont pas tous adaptés au transport d'un produit donné. Les copeaux de bois nécessitent une remorque fermée. Des camions utilisés pour transporter des billes seront équipés d'une grue pour charger et décharger. D'autres camions sont multifonctionnels : ils peuvent aussi bien transporter des billes et du bois que des copeaux, le changement étant rapide et pouvant se faire sur la route. Chaque camion a une capacité précise (volume et poids du chargement) ; certains camions sont interdits sur les routes publiques en raison de leur taille. Un camion peut aussi être équipé d'un système central de gonflage des pneumatiques (CTI – *Central Tire Inflation*), qui permet à l'opérateur de varier la pression des pneus quand le véhicule est en mouvement. Un camion équipé d'un tel système exerce moins de pression sur la route et permet une meilleure répartition des charges lourdes. Ainsi, il est possible de

préserver les routes forestières et les autoroutes publiques des dommages causés par les lourds chargements des camions, tout en améliorant la productivité (Ross, 2005). La consommation de carburant constitue une part importante des coûts de transport ; elle varie selon le type de camion, la charge et les conditions de la route. Dans certains modèles tactiques ou stratégiques, une capacité moyenne est utilisée et aucune distinction n'est faite entre les différents camions (3 essieux, 4 essieux, train double de type B, etc.). À ce niveau d'agrégation, c'est le moyen de transport qui importe et non les caractéristiques de chaque camion.

Train

Encore une fois, selon les produits à transporter, différents types de wagons peuvent être utilisés et, conséquemment, différentes caractéristiques doivent être prises en compte par le modèle. Par exemple, les billes et le bois sont généralement transportés dans différents types de wagons plats, alors que la pâte, le papier et les panneaux sont transportés dans des voitures fermées ayant différentes configurations. Selon le type de wagon, les opérations de déchargement ne seront pas les mêmes (par le haut, le bas ou l'arrière) (CN). Si l'usine n'est pas directement reliée à une ligne de chemin de fer, il peut être nécessaire d'utiliser plus d'un moyen de transport, comme le camion et le train. On parle alors de transport multimodal. Le transport ferroviaire est choisi essentiellement pour son bas coût et le grand volume qui peut être transporté sur de longues distances.

Bateau/barge

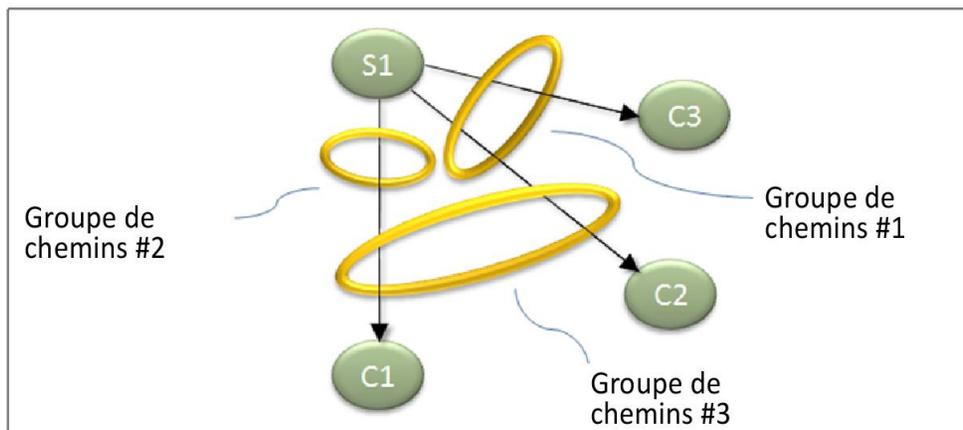
Pour livrer des produits du bois outre-mer, on doit utiliser des bateaux. Les produits sont placés dans des conteneurs maritimes de 20 ou 40 pieds et chargés sur des bateaux dans différents ports du Canada et des États-Unis. Le bois d'œuvre, les panneaux, la pâte et le papier sont des exemples de produits expédiés de cette manière. Selon la destination, les délais peuvent varier de façon notable. Des barges sont aussi utilisées localement pour le transport des produits forestiers. Elles ont une capacité de charge énorme tout en consommant moins d'énergie, puisqu'un grand nombre de barges peuvent être remorquées en même temps par une seule unité motorisée (Boardman et Malstrom, 1999). Cependant, l'usage du transport maritime par barge est limité, puisqu'il est habituellement très lent et qu'il dépend de la température.

5.2.1.2 La capacité de transport

Dans certains modèles (comme dans le modèle mathématique programmé « Deliver », voir Annexe 1), la capacité de transport est modélisée de la même façon pour tous les modes de transport. Dans ce modèle, des groupes de chemins sont définis, qui consistent en une série

de trajets ou de paires origine/destination (voir Figure 32). Pour chaque groupe de chemins, une limite est établie sur le nombre de véhicules d'un type de transport donné qui peuvent circuler sur ce groupe de chemins pour une période donnée. Par exemple, on pourrait fixer à 18 le nombre maximal de wagons pouvant circuler sur le groupe de chemins n° 1 pour les périodes 4 à 6. Cette modélisation est utile lorsque les sites sont limités par les infrastructures.

Figure 32
Concept des groupes de voies, tel qu'utilisé par le modèle « Deliver »

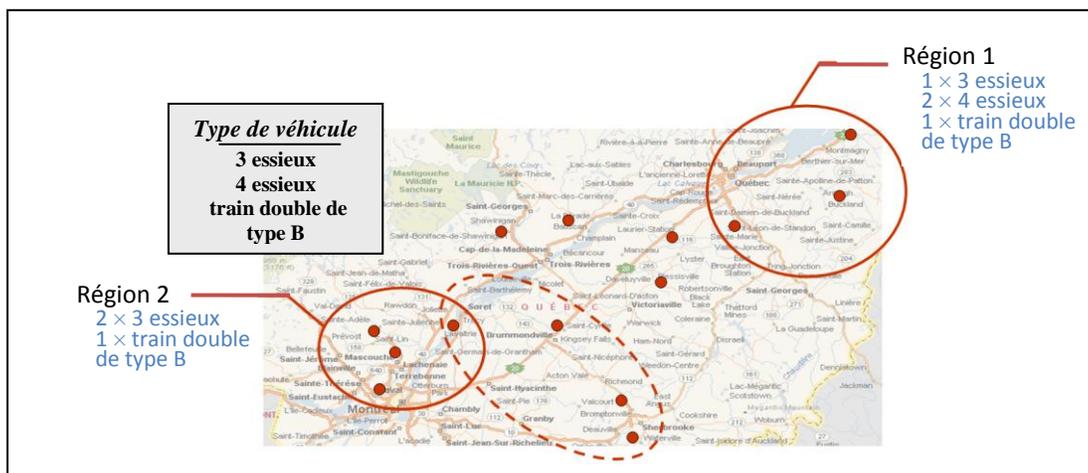


Modéliser la capacité de transport en utilisant le nombre de véhicules implique certaines conditions : pour chaque mode de transport (camion, train, bateau, etc.), il doit être possible de déterminer la quantité de chaque produit qui doit être transporté en utilisant chacun des différents modes. Dans le cas de « Deliver », un facteur de conversion est donné pour chaque combinaison produit–moyen de transport.

Camion

Certaines compagnies possèdent leur flotte de véhicules, mais la plupart du temps, elles engagent des transporteurs indépendants. La modélisation de la capacité de transport est donc un défi puisqu'il n'y a aucun contrôle ni informations centralisés sur la disponibilité des différents types de camions. Une façon de modéliser la capacité des camions est d'estimer le nombre de véhicules de chaque type qui peuvent être loués dans chaque région. Cette méthodologie a été utilisée dans le développement du gestionnaire virtuel de transport (VTM) par FPInnovations-Feric et FORAC (Figure 33).

Figure 33
Capacité régionale, telle que définie dans le VTM



5.2.1.3 Les coûts de transport

Tout comme pour les installations, les coûts de transport incluent des coûts fixes et des coûts variables. De multiples approches peuvent être utilisées pour modéliser les coûts de transport, dont la complexité varie. Les approches les plus détaillées utilisent un taux horaire par type de camion et un coût de carburant qui varie selon le poids du véhicule et la distance parcourue. Le Tableau 4 montre les taux horaires suggérés par FPInnovations-Feric en 2004 pour différents types de camions.

Tableau 4
Taux horaire fixé (\$) pour différents types de camions

Classes de coûts			Sans équipement de chargement		Avec équipement de chargement	
	10 roues	3 essieux	4 essieux	Train de type B	4 essieux	Train de type B
Salaires et avantages	22,74	22,74	22,74	22,74	22,74	22,74
Coût d'entretien	7,57	10,40	10,90	11,35	13,20	13,65
Coût d'acquisition	10,23	13,03	13,55	14,03	15,54	16,02
Total des coûts fixes	40,54	46,17	47,19	48,12	51,48	52,41

Pour estimer la durée du voyage, la vitesse du camion donnée au Tableau 5 peut être utilisée.

Tableau 5
Vitesse moyenne des camions (km/h) sur différents types de route

	Types de route				
	Pavée	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Opération
Camion vide	80	75	50	40	20
Camion chargé	75	65	45	35	20

Le taux de consommation, et donc le coût en carburant, suit une équation linéaire ($A + Bx$) qui exprime la relation entre le poids du véhicule et la consommation de carburant pour quatre classes de routes (Tableau 6). Les équations présentées dans le Tableau 6 peuvent être utilisées indifféremment pour des camions pleins ou vides. Les origines et les pentes pour les équations linéaires de consommation ont été définies par FPInnovations après plusieurs simulations avec Otto (leur outil de prévision de la performance du camionnage) sur différentes routes canadiennes avec neuf types de camions couramment utilisés dans les opérations forestières canadiennes. Selon ces équations, un camion de 20 tonnes vide consomme $15 + (1,06 \times 20) = 36,2$ l/100 km sur une route pavée.

Tableau 6
Équations linéaires pour le calcul de la consommation de carburant (l/100 km) selon le poids du véhicule (tonnes)

Consommation de carburant (l/100 km)				
	Types de route			
	Pavée	Primaire	Secondaire	Tertiaire
Origine (A)	15	21	17	11
Pente (B)	1,06	1,10	1,55	2,03

La consommation du camion en marche au ralenti est estimée à 4 l/h et à 7,5 l/h quand l'équipement de chargement intégré est en marche.

L'approche ci-dessus est utile quand l'entreprise possède sa propre flotte de véhicules ou quand il n'y a pas de coûts prédéfinis disponibles auprès des transporteurs. Lors de la négociation avec les transporteurs, l'approche suivante peut être utilisée. Les transporteurs ont généralement un taux de base pour le transport entre des paires origine/destination données, qui varie selon l'essence du bois. Ce taux de base est un coût à la tonne, pour une charge pleine. Afin de tenir compte du coût du carburant, ce taux de base est augmenté d'un pourcentage qui varie selon l'échelle de distances et le moyen de transport. Ce pourcentage peut être mis à jour sur une base hebdomadaire. Le Tableau 7 donne un exemple de l'augmentation du pourcentage pour le carburant pour une semaine donnée.

Tableau 7
Augmentation du pourcentage du coût en carburant dans le taux de transport de base
entre des points d'origine/destination

Distance (km)	Train (%)	Camion (%)
0-150	0,14885	0,2977
150-350	0,19505	0,3901
350 et plus	0,24640	0,4928

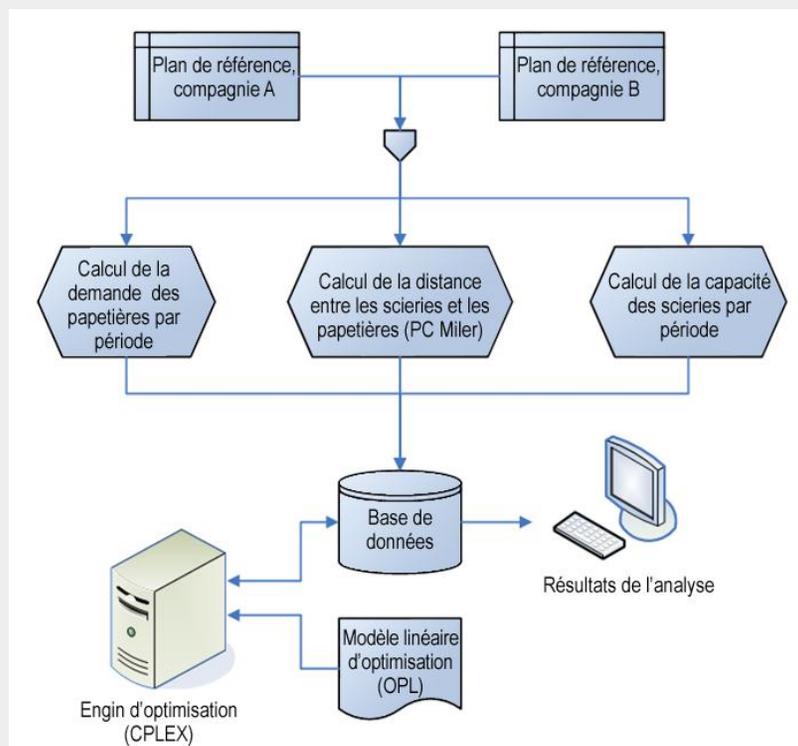
Si, par exemple, un transporteur a un taux de base de 34,66 \$/tonne métrique pour le transport des billes d'épinette entre Chibougamau et Beaupré, une distance 388 km, l'augmentation du taux de base pour tenir compte du carburant sera $0,4928 \times 34,66 \$ = 17,08 \$/tonne$ métrique. De là, le coût par tonne métrique utilisé sera $34,66 \$ + 17,08 \$ = 51,74 \$/tonne$ métrique.

Étude de cas 4

Approvisionnement en copeaux d'une entreprise intégrée de pâtes et papiers

Cette étude réalisée par Marier *et al.* (2009) avec deux entreprises canadiennes de pâtes et papiers visait à explorer le gain potentiel d'une collaboration mettant en jeu le partage de copeaux.

L'approvisionnement en copeaux représente une large part du coût de production des pâtes et papiers. L'objectif était, par conséquent, de vérifier si les coûts de transport pouvaient être réduits par le partage de différentes essences de copeaux entre deux compagnies. Pour atteindre ce but, un modèle de planification intégrée minimisant les coûts de transport a été développé et comparé avec les modèles de planification de chacune des compagnies.



Les résultats ont montré que le partage de copeaux pourrait réduire les coûts de transport **de plus de 5,25 %**. De plus, dans le volume total de copeaux pouvant être partagé, **12 % a été partagé dans la solution optimale, ce qui représentait 3,3 % du réapprovisionnement total** d'une des compagnies et **9,0 % de l'autre**.

Une deuxième étude a été réalisée pour évaluer les bénéfices de la mise en place de l'outil actuel dans la pratique (au lieu des feuilles Excel). Les résultats initiaux sont prometteurs, mais l'étude est toujours en cours.

5.2.2 Les procédés de transformation clés

Certains procédés de transformation clés ont aussi besoin d'être modélisés plus en détail.

5.2.2.1 *Le procédé de récolte*

La récolte comprend les principales étapes suivantes (D'Amours *et al.*, 2008). Les arbres sont coupés et les branches sont enlevées (ébranchage). Ensuite, les arbres sont tronçonnés en billes de dimensions et de qualité spécifiques, en forêt ou bien dans le parc à grumes d'une scierie.

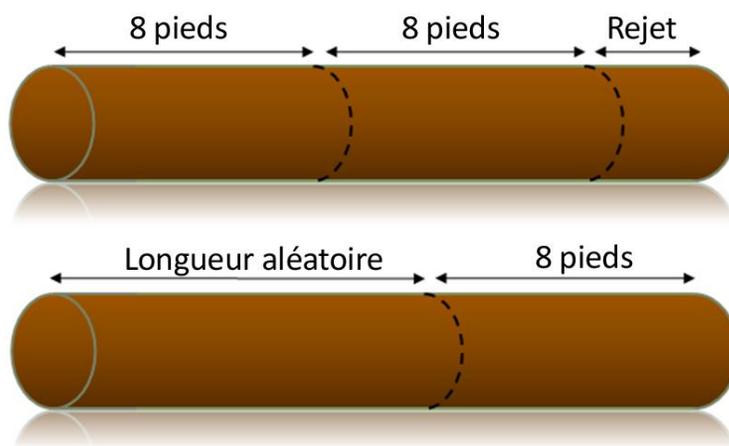
Au cours des dernières décennies, plusieurs systèmes de récolte ont remplacé des méthodes plus primitives en réponse aux forces motrices qui y prévalaient. L'équipement est hautement mécanisé et souvent multifonctionnel (Industrie Canada). Dans l'est et le centre du Canada, les systèmes de coupe par arbres entiers sont à la baisse et sont remplacés par des systèmes par bois courts. Cependant, dans l'intérieur de la Colombie-Britannique et dans les provinces des Prairies, la récolte par arbres entiers domine encore. Ces systèmes utilisent habituellement des abatteuses-groupeuses sur chenilles avec têtes d'abattage à scie pour la récolte, suivie d'un débardage par grappin, pince portante ou câble, selon les conditions du site (Industrie Canada). L'ébranchage et le triage sont habituellement effectués en bordure de route. La méthode de récolte par bois courts, aussi appelée par bois tronçonnés, utilise généralement des abatteuses-façonneuses à tête multifonctionnelle, des façonneuses à la souche et des porteurs de bois courts. Ce système est principalement utilisé dans les forêts mixtes et feuillues.

Les grumes ou billes sont alors transportées aux usines ou à des sites d'entreposage temporaires. La planification globale combine généralement la récolte et le transport.

5.2.2.2 *Le procédé de tronçonnage*

Le tronçonnage consiste à couper des tiges en billes plus courtes. L'optimisation du tronçonnage fait référence au procédé de production de billes atteignant le maximum de valeur à partir des tiges (Figure 34). La valeur d'une bille est liée aux produits qu'on peut en tirer. Elle est connue dans une certaine mesure à partir de la classe de la bille, puisque chaque classe peut être associée à un ensemble de produits. Il y a plusieurs façons de classer les billes, mais on considère généralement la longueur, le diamètre et la qualité.

Figure 34
Illustration de deux patrons de tronçonnage



Cette opération peut être effectuée à différents endroits selon l'équipement de récolte, les caractéristiques du peuplement ou les conditions de terrain (Beaudoin, 2008). Lorsque le tronçonnage a lieu sur le site de récolte, le coût de transport devrait être considéré, puisque certaines scieries possèdent de l'équipement hautement spécialisé pour transformer certaines classes de billes avec un très haut rendement. Les machines à haute performance peuvent produire des billes de plus grande valeur, mais les coûts de transport vers les scieries spécialisées peuvent réduire les bénéfices attendus. Il est aussi important de mentionner que la variation des prix et de la demande dans le temps influence les patrons de coupe optimaux.

Un dilemme classique dans l'optimisation du tronçonnage des arbres est que, pour obtenir le meilleur résultat possible à l'échelle du peuplement, il est nécessaire, dans une certaine mesure, de faire des compromis sur l'optimisation des tiges individuelles (Uusitalo, 2007).

5.2.2.3 *Le procédé d'éclaircie*

L'éclaircie est une activité clé nécessaire à l'amélioration des taux de croissance, de la composition du peuplement, de la résistance aux insectes et aux maladies, de la qualité des habitats, etc. Cet outil de gestion de la forêt améliore également les capacités de la forêt à survivre aux feux. Le retrait d'arbres sélectionnés dans un peuplement permet aux arbres restants de croître plus rapidement. Lorsque les arbres d'un peuplement grandissent, ils en viennent à occuper tout l'espace disponible, évincent les plus petits plants et compétitionnent entre eux. À moins qu'une partie des arbres ne meure ou ne soit enlevée, les autres ne peuvent continuer à croître. L'éclaircie enlève les plus petits arbres avant que la croissance ne ralentisse et garde des tiges d'avenir dont la croissance sera plus rapide (Oregon Forest Resources Institute).

Une opération d'éclaircie peut être effectuée de plusieurs façons selon les circonstances (voir le Tableau 8). Par exemple, les arbres récoltés peuvent être retirés du site et subir une transformation industrielle. Il s'agit alors d'une éclaircie commerciale. Les arbres peuvent aussi être conservés ou abattus selon leurs qualités individuelles. Cette technique est appelée éclaircie sélective. Pour sa part, l'éclaircie précommerciale ne produit pas d'arbres ayant une valeur commerciale et ne sert généralement qu'à améliorer la répartition des arbres.

Tableau 8
Différentes techniques d'éclaircie

Types d'éclaircie	Descriptions de la technique
Chimique	Éclaircie où les arbres à éliminer sont tués par empoisonnement avec un herbicide.
Commerciale	Éclaircie où les arbres récoltés sont destinés à une transformation industrielle.
Par le haut	Méthode d'éclaircie qui consiste à enlever les dominants et les codominants qui nuisent le plus aux tiges d'élite de ces deux classes de cime.
Libre	Éclaircie destinée à enlever les arbres afin de régler l'espacement entre les tiges et de favoriser les arbres recherchés au moyen d'une combinaison de critères qui ne tiennent pas compte de l'étage du couvert où les arbres se trouvent.
Par le bas	Éclaircie qui favorise particulièrement les dominants, en enlevant une proportion variable des arbres subordonnés.
Systématique	Éclaircie où les arbres à enlever sont choisis selon qu'ils se trouvent sur un rang donné, sur une bande ou à l'intérieur d'intervalles fixes.
Précommerciale	Coupe pratiquée dans un peuplement forestier immature et destinée à élargir l'espacement entre les arbres et à accélérer leur accroissement en diamètre.
En ligne	Éclaircie où les arbres sont coupés suivant des lignes ou d'étroites bandes situées à intervalles réguliers dans le peuplement.
Jardinatoire	Enlèvement des dominants afin de favoriser les dominés.
Sélective	Éclaircie au cours de laquelle les arbres sont conservés ou abattus selon leurs qualités individuelles.
Espacement	Éclaircie où les arbres à conserver sont choisis à intervalles fixes, tous les autres étant coupés.

Source : National Forestry Database.

5.2.2.4 *Le reboisement*

Le reboisement est le repeuplement avec un stock d'arbres indigènes des forêts existantes et des forêts qui ont été épuisées. Par reboisement, on peut aussi entendre le « boisement », c'est-à-dire la reconstitution des stocks sur des terres vierges d'arbres depuis longtemps. Les forêts ainsi créées ont des effets bénéfiques à la fois sur les écosystèmes et sur les ressources, et possèdent le potentiel pour devenir des puits de carbone importants.

Il existe deux types de reboisement : naturel et artificiel. Le reboisement naturel compte sur la capacité naturelle de la forêt à se régénérer elle-même et se produit lorsque la zone est laissée à elle-même. Les feux de forêt sont des désastres naturels communs après lesquels on laisse souvent agir le reboisement naturel. Le reboisement artificiel est la plantation de graines, de semis ou de jeunes arbres de façon manuelle ou mécanique par les humains pour restaurer une forêt qui a été récoltée.

5.2.2.5 *La gestion des perturbations naturelles de la forêt*

Les feux et les ravageurs (les insectes et plusieurs sortes de maladies) sont deux perturbations qui touchent les écosystèmes forestiers sur de grandes superficies. Au Canada, des millions d'hectares de forêt sont ravagés chaque année, avec pour résultat des pertes de millions de dollars de revenus pour les industries et les communautés qui vivent de la forêt. Par ailleurs, les feux et les ravageurs sont des composantes normales d'une forêt en santé et sont essentiels à la biodiversité. Les insectes nourrissent les oiseaux, et les feux créent des ouvertures, une diversité structurelle et des éléments spécifiques pour les habitats fauniques, comme les chicots debout et les gros débris de bois qui logent plusieurs espèces d'animaux, de plantes, de champignons et d'autres organismes (Ressources naturelles Canada). Par conséquent, des stratégies à court et à long termes doivent être mises en œuvre pour protéger la forêt de façon saine. Des exemples d'opérations pouvant faire partie de ces stratégies sont de couper et de brûler individuellement les arbres infestés, de récolter les peuplements fragiles avant qu'ils ne soient attaqués ou d'avoir un programme de prévention des feux de forêt.

5.2.2.6 *La conception et la construction de chemins forestiers*

Les chemins forestiers sont le principal moyen d'accéder aux forêts pour la récolte du bois, les loisirs et la randonnée. Puisque les routes sont destinées à durer, leur emplacement doit être choisi avec soin pour éviter des problèmes de maintenance à long terme, pour réduire les possibilités de dégradation de la qualité de l'eau et pour minimiser les coûts sur le court et le long termes (Wiest, 1998). La planification et la localisation sont les aspects les plus importants du développement des routes. La clé est de recueillir autant d'information que possible sur la zone à laquelle on doit accéder, afin de concevoir un chemin qui tiendra compte des caractéristiques du terrain. Puisque les chemins forestiers constituent la principale cause de l'érosion engendrée par l'exploitation forestière (Ochterski, 2004), ils doivent être construits avec précaution. Ils sont généralement classés en trois principaux groupes : les routes temporaires, les routes permanentes saisonnières et les routes permanentes toutes saisons. Les routes temporaires sont construites pour un usage à court terme relié à une opération précise comme la récolte du bois. Ces routes ne sont utilisées que

lorsque le sol est gelé ou solide. Les routes permanentes saisonnières sont maintenues comme une composante du système routier permanent, mais là encore, elles sont conçues pour n'être utilisées que lorsque le sol est gelé ou solide. Les routes permanentes toutes saisons sont conçues pour un usage durant toute l'année. Cependant, il peut y avoir des restrictions d'utilisation en vigueur à différentes périodes de l'année. Les routes doivent être construites pendant la période de l'année où on peut atteindre les meilleurs résultats avec le moins de dommages à l'environnement (Oregon.gov). De plus, les routes nécessitent une inspection et un entretien réguliers pour en assurer un accès sécuritaire.

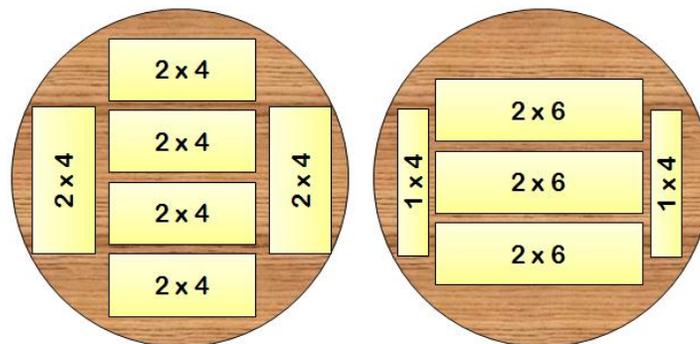
5.2.2.7 *Le procédé de déplacement de l'équipement*

Les déplacements de l'équipement sont une autre opération importante. Il est nécessaire de planifier le déplacement des différentes machines afin d'optimiser le temps de déplacement et la distance parcourue en fonction de la zone à récolter, du réseau routier et de l'endroit où les équipements sont stationnés. Le volume de bois pouvant être récolté varie selon le type de machine utilisé pour la récolte et, par conséquent, on doit tenir compte de la capacité variable de la machinerie.

5.2.2.8 *Le procédé de sciage*

Il n'y a pas deux billes qui donnent le même ensemble de produits. Comme montré dans la Figure 35, pour chaque classe de billes, il y a différents patrons de coupe. En tenant compte des objectifs de production (satisfaction de la demande, valeur du produit), le patron de coupe qui maximisera les revenus est déterminé pour chacune des billes qui entrent dans l'usine (Figure 36) à l'aide d'un logiciel.

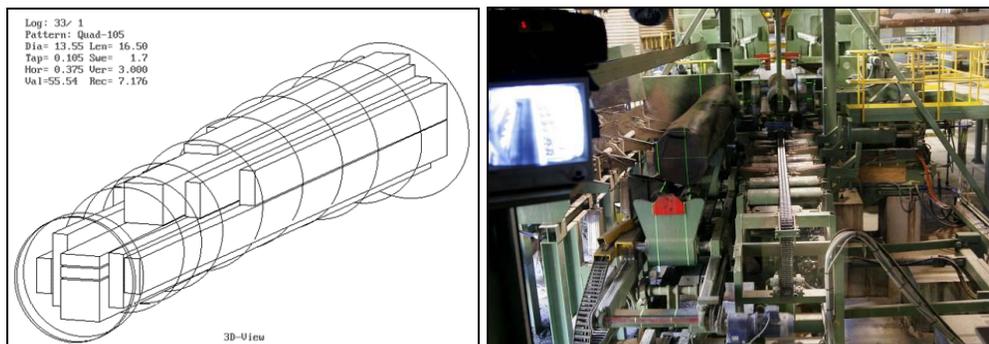
Figure 35
Deux patrons de sciage pour une même bille



Les décisions de découpe des billes sont cruciales, puisqu'elles ont un impact direct sur les revenus de l'usine. Scier une bille uniquement sur la base de la valeur individuelle des

produits n'est pas nécessairement le meilleur choix, puisque le produit ayant la plus haute valeur marchande n'est pas nécessairement celui qui se vend le plus ou au meilleur prix.

Figure 36
Utilisation d'un logiciel pour définir le patron de coupe optimal



Les billes peuvent être classées selon leur taille, leur essence et leur qualité. Il est possible de définir statistiquement l'ensemble de produits qui devraient être produits à partir d'une bille d'une classe donnée. Avec cette information, on peut déterminer quelle classe de bille est la mieux adaptée pour produire un panier de produits déterminé. Par conséquent, si la demande pour les produits de la scierie est connue, il est possible de choisir les billes qui satisferont le mieux la demande actuelle. Afin d'alimenter l'usine avec les billes appropriées, elles doivent être classées. Au Canada, le classement des billes est rarement utilisé, et lorsqu'il est implanté, c'est généralement avec un petit nombre de classes. En comparaison, les pays nordiques ont largement adopté le classement des billes à l'usine, avec un nombre de classes pouvant atteindre 100.

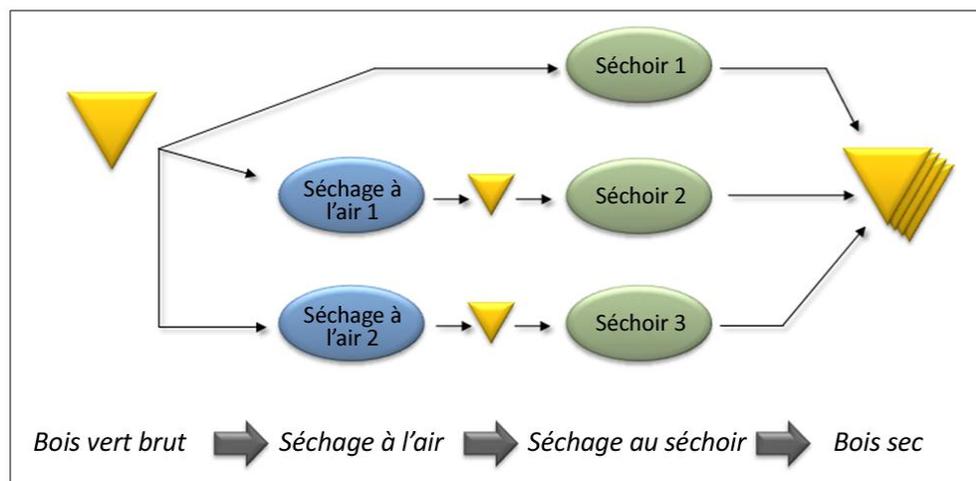
Dans les scieries modernes, la plupart des aspects du travail sont informatisés, avec une production variant de 100 MMpmp à 700 MMpmp (Wikipédia). Les sciures et les autres résidus industriels peuvent être vendus à d'autres usines fabriquant des panneaux de particules ou des produits dérivés, mis en granules ou utilisés pour chauffer les séchoirs à bois. Les installations de cogénération peuvent produire l'énergie nécessaire au fonctionnement et peuvent même envoyer un surplus d'énergie dans le réseau. Alors que l'écorce peut être moulue pour faire du paillis paysager, elle peut également être brûlée pour produire de l'énergie. Les plus grosses pièces de bois qui ne sont pas transformées en bois d'œuvre seront transformées en copeaux pour approvisionner les usines de pâte. Les sous-produits des scieries serviront aussi à la production de panneaux à copeaux orientés pour l'industrie de la construction, une option moins chère que le contreplaqué.

5.2.2.9 Le séchage du bois

Le séchage du bois est une étape de transformation visant à réduire le degré d'humidité du bois à un taux correspondant aux exigences du client. Ces exigences sont généralement définies par les standards de l'industrie, même si certains clients peuvent demander des niveaux d'humidité spécifiques. Le séchage du bois est un procédé par lots assez complexe qui prend plusieurs heures ; il est effectué dans de grands séchoirs. Dans certaines circonstances, des sections particulières de la cour à bois peuvent être réservées pour le séchage à l'air libre. Ce dernier, qui se fait avant le passage au séchoir, peut prendre plusieurs semaines ; il permet toutefois de réduire le temps en séchoir et la consommation d'énergie.

En résumé, le séchage du bois constitue un procédé de transformation en deux étapes qui comprend le séchage à l'air libre et en séchoir. Chaque combinaison possible d'opérations (comme chacun des chemins de la Figure 37) représente une possibilité de procédé qui fait un usage différent des ressources (séchoirs, espace de séchage à l'air, énergie).

Figure 37
Différents procédés possibles pour un même lot de bois



Pour le séchage à l'air libre, la principale différence entre les opérations possibles réside dans leur durée. Dans le cas des opérations en séchoir, elles diffèrent par leur température, leurs paramètres d'humidité et leur durée. Ces paramètres définissent un « programme de séchage ». Chaque programme de séchage peut être considéré comme une opération distincte. Le séchage à l'air libre a un impact sur le programme de séchage, puisque l'humidité du bois change selon la durée et les conditions de cette précédente opération de séchage à l'air. La principale répercussion est une diminution du temps de séchage et, par conséquent, une moindre consommation d'énergie.

Chaque programme de séchage implique une consommation d'énergie différente, et une scierie peut posséder des séchoirs de différentes tailles et technologies. Ajouter une étape de séchage à l'air libre rend beaucoup plus difficiles la planification des opérations de séchage selon la disponibilité du bois vert et celle du rabotage du bois sec. Malgré la complexité additionnelle de la planification d'opérations de séchage mixtes, les coûts à la hausse de l'énergie et la mauvaise performance des séchoirs traditionnels rendent très attrayante pour les usines l'idée de combiner séchoirs et séchage à l'air libre. Une autre tendance pour les séchoirs est d'utiliser les résidus de bois, même si plusieurs séchoirs dépendent toujours de l'électricité et du gaz naturel pour leur énergie.

Modélisation de la capacité d'un séchoir

Pour une même pièce de bois vert, le séchage peut être effectué dans un des nombreux, et probablement différents, séchoirs disponibles dans une scierie type. D'un point de vue stratégique ou tactique, il n'est pas pertinent de savoir quel séchoir sera utilisé, ni à quel moment dans une semaine précise. Ce qui importe est que, dans l'ensemble, l'entreprise ne planifie pas de sécher plus de bois que les installations ne le permettent. À ce niveau d'agrégation, la capacité des séchoirs pour une période est simplement la somme des capacités de chacun des séchoirs. La capacité de chacun est définie par le volume de bois qui peut être séché en un lot (Mmpm), multiplié par le nombre d'heures de disponibilité du séchoir pour la période. La capacité d'un séchoir peut changer d'une période à l'autre, selon sa capacité à fonctionner par temps froid.

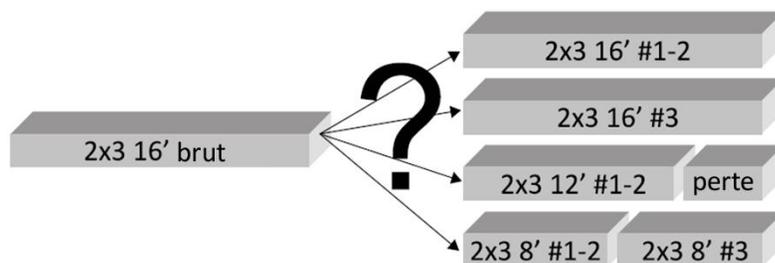
5.2.2.10 *Le rabotage du bois*

Une fois que le bois est sec, il peut subir une opération de rabotage qui vise à lui donner une épaisseur et un fini désirés. La largeur et la longueur peuvent aussi être modifiées à cette étape, et les décisions de classement final sont prises. Le temps de cycle de cette opération peut être déterminé par la vitesse de la raboteuse, laquelle a également un impact sur la qualité du bois raboté.

Le rabotage peut être effectué aussi bien sur du bois vert que sur du bois sec, mais cette dernière possibilité est plus courante. L'opération s'effectue généralement à la scierie, mais elle peut avoir lieu ailleurs si la capacité de rabotage de l'usine est insuffisante.

Tel qu'illustré dans la Figure 38, ce procédé peut donner plusieurs produits finaux. Chaque pièce de bois brut est optimisée en tenant compte de ses défauts. Il peut être séparé en deux morceaux ou tronçonné si cela permet d'enlever un défaut et d'ainsi augmenter sa valeur marchande. Parce qu'une grande quantité de bois d'œuvre est fabriquée chaque jour, il est possible de modéliser ce qui sort du procédé sous forme de pourcentage qui exprime la distribution attendue de la production en termes de caractéristiques finales du produit.

Figure 38
Exemples de produits finaux possibles à partir d'une pièce de bois brut



5.2.2.11 La fabrication des panneaux

Les matières premières requises pour la fabrication de panneaux à copeaux orientés sont des copeaux longs (lamelles), de la résine et de la cire. Les panneaux à copeaux orientés sont généralement produits en format de 4 pi × 8 pi et sont disponibles dans une gamme d'épaisseurs et de qualités. Des grumes sont utilisées en tant que matière première. L'écorce, les retailles de billes et les résidus de sciage sont utilisés comme carburant pour la production d'énergie. Les retailles et les résidus du sciage des panneaux et les excédents sont également utilisés pour la production d'énergie. Dans le procédé de fabrication des panneaux à copeaux orientés, la presse à chaud est le processeur clé qui contrôle la capacité de production (Figure 39) ; elle fonctionne généralement 24 h par jour, toute l'année.

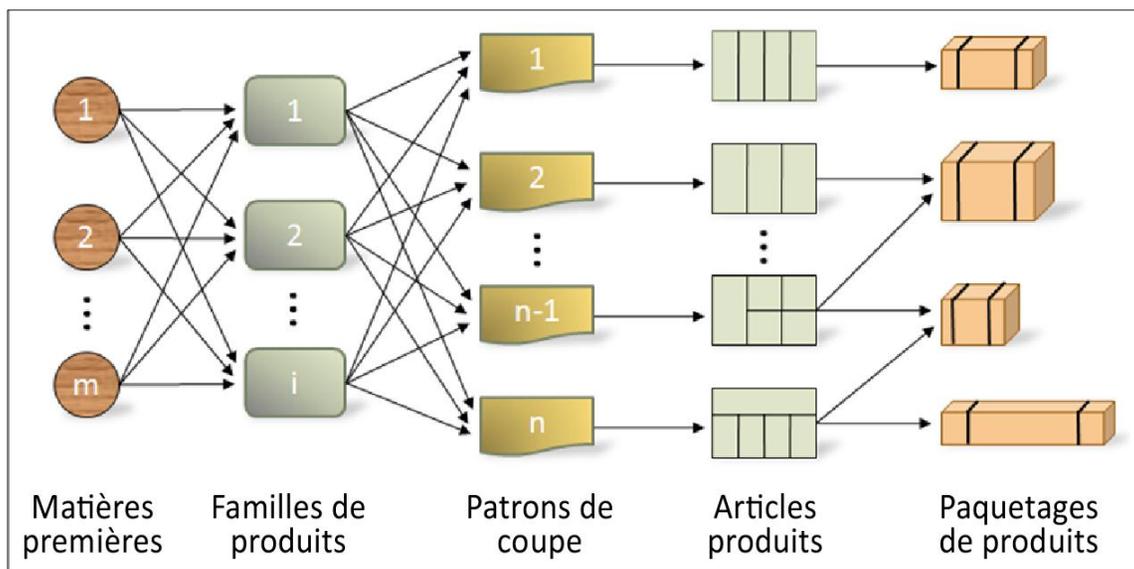
Figure 39
Illustration de presses à chaud



Dans une publication récente, Yan Feng *et al.* (2008) a décrit le procédé de fabrication des panneaux à copeaux orientés : « Sur la ligne de production, les billes de bois de différentes espèces sont insérées dans le système selon des proportions précises. Ces billes sont écorcées et déchiquetées en lamelles. Les lamelles sont triées et séparées en deux flux orientés et la matière de base est séchée selon différentes spécifications de contenu en humidité. Les

lamelles de bois séchées sont ensuite mélangées avec de la cire et différentes résines sous formes liquide et de poudre, qui sont spécialement formulées pour être utilisées dans les couches de cœur et de côtés. Le mélange de lamelles de bois est alors disposé en un matelas qui est pressé à hautes température et pression dans la presse à chaud afin de produire des panneaux structuraux bien stables et consolidés. À chaque cycle de pressage, on ne peut produire avec une charge de presse pleine qu'un lot de produits de la même famille. Ces panneaux sont alors coupés à différentes dimensions, emballés et entreposés. Chaque famille de produits a des propriétés physiques et mécaniques précises ainsi que des panneaux de dimension jumbo. En conséquence, chaque famille de produits requiert un mélange unique de matières premières et est fabriquée selon une séquence de pressage et un temps de cycle définis. Le changement d'une famille de produits à une autre nécessite des réglages de l'équipement, qui varient selon l'ordre dans lequel les produits sont fabriqués. Selon les patrons de coupe utilisés, différents panneaux coupés aux dimensions (« Articles produits », Figure 40) peuvent être fabriqués à partir des différentes familles de produits, puis emballés et vendus aux clients dans différentes régions. ».

Figure 40
Structure des produits de panneaux à copeaux orientés



Le panneau MDF est un type de panneau de fibre fait de bois ou d'autres matériaux lignocellulosiques, raffinés en fibres et reconstitués avec une résine liante (colle), le panneau étant consolidé sous pression à des températures élevées. La matière première forestière peut inclure pratiquement n'importe quelle essence de bois et pratiquement n'importe quel mélange d'essences de bois de faible qualité, de branches, d'arbres de petit diamètre, de bois dur, de bois résineux ou de résidus industriels du sciage et de récolte.

La fabrication de contreplaqué nécessite des billes de haute qualité, appelées billes de déroulage, qui sont généralement plus droites et d'un plus grand diamètre que celles transformées en bois d'œuvre. Les billes sont déroulées en feuilles de placage qui sont ensuite coupées aux dimensions désirées, séchées, massicotées, collées ensemble, puis consolidées dans une presse à 140 °C (280 °F) sous une pression de 19 MPa (2800 psi) pour former un panneau de contreplaqué. Le panneau peut alors être massicoté, redimensionné, sablé ou fini d'une autre façon selon le marché auquel il est destiné (Wikipédia).

5.2.2.12 *La fabrication de la pâte*

Les résidus générés lors de la production de bois d'œuvre ainsi que les billes récoltées spécifiquement pour fabriquer de la pâte sont écorcés et généralement déchiquetés en minces copeaux avant d'être transformés en pâte. Les copeaux sont alors criblés pour retirer les morceaux trop grands ou trop petits, et mis en pâte pour briser le tissu ligneux en fibres individuelles. Cela peut se faire mécaniquement ou chimiquement.

Dans une usine de pâte mécanique, un défibreur est utilisé pour raffiner les copeaux. Si le bois est broyé dans un défibreur scellé et pressurisé, la pâte est appelée pâte mécanique sous pression (PMSP). Si les copeaux passent seulement entre les disques de métal à rainures d'un raffineur, la pâte est dite pâte mécanique de raffineur (PMR). Si les copeaux sont étuvés alors qu'ils sont raffinés, on obtient de la pâte thermomécanique (PTM). Le traitement à la vapeur réduit visiblement la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication de la pâte et diminue les dommages à la fibre (coupes).

Les procédés chimiques de fabrication de la pâte comme le kraft (ou au sulfate) retirent une bonne part de la lignine et des hémicelluloses. Ces procédés utilisent une combinaison de températures élevées et de produits chimiques alcalins (kraft) ou acides (bisulfite) pour briser les liens chimiques de la lignine et extraire la cellulose.

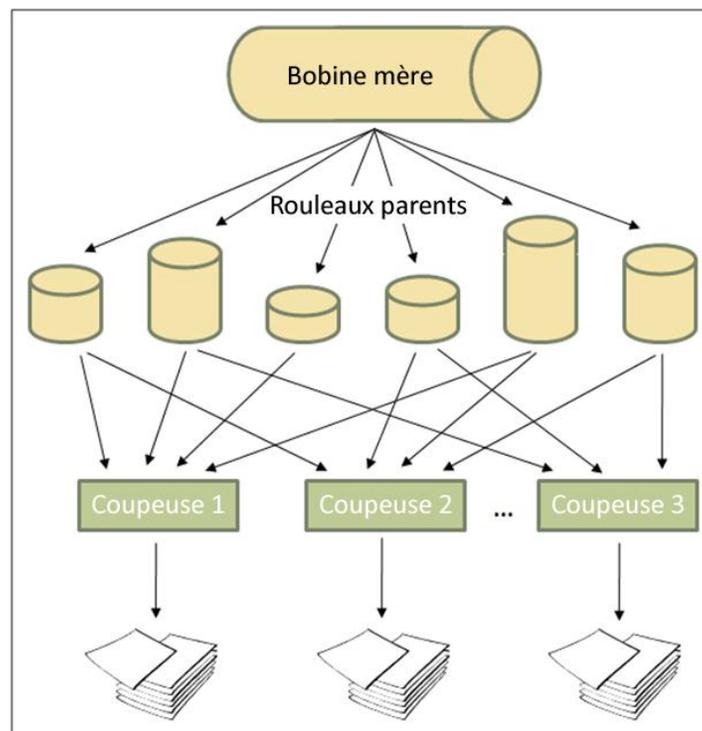
Chaque produit de pâtes et papiers possède son propre ensemble de recettes de fabrication possibles, qui décrivent les matières entrantes (copeaux et éléments non fibreux), la quantité de chacune des matières et le système de production utilisé pour fabriquer une classe de pâte ou de papier. Chaque recette est associée à un unique produit sortant. Dans la pratique, un ensemble de recettes de production adaptées est établi pour chaque classe de pâtes et papiers, sur la base des propriétés de la fibre entrante et des relations entre ces propriétés et les exigences du procédé. Ces recettes sont aussi limitées par la qualité désirée du produit sortant. Dans la modélisation d'une usine de pâte, le modèle choisira les recettes qui maximisent la création de valeur selon la demande pour chacun des produits et leur coût de fabrication, qui peut varier d'une recette à l'autre.

Alors que la qualité de la pâte est déterminée par les propriétés de la fibre, la qualité des copeaux et les conditions de transformation (Weigel, 2005), on peut constater que la nature de la demande a une influence sur le type et la qualité des copeaux à acheter. Il est même possible de remonter dans la chaîne logistique jusqu'aux systèmes de récolte, de classement des billes et de déchiquetage qui produiraient des copeaux de la qualité requise pour combler la demande pour les différentes qualités de pâte.

5.2.2.13 La fabrication des feuilles de papier

Les clients peuvent commander des feuilles ou des rouleaux de papier possédant différentes caractéristiques. Les caractéristiques du papier sont l'unité de poids, le fini, la couleur et le degré de blancheur. Tous les produits de papier fabriqués à partir de la même bobine mère possèdent les mêmes caractéristiques (Figure 41). Étant donné que le démarrage de la production d'une nouvelle bobine mère avec des caractéristiques spécifiques est une opération à la fois coûteuse et longue, la production est planifiée sur la base des prévisions de ventes par classe de papier.

Figure 41
Transformation du papier en feuilles à partir d'une bobine mère



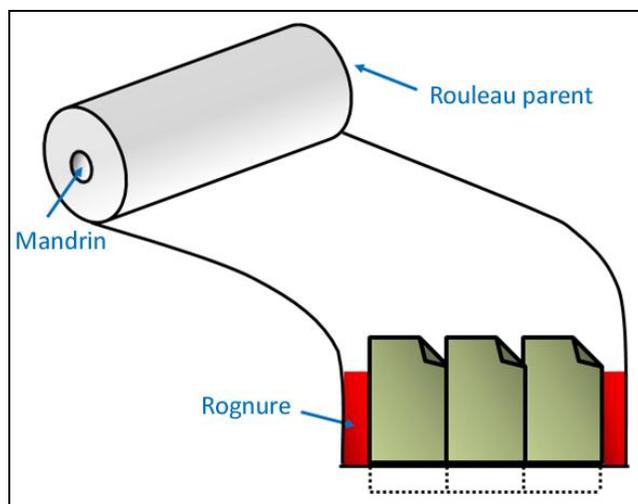
Source : adaptée de Bélanger, 2005.

À la fin du procédé de production de la bobine mère, celle-ci est coupée en rouleaux plus petits appelés rouleaux parents (Figure 41). Les rouleaux parents sont soit envoyés aux

clients, soit gardés en stock jusqu'à leur mise en feuilles. La demande pour des largeurs spécifiques de rouleaux, les contraintes des coupeuses et les prévisions de la demande de feuilles influencent le choix de la largeur des rouleaux parents. Quand un rouleau parent est coupé, les côtés sont rognés pour s'assurer que les bords des feuilles soient droits (Figure 42). Selon la grandeur des feuilles, les rognures peuvent être plus ou moins larges ; puisqu'il s'agit d'une perte, la largeur du rouleau parent devrait cependant être choisie avec soin afin de la minimiser. Étant donné qu'il existe une grande variété de tailles de feuilles de papier et que la demande n'est pas connue longtemps avant la date de livraison, les tailles de rouleaux parents à garder en stock doivent être choisies avec soin. Les coûts d'entreposage doivent aussi être pris en compte dans la décision.

La production des coupeuses est sujette à deux contraintes. D'un côté, une coupeuse donnée peut transformer uniquement des rouleaux parents d'une certaine gamme de largeurs avec un mandrin d'une taille précise. De l'autre côté, une coupeuse peut produire une seule taille de feuilles. La combinaison de ces deux contraintes fait de la planification de la production de rouleaux parents un problème très complexe.

Figure 42
Mise en feuilles d'un rouleau parent



Source : Zoundi, 2006.

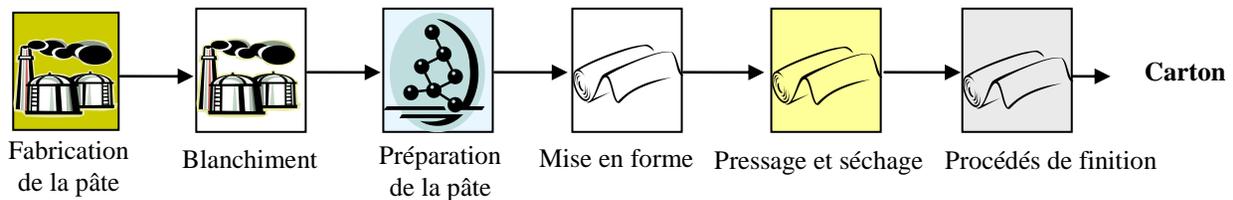
5.2.2.14 La fabrication du carton

(Source : IGGESUND)

La pâte peut aussi être utilisée pour fabriquer du carton (Figure 43). La pâte est d'abord blanchie, et la méthode employée varie selon plusieurs facteurs : le degré du changement de couleur requis, le choix des produits chimiques, la méthode de traitement et si les composantes colorées sont retirées (délignification) ou simplement changées de couleur. La

pâte est ensuite traitée de différentes manières en vue de l'utilisation par la machine à papier. Par la suite, la fibre en suspension dans l'eau est « mise en forme » en plusieurs couches sur un treillis métallique ou une toile de plastique en mouvement. La feuille combinée est alors pressée et séchée. Selon la résistance voulue, une solution d'amidon peut être appliquée sur la surface du carton. La feuille peut aussi passer à travers une série de lignes de contact entre des rouleaux d'acier pour améliorer son lissé et égaliser son épaisseur. En outre, une opération de couchage est nécessaire pour atteindre l'apparence, la couleur, le lissage et les propriétés d'impression voulus. Certaines machines sont équipées de dispositifs de finition plus poussés, comme le glaçage et le polissage. Le procédé final de la machine à papier est le bobinage du carton de la largeur de la machine en rouleaux de diamètres donnés.

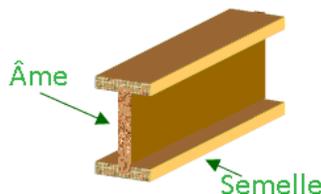
Figure 43
Procédé de fabrication du carton



5.2.2.15 La fabrication des poutrelles en I

Une poutrelle en I est un produit de bois d'ingénierie qui possède une grande résistance pour son poids et sa taille. Elle est conçue pour supporter de lourdes charges sur de longues portées en utilisant moins de bois qu'une poutre de bois massif destinée au même usage.

Figure 44
Composantes d'une poutrelle en I

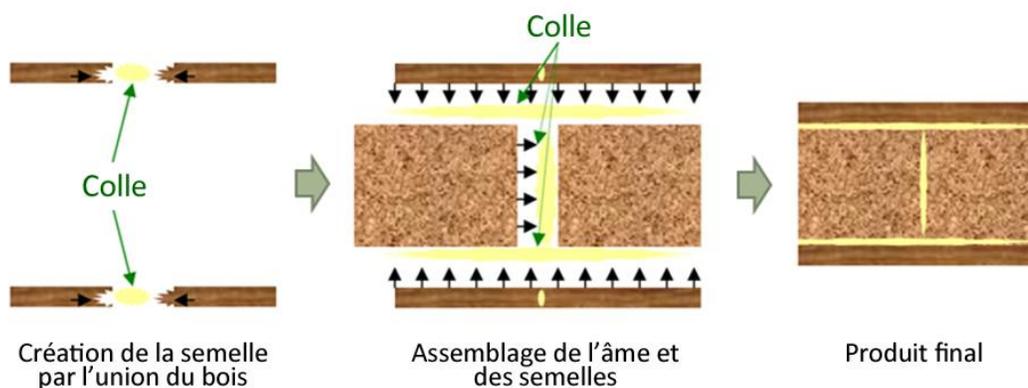


Une poutrelle en I comprend deux parties principales : l'âme et les semelles (Figure 44). L'âme est prise en sandwich entre la semelle du dessus et celle du dessous, créant la forme en « I ». La semelle peut être fabriquée de bois en placage stratifié (LVL), de bois massif ou de bois joint par entures multiples pour améliorer sa résistance. Elle est ensuite rainurée sur

un côté pour recevoir l'âme, qui est généralement constituée de contreplaqué ou de panneaux à copeaux orientés.

Une fois coupées à la longueur et à la largeur désirées, l'âme et les semelles sont assemblées sous pression avec un adhésif résistant à l'eau (Figure 45). Après l'assemblage initial, la poutrelle en I est rognée et laissée à reposer dans un four à température de la pièce pour équilibrer approximativement le contenu en humidité.

Figure 45
Fabrication des poutrelles en I



Source : Louazel, 2006.

Les poutrelles en I sont fabriquées en différentes tailles selon la charge et la portée envisagées. Leur profondeur peut varier de 9¼ à 24 pouces, et la longueur peut aller jusqu'à 80 pieds. Les poutrelles en I sont faites pour être utilisées en tant que poutres de plancher et de plafond dans la construction résidentielle ou commerciale.

5.2.2.16 *La production d'énergie à partir de la biomasse*

La biomasse peut se présenter sous forme solide, liquide ou gazeuse, permettant une large gamme d'applications. En ce moment, la majorité de la biomasse au Canada est achetée sous forme solide (comme les résidus de déchetage, la sciure de bois, les granules, le charbon, les déchets) et sous forme liquide (par exemple, l'éthanol et les lessives de pâte). D'autres formes liquides sont le méthanol (alcool de bois) et les huiles végétales.

La biomasse peut être brûlée pour produire directement de la chaleur et de l'électricité, ou elle peut être transformée par un procédé biochimique, catalytique ou thermique pour produire des combustibles liquides (comme l'éthanol et le biodiésel). Elle peut être digérée

ou gazéifiée pour produire des combustibles gazeux, ou pyrolysée pour produire des huiles de pyrolyse et des composés chimiques de haute valeur.

Il existe différentes technologies de transformation pour convertir diverses sources de biomasse en formes d'énergie variées (Tableau 9). CanmetÉNERGIE – un chef de file canadien dans la recherche et le développement des technologies de l'énergie propre – étudie principalement les technologies thermiques et thermochimiques, biologiques et biochimiques. Le tableau ci-dessous montre les différents usages de ces technologies.

Tableau 9
Utilisation des technologies de production d'énergie à partir de la biomasse

Technologies thermique et thermochimique	<p><i>Combustion</i> – Transformation des résidus forestiers, agricoles et domestiques en chaleur et en électricité dans des conditions respectueuses de l'environnement.</p> <p><i>Gazéification</i> – Transformation des résidus forestiers, agricoles et domestiques en gaz de synthèse.</p> <p><i>Pyrolyse</i> – Transformation des résidus forestiers et agricoles en biohuiles et en produits à valeur ajoutée.</p> <p><i>Transformation thermique et catalytique</i> – Transformation d'une gamme d'huiles végétales vierges et usées, de tallöl, d'huiles récupérées et des gras animaux en biodiésel et en additifs pour le diésel.</p>
Technologies biologique et biochimique	<p><i>Fermentation</i> – Transformation de l'amidon et de la cellulose des composantes de la biomasse en bioéthanol.</p> <p><i>Digestion anaérobique</i> – Transformation des fumiers, des déchets domestiques et des déchets de la transformation agroalimentaire en un riche biogaz.</p>

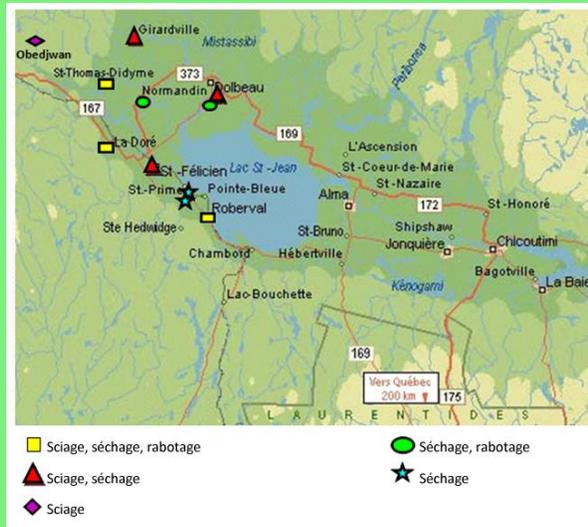
Source : CanmetÉNERGIE.

La technologie la plus utilisée est la combustion, qui transforme la biomasse en chaleur et en énergie.

Étude de cas 5

Maximiser le profit par la spécialisation des scieries et la conception de la chaîne logistique

Dans cette étude de cas réalisée par Marier *et al.* (2009), une grande entreprise de produits forestiers a voulu vérifier s'il serait profitable de spécialiser les équipements de rabotage de quelques scieries afin de transformer certains produits ciblés plus efficacement.



L'entreprise possédait plusieurs scieries dans la région du Lac-Saint-Jean, au Québec. Une partie de ces usines étaient équipées uniquement pour le sciage des billes. D'autres possédaient l'équipement pour sécher le bois, d'autres encore pouvaient le scier, le sécher et le raboter. L'étude comptait 11 usines de capacités et de procédés différents. De ces usines, 9 étaient la propriété de l'entreprise, 1 était un fournisseur partenaire uniquement pour le sciage, et la dernière était fournisseur de services pour les opérations de séchage et de rabotage. Un outil d'optimisation a été développé afin d'assigner le bois vert à sécher aux usines qui peuvent le sécher, et le bois sec aux usines qui peuvent le raboter, le tout de façon optimale. Puisqu'il était aussi possible de modifier l'équipement de rabotage pour améliorer la productivité, le second objectif était d'identifier la spécialisation des équipements de rabotage à réaliser à chacune des installations.

Le modèle d'optimisation fournit des solutions qui ont été comparées aux conditions existantes. Dans l'hypothèse de base, le réseau était incapable d'utiliser la totalité de la capacité des usines : malgré une moyenne d'utilisation de la capacité de séchage de 71 % et de 69 % de la capacité de rabotage, 9 % du volume potentiel de produits ne pouvait être transformé et vendu. À l'opposé, la solution optimale a transformé avec succès la totalité du volume potentiel, et la différence entre les coûts et les revenus a augmenté de plus de 14 %. De plus, l'utilisation de la capacité des usines a crû en moyenne de 11 %, puisque plus de bois était séché et raboté. À la fin de l'horizon de planification, il n'y avait aucun travail en cours ou en stock laissé dans le réseau.

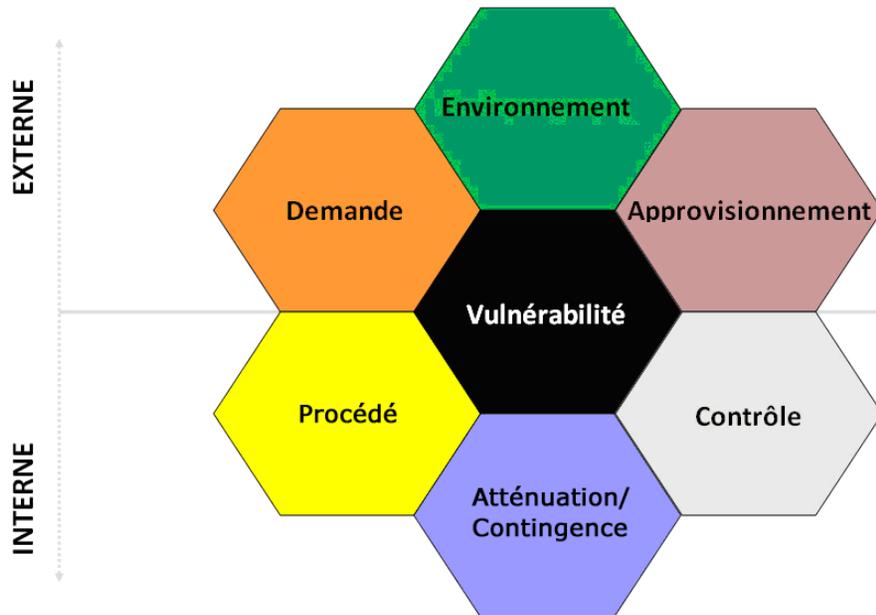
5.3 Éléments à considérer lors de la modélisation d'un réseau de création de valeur

Le facteur de l'incertitude est un autre élément critique qui doit être considéré lors de la modélisation d'un réseau de création de valeur. Étant donné qu'un réseau de création de valeur comprend généralement différents types de produits (donc, différentes courbes de demande et de prix), plusieurs usines, entrepôts et points de stockage partout dans le monde (dispersion géographique de l'entreprise) ainsi que de multiples échanges entre les unités d'affaires (échanges de produits, d'information, échanges financiers), plusieurs événements inconnus ou imprévus peuvent considérablement perturber le système. C'est pourquoi il est nécessaire d'identifier correctement ces problèmes tout autant que de mesurer leurs répercussions, afin de réduire la vulnérabilité du réseau de création de valeur.

5.3.1 Risque et incertitude

Le risque est un des principaux facteurs à considérer lors de l'analyse d'un réseau de création de valeur. Il peut être défini comme la variation potentielle du rendement qui peut causer une baisse de la valeur ajoutée de n'importe quelle cellule d'activité dans la chaîne, le rendement étant défini comme le volume et la qualité des produits en n'importe quel point dans l'espace et dans le temps dans un flux de chaîne logistique (Bogataj et Bogataj, 2007). Les sources de risque sont multiples et peuvent être classées en cinq principales catégories : le risque de la demande, le risque de l'approvisionnement, le risque de procédé, le risque de non-contrôle et le risque environnemental (Figure 46).

Figure 46
Illustration de différentes sources de risque



Source : DecisionCraft Inc.

Le risque de la demande est relié aux perturbations potentielles ou réelles du flux de produits, d'information et de transactions financières, provenant de l'intérieur du réseau, entre l'entreprise et le marché. Le risque de la demande peut être l'incapacité à satisfaire adéquatement le niveau de demande, en trop ou en moins (produits qui ne sont pas en demande, pénuries, etc.). Le risque de l'approvisionnement est l'équivalent du risque de la demande, mais en amont. Il est lié aux perturbations potentielles ou réelles du flux de produits ou d'information provenant du réseau, en amont de la compagnie visée. Par conséquent, ce risque est associé au fournisseur d'une entreprise, ou au fournisseur du fournisseur, étant incapable de livrer les matériaux dont l'entreprise a besoin pour satisfaire efficacement les exigences de temps. Le risque de procédé est le risque associé aux systèmes de production et de distribution, plus précisément la possibilité que les produits ne soient pas fabriqués à temps, avec la qualité et en quantité voulues (rendement). Le risque de non-contrôle est le risque qu'une déclaration inexacte ne soit pas détectée par les contrôles internes de l'unité d'affaires et le risque d'un contrôle inefficace du procédé de réapprovisionnement. Le risque environnemental est le risque associé à des événements externes et, du point de vue de l'entreprise, incontrôlables. Cela inclut les risques liés à l'environnement aussi bien que ceux liés aux humains. Des exemples de risque environnemental seraient le blocage de ports ou de dépôts, la fermeture de toute une zone industrielle à cause d'un incendie, ou des événements tels un tremblement de terre, une tornade, l'activité volcanique ou un acte terroriste.

Alors que les entreprises détiennent toutes les cartes pour leurs opérations quotidiennes (opérations de transformation et de contrôle), elles ne peuvent pas décider des règles du jeu pour les risques de la demande, de l'approvisionnement et les risques environnementaux. Cependant, peu importe le contexte, des stratégies peuvent être utilisées pour atténuer le risque. Par exemple, une gestion efficace des stocks peut protéger contre les risques de pénuries ou de détérioration des produits pendant le procédé et contre une demande finale excédant la production planifiée. Une capacité flexible peut contribuer à atteindre la souplesse requise pour satisfaire une demande stochastique. L'utilisation de plusieurs sources d'approvisionnement peut aussi être une bonne stratégie pour réduire la dépendance au fournisseur principal, et assurer l'approvisionnement continu en matériaux. Aussi, il est important de penser à différentes possibilités de distribution et de logistique afin de réagir rapidement lorsqu'un événement imprévu survient. Enfin, les ententes d'appui technique sont une autre bonne approche pour protéger le réseau contre les risques potentiels.

Le procédé impliqué dans la modélisation et l'analyse du réseau de création de valeur fournit une belle occasion d'identifier :

- quels risques peuvent avoir un effet sur le système ?
- quels risques sont les plus critiques ?
- quelle est la probabilité d'apparition de ces risques ?
- que doit-on faire pour diminuer ces risques ?
- quelles sont les conséquences de ces événements imprévus ?
- comment leur impact peut-il être réduit ?

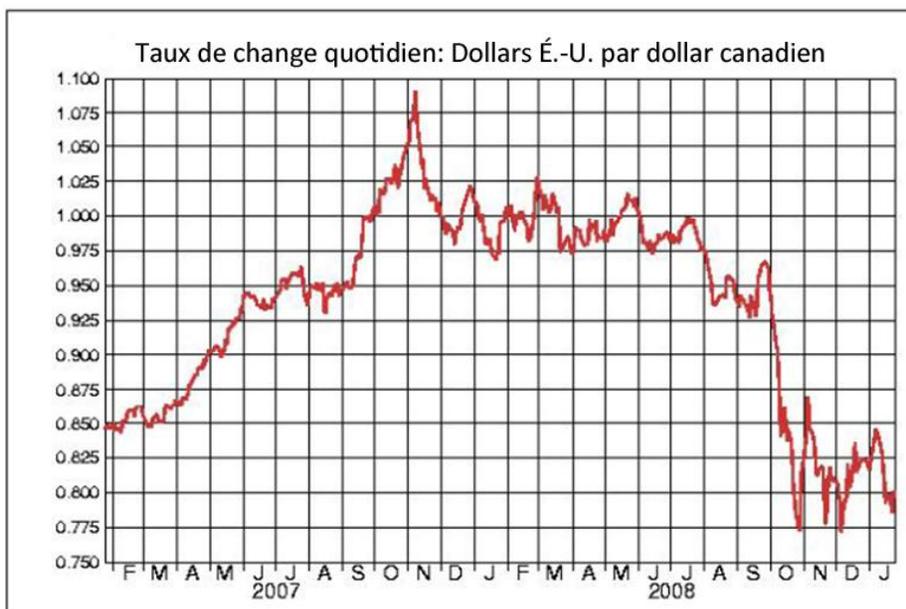
Des événements inconnus peuvent à l'occasion être simulés et différentes stratégies testées, afin de vérifier si le réseau de création de valeur est assez robuste pour leur résister. Cette analyse peut être utilisée pour recommander les actions à entreprendre pour réaliser une modification au design actuel ou pour établir de nouvelles stratégies de gestion.

5.3.2 Facteurs internationaux

Puisque généralement les compagnies de produits forestiers fabriquent, entreposent et vendent leurs produits à partir d'installations situées partout dans le monde, elles doivent tenir compte de plusieurs facteurs internationaux ayant une incidence sur la structure de leur réseau. Par exemple, les frais de douane sont basés sur le flux de marchandises ; ils doivent être considérés quand les produits traversent une frontière internationale. Des restrictions quantitatives (quotas) sur l'importation et l'exportation de certains produits doivent être considérées, puisqu'elles contribuent à restreindre le volume de produits échangé entre les pays. De plus, d'autres barrières telles que les règles locales sur le contenu, les barrières administratives et les contraintes écologiques peuvent avoir le même effet. Le taux de change est un autre élément clé qui influence considérablement les activités des

entreprises, et il peut varier de façon notable dans le temps (Figure 47). L'industrie canadienne des produits forestiers est très sensible à ce facteur, puisqu'elle exporte la majeure partie de sa production, principalement aux États-Unis. Pour atténuer les effets de la fluctuation des taux de change, les entreprises cherchent à redéployer leurs réseaux de production-distribution à l'échelle mondiale, se rendant ainsi moins vulnérables aux soudains changements de valeur du dollar canadien (Martel *et al.*, 2006).

Figure 47
Illustration des fluctuations quotidiennes du taux de change entre le dollar américain et le dollar canadien pour 2007 et 2008



Source : Martel, 2009.

En raison de la dispersion géographique des entreprises, la fixation des prix de cession interne est un autre facteur international qui doit être considéré (revoir la section 5.5.1 sur la valeur ajoutée pour une description plus détaillée de ce paramètre). Enfin, les impôts et les subventions varient d'un pays à l'autre, ce qui aura aussi un impact sur la détermination des emplacements des entreprises.

5.4 Approches de modélisation

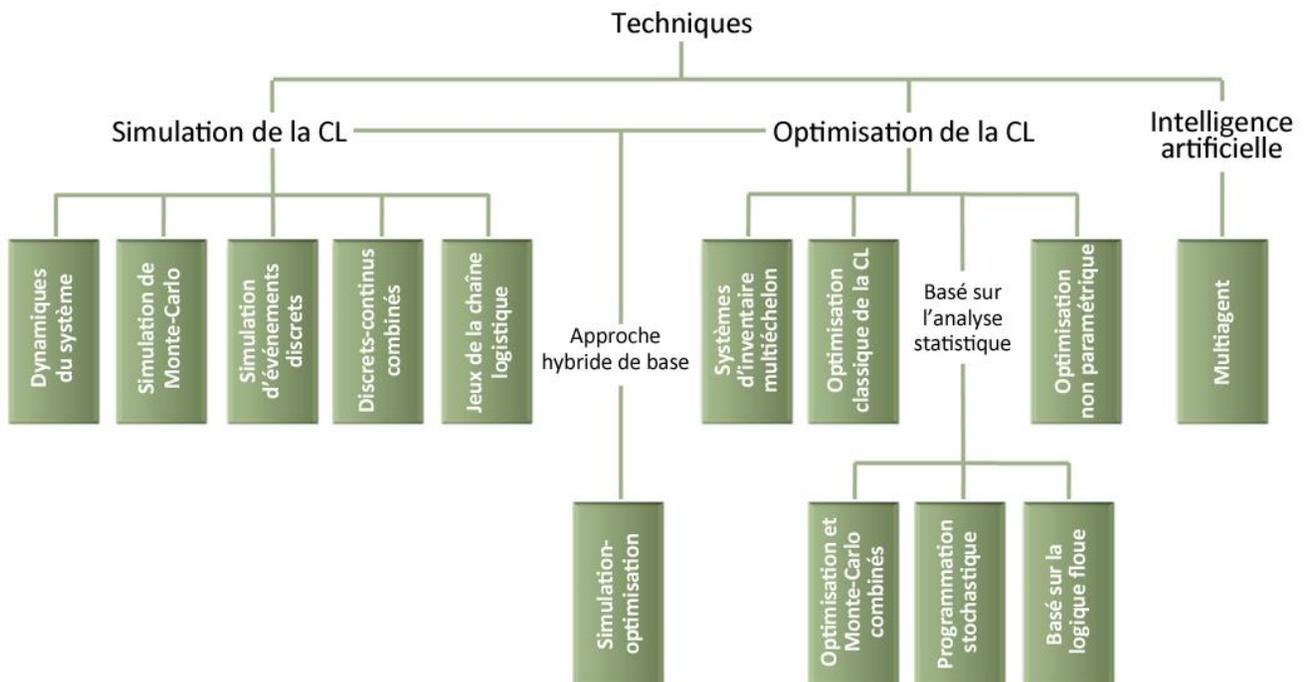
Un réseau de création de valeur est un système extrêmement complexe. Lorsqu'il est composé de plusieurs entreprises différentes reliées, il n'est pas toujours facile de l'analyser correctement. En outre, le comportement de chacun des membres du réseau n'est pas nécessairement prévisible, et un événement stochastique ou inconnu qui survient dans un

nœud du réseau peut influencer tous les autres nœuds. De plus, les organisations ont généralement leurs propres objectifs et processus décisionnels. Capturer l'entière complexité du système requiert une approche efficace pour modéliser et analyser correctement le réseau.

Toutes les approches de modélisation font appel aux composantes précédemment décrites (produit, procédé, processeur, etc.) pour trouver la meilleure façon d'organiser ces composantes dans le temps et dans l'espace afin d'atteindre un objectif précis, ou pour appliquer des règles qui dictent comment ces composantes devraient interagir, et voir comment le système se comporte.

De nombreuses techniques peuvent être utilisées pour représenter un système complexe. Elles peuvent être regroupées en trois principales catégories : modèles de simulation, modèles d'optimisation et intelligence artificielle (Figure 48) (Santa-Eulalia, 2009).

Figure 48
Classification des techniques de modélisation



5.4.1 Modèles de simulation

Un modèle de simulation peut être décrit comme une représentation mathématique des caractéristiques essentielles d'une situation réelle ou d'un système réel, qui peut être utilisée pour prédire le comportement sous différentes conditions (Bnet). Le processus de développement d'un modèle de simulation implique la description de la situation ou du

système à analyser, l'identification des variables associées ainsi que la description aussi précise que possible des relations entre ces variables.

Un modèle de simulation peut être déterministe ou stochastique. Les simulateurs déterministes sont principalement des calculateurs de coûts, dans lesquels les valeurs des variables structurelles telles que les flux de produits dans un réseau sont entrées dans le modèle qui, en retour, calcule les coûts, les statistiques de service et autres données pertinentes. Pour leur part, les simulateurs stochastiques essaient de reproduire les événements réels en utilisant les distributions de probabilité pour représenter l'incertitude des événements dans le temps et le niveau de variables des événements (Ballou, 2004). Ainsi, les simulations déterministes peuvent être utilisées pour évaluer le design réel du réseau d'une entreprise et établir une hypothèse de départ avec laquelle on pourra comparer de futurs designs optimisés du réseau, alors que les simulateurs stochastiques peuvent être utilisés pour démontrer les résultats de méthodes de planification, de choix de moyens de transport, de politiques de service à la clientèle, etc. Lorsque le problème est caractérisé par des éléments stochastiques (demande, prix, etc.), une simulation stochastique devrait être préférée à une simulation déterministe.

Les modèles de simulation peuvent être utilisés **pour étudier différents problèmes** tels que : à quel endroit construire un nouvel entrepôt ? Quelle quantité de produits garder en stock pour assurer un bon niveau de service à la clientèle ? Quel moyen de transport utiliser pour réduire les délais ? Les simulations permettent de capturer les dynamiques du système ; à partir de la distribution de probabilité, l'utilisateur peut modéliser des événements imprévus dans certaines zones et évaluer l'impact de tels événements sur la chaîne logistique. Selon le problème, un simulateur ou des langages de simulation peuvent être utilisés pour réaliser de multiples expérimentations sur le modèle du système.

5.4.2 Modèles d'optimisation

Les modèles d'optimisation sont basés sur des procédures et des formulations mathématiques spécifiques à l'évaluation des possibilités. Leur but est de **garantir que la meilleure solution, ou solution optimale**, au problème posé mathématiquement a été **trouvée** (Ballou, 2004). Ainsi, avec cette technique, il est possible de prouver mathématiquement que la solution donnée est la meilleure. Cependant, plus la complexité des problèmes croît, plus il est difficile d'obtenir une solution optimale avec un temps de calcul raisonnable. En conséquence, le niveau de détail de la description du problème doit être équilibré avec le temps nécessaire à la recherche de la solution.

Les modèles d'optimisation peuvent être classés en trois groupes : les systèmes d'inventaire multiéchelon, l'optimisation classique de la chaîne logistique et les méthodes basées sur l'analyse statistique.

Systemes d'inventaire multiéchelon

Un système d'inventaire multiéchelon s'occupe en général de l'optimisation des politiques de coûts et de service pour l'entreposage à plusieurs niveaux de la chaîne logistique (Santa-Eulalia, 2009). Ces approches sont dérivées de la théorie du contrôle des stocks, dans laquelle des modèles analytiques spécifiques sont utilisés pour déduire les politiques de stockage idéales.

Optimisation classique de la chaîne logistique

L'optimisation classique de la chaîne logistique est typiquement utilisée pour le design des usines, l'ordonnancement de la production et du séchage, la logistique de la distribution et la gestion des stocks. Cette technique utilise la programmation mathématique (linéaire, non linéaire, dynamique, en nombres entiers), l'énumération, les modèles d'ordonnancement, les modèles basés sur le calcul, les modèles de remplacement des équipements et les heuristiques.

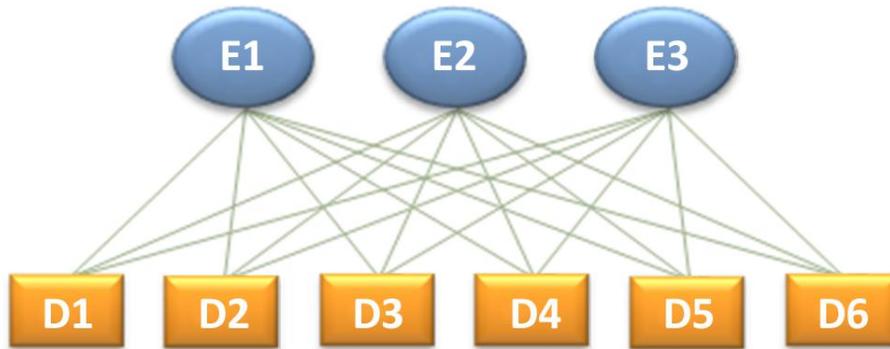
Méthode basée sur l'analyse statistique

La méthode basée sur l'analyse statistique peut utiliser au moins une variable inconnue, modélisée comme une fonction de distribution de probabilité (Santa-Eulalia, 2009), ou être basée sur la théorie des jeux, une technique mathématique couramment utilisée en sciences économiques. Elle peut être très utile pour analyser l'impact du comportement des entreprises aussi bien que l'importance du partage d'information. D'autres méthodes peuvent aussi être regroupées dans cette catégorie, comme les approches basées sur la programmation stochastique et les méthodes utilisant la logique floue.

5.4.3 Un exemple de programmation mathématique

Un exemple simple donnera un meilleur aperçu de ce que sont une fonction économique, une contrainte et une variable de décision. Supposons que nous ayons un réseau d'entrepôts qui fournit des détaillants (Figure 49) et que nous voulons déterminer quelle quantité d'un article donné devrait être acheminée de quel entrepôt vers quel vendeur afin de réduire les coûts d'approvisionnement. Les entrepôts ont une capacité d'approvisionnement limitée, mais peuvent fournir n'importe quel détaillant.

Figure 49
Réseau d'entrepôts fournissant des détaillants



Pour décrire mathématiquement notre problème, nous devons définir certains paramètres et variables. Commençons par ce qui est connu. Établissons que S_w est la capacité d'approvisionnement en articles de l'entrepôt w que D_v est la demande pour cet article du détaillant v . Aussi, T_{wv} sera le coût de transport (approvisionnement) d'un article de l'entrepôt w au détaillant v .

Les variables de décision représentent ce que nous ne savons pas, ce que nous cherchons. Dans notre problème, nous voulons déterminer combien d'articles seront acheminés de chaque entrepôt w à chaque détaillant v . Nous appellerons cette valeur x_{wv} .

Nous avons toute l'information pour écrire la fonction économique et les contraintes. Comme énoncé précédemment, nous voulons réduire le coût d'approvisionnement en articles des détaillants. Le coût d'approvisionnement peut être exprimé comme la somme (Σ), pour toutes les combinaisons entrepôt/détaillant, du nombre d'articles fourni multiplié par le coût de transport unitaire entre cet entrepôt et ce détaillant. Mathématiquement, cette fonction économique peut être exprimée comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{w \in W, v \in V} (T_{wv} x_{wv})$$

Deux ensembles de contraintes ressortent du modèle. Le premier exprime le fait qu'aucun entrepôt ne peut fournir plus d'articles que sa capacité. Énoncé différemment, la somme de toutes les expéditions d'un entrepôt w devrait être égale ou moindre que la quantité disponible à cet entrepôt (S_w). Donc, pour chaque entrepôt w dans l'ensemble de tous les entrepôts W , il y aura une contrainte de la forme suivante :

$$\sum_{v \in V} x_{wv} \leq S_w \quad \forall w \in W$$

Note : « $\forall w \in W$ » signifie pour chaque entrepôt w dans l'ensemble de tous les entrepôts W .

Le deuxième ensemble de contraintes garantit que chaque détaillant recevra la quantité requise d'articles, peu importe d'où ils proviennent. Donc, pour chaque détaillant v dans l'ensemble de tous les détaillants V , il y aura une contrainte de la forme suivante :

$$\sum_{w \in W} x_{wv} = D_v \quad \forall v \in V$$

Le modèle mathématique permet aussi des valeurs minimum ou maximum pour les variables de décision. Dans notre exemple, le nombre d'articles qui sont expédiés d'un entrepôt à un détaillant ne peut pas être négatif. Alors :

$$x_{wv} \geq 0 \quad \forall w \in W, \forall v \in V$$

En résumé, nous obtenons la formulation mathématique suivante :

Minimiser $\sum_{w \in W, v \in V} (T_{wv} x_{wv})$

soumis à

$$\sum_{v \in V} x_{wv} \leq S_w \quad \forall w \in W$$

$$\sum_{w \in W} x_{wv} = D_v \quad \forall v \in V$$

$$x_{wv} \geq 0 \quad \forall w \in W, \forall v \in V$$

5.4.4 L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle est une technique avancée utilisée pour résoudre des problèmes qui sont difficiles, voire impossibles, à résoudre avec un modèle monolithique (Santa-Eulalia, 2009). Elle fait partie des disciplines informatiques qui visent à donner des comportements humains aux ordinateurs. Le terme a été inventé en 1956 par John McCarthy du Massachusetts Institute of Technology (Webopedia). L'intelligence artificielle inclut, entre autres choses, la robotique, les réseaux de neurones et les systèmes à base d'agents. Avec ces approches avancées, il est possible de **résoudre des problèmes à un niveau expert en utilisant les connaissances et la logique de résolution de problèmes des experts humains.**

Les systèmes multiagents utilisent entre autres les capacités sociales, d'apprentissage de l'intelligence artificielle. Normalement, les agents intègrent une ou plusieurs techniques

d'optimisation et de simulation de la chaîne logistique pour accomplir leurs tâches, mais ils vont généralement au-delà en incluant d'autres questions, telles que les protocoles de négociation et des algorithmes d'apprentissage.

Agent et systèmes multiagents

Un agent est une abstraction pour représenter une entité complexe ; il est l'élément fondamental pour créer un système multiagent. Le concept est peut-être très populaire de nos jours, mais le définir n'est pas aisé, puisqu'il englobe des concepts de plusieurs domaines comme l'intelligence artificielle distribuée, l'informatique distribuée, la théorie des réseaux sociaux, les sciences cognitives, la recherche opérationnelle. Une des définitions les plus largement acceptées qu'on trouve dans la littérature est peut-être celle donnée par Jennings et Wooldridge (1998) : « un agent est un système informatique situé dans un environnement donné, et qui est capable d'action autonome dans cet environnement, afin d'atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu ». Wooldridge (1998) complète cette définition en détaillant quelques propriétés des agents :

- **l'autonomie** : l'autonomie se rapporte à la capacité d'agir sans intervention humaine ou provenant d'un autre système : les agents ont le contrôle à la fois de leur état et de leur comportement ;
- **la réactivité** : les agents sont situés dans un environnement. Un environnement peut être le monde réel, un usager (par une interface graphique), un groupe d'autres agents, Internet et, parfois, plusieurs de ces éléments combinés. De plus, les agents sont capables de percevoir cet environnement afin de répondre en temps opportun aux changements qui surviennent dans l'environnement ;
- **la proactivité** : les agents ne font pas que s'ajuster en réaction à leur environnement ; ils sont capables d'avoir un comportement orienté vers un objectif dans lequel ils peuvent prendre des initiatives ;
- **la capacité sociale** : les agents interagissent avec d'autres agents et ont normalement la capacité d'entretenir des activités sociales (résolution de problèmes de coopération ou de négociation, par exemple) afin d'atteindre leurs objectifs.

L'environnement d'un agent est normalement composé d'autres agents avec lesquels il interagit. Ces agents forment ensemble une société d'agents ou système multiagent. Ces agents peuvent travailler ensemble pour accomplir certaines tâches. Ils utilisent tous leurs compétences et leurs connaissances pour renforcer la capacité de résolution de problèmes.

Les agents utilisent des schémas d'interaction sophistiqués qui incluent des capacités de coopération, de coordination et de négociation. Afin d'accomplir ces interactions,

ils doivent communiquer. La communication utilise les principaux mécanismes suivants.

- **Le modèle de communication** : la façon dont les agents peuvent communiquer entre eux, le synchronisme des échanges d'information et le schéma d'interrelation entre les agents.
- **Le langage de communication des messages** : la définition d'un ensemble d'instructions et leur signification pour supporter le processus de communication.
- **Le langage de représentation des connaissances pour le contenu des messages** : ce type de langage établit les conditions de création de bases de données de connaissances et permet l'inférence du savoir par les manipulations des machines. Des connaissances diverses doivent être représentées, comme la connaissance du milieu, de l'environnement, de soi, etc.
- **L'ontologie** : la sémantique de la conversation. Elle définit les concepts utilisés dans un langage donné et décrit les relations logiques qu'ils entretiennent entre eux.

Dans le contexte des chaînes logistiques, la recherche opérationnelle (RO) et la technologie des agents peuvent être combinées pour capturer la complexité de la modélisation de la chaîne logistique. La RO propose un paradigme de modèle mathématique qui capture les relations complexes entre les variables de décision. En d'autres mots, la RO reconnaît les relations intrants-extrants d'un système de chaîne logistique et lie ces relations avec des mesures de performance et des possibilités de décisions.

Les agents peuvent aussi être utilisés pour modéliser le comportement des intrants/sortants du système. Lorsque le système devient trop complexe, différents agents réactifs peuvent être utilisés pour modéliser plusieurs de ses parties ; ensemble, ils modélisent le comportement du système entier. Ils peuvent par exemple modéliser des entités réelles, incluant des décideurs humains, et des entités artificielles, comme des unités organisationnelles ou des modules informatiques fonctionnels, afin de capturer des comportements plus complexes de la chaîne logistique.

Puisque la RO dispose d'un vaste bassin de littérature pour modéliser différents problèmes de la chaîne logistique, les deux approches (agents et RO) peuvent être utilisées de concert pour proposer des modèles justes et détaillés de chaînes logistiques. La façon intuitive de faire est alors d'encapsuler des modèles et des outils de RO dans les agents informatiques qui représentent des fonctions de planification ou bien des unités organisationnelles. Ces modèles et ces outils sont alors utilisés pour

modéliser une partie de la capacité décisionnelle des agents. Cependant, la capacité fonctionnelle d'utiliser ces outils en fonction de la situation doit encore être modélisée dans l'agent (Forget *et al.*, 2008).

Au cours des dernières années, FORAC a développé un tel environnement de planification et de simulation. Cette plateforme vise à déterminer la capacité d'analyser les dynamiques et de simuler différents scénarios de chaînes logistiques par la simulation, ainsi qu'à établir la capacité de planifier et de coordonner les opérations tout au long de la chaîne. Cela permet à l'utilisateur de comparer et d'évaluer différents modèles de planification, de mécanismes de coordination ou de configurations de la chaîne logistique, selon les mesures de performances qu'il a spécifiées (Frayret *et al.*, 2007).

5.4.5 Systèmes d'aide à la décision (SAD)

Toutes les techniques décrites ci-dessus peuvent apparaître quelque peu compliquées et difficiles à mettre en application. Elles sont pourtant régulièrement incorporées dans des systèmes d'information pour analyser et organiser l'information aussi bien que pour supporter les usagers dans la prise de décisions importantes (Ballou, 2004).

De tels systèmes sont appelés systèmes d'aide à la décision ; ils peuvent être décrits comme des systèmes informatiques conçus pour fournir une aide pour le choix et l'évaluation des différentes lignes d'action. Un SAD extrait des données de la masse de transactions et d'opérations d'une organisation, les analyse avec des techniques statistiques avancées pour en extraire de l'information significative et réduit la gamme d'options en appliquant différentes règles. Son objectif est de faciliter les analyses comparatives plutôt que de remplacer le jugement du gestionnaire (adapté de www.businessdictionary.com). Les procédures d'analyse des données peuvent aussi prendre la forme de procédures d'optimisation. Dans un système d'aide à la décision bien conçu, l'utilisateur peut d'abord utiliser l'outil pour obtenir une réponse préliminaire, puis interagir avec le système pour y ajouter ses données afin d'arriver à une solution au problème plus pratique que celle suggérée par la procédure d'optimisation seule. Les systèmes de ce type sont développés pour supporter des décisions relatives à la gestion des stocks, à l'établissement du calendrier de récolte, à la planification de la production, au routage, à la répartition, etc.

5.5 Mesure de la performance

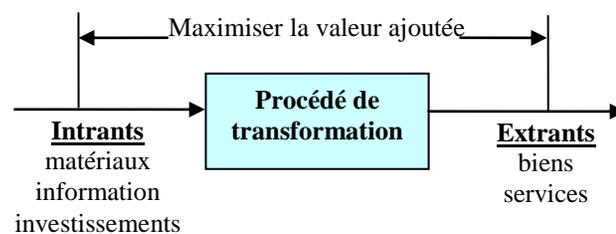
Après avoir modélisé et testé différents scénarios pour un système, on doit en évaluer la performance. L'impact de l'usage de différentes techniques de planification, du changement

de moyen de transport, de l'offre d'une gamme étendue de produits, etc. doit être mesuré afin de vérifier si des changements créent réellement de la valeur pour le système.

5.5.1 Le concept de valeur

Les termes « valeur ajoutée » réfèrent à un procédé ou à une opération qui accroît la valeur perçue d'un bien ou d'un service par un client interne ou externe, à l'opposé d'une opération qui pourrait simplement occasionner des coûts liés à l'accomplissement d'une activité. Dans la fixation de la valeur d'un produit, le client considère tous les avantages que peut apporter le produit et les compare aux coûts de ce produit. Si, selon eux, les avantages sont plus grands que les coûts, ils perçoivent une valeur dans le produit. Par conséquent, un des buts du développement d'une stratégie d'opération devrait être de maximiser la valeur ajoutée aux produits et services qui sont fournis par les entreprises (Figure 50).

Figure 50
Maximiser la valeur ajoutée dans les opérations



L'ajout de valeur peut prendre différentes formes selon le type de produit ou de service proposé. Par exemple, cela peut être une réduction du prix de vente (par l'amélioration des systèmes de production et de distribution), l'augmentation de la disponibilité du produit (avec une méthode de réapprovisionnement efficace), une diminution des délais de livraison (en changeant la stratégie de planification ou le moyen de transport), l'amélioration du service après-vente (en proposant une politique de retour des produits, en contrôlant le processus de gestion des stocks, etc.), la personnalisation des produits (adaptés aux besoins des clients), etc. (Davis *et al.*, 2007). La mesure économique de la valeur ajoutée doit donc considérer les différents coûts qu'implique le procédé de transformation aussi bien que le revenu provenant des ventes, incluant le prix que les clients sont prêts à payer pour le produit (voir équation ci-dessous).

$$\text{VALEUR ÉCONOMIQUE AJOUTÉE (VÉA)} = (1 - \text{impôt}) \times (\text{revenus} - \text{coûts}) - (\text{coût du capital} \times \text{capital utilisé})$$

Dans cette équation, différents coûts doivent être considérés. Tout d'abord, il y a des coûts associés à l'utilisation de l'espace. Par exemple, le coût de stockage des produits peut varier

selon le niveau de stocks maintenu par l'entreprise. Il y a également un coût quand les stocks et la production ne suffisent pas à satisfaire la demande. Même si les ventes perdues et les livraisons en retard sont parfois difficiles à évaluer, elles doivent être estimées, car elles ont un effet considérable sur le système. Le mouvement de produits entre les unités d'affaires entraîne également des coûts considérables.

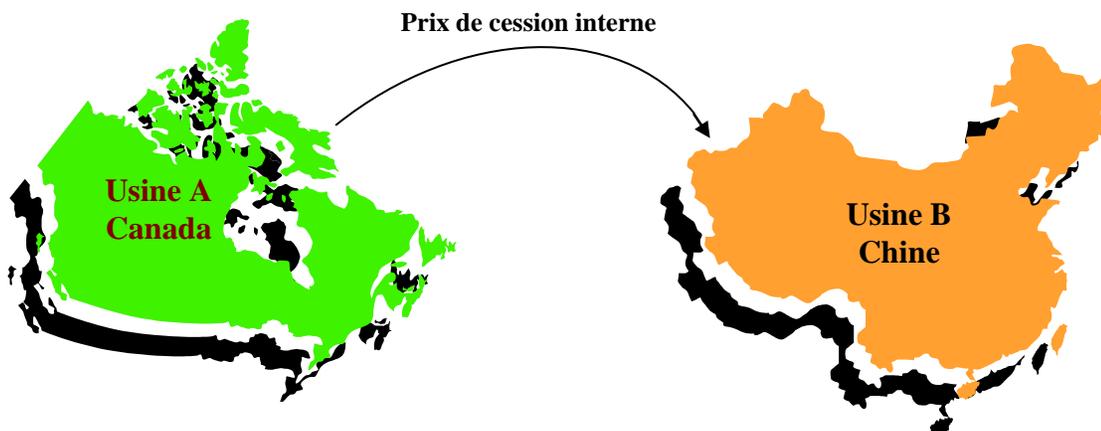
Différents coûts fixes et variables sont rattachés au moyen de transport choisi. Le mouvement de marchandises dans une unité d'affaires entraîne aussi des frais ainsi que l'approvisionnement et la production de biens. Par exemple, traiter une commande implique un coût de commande (préparation du bon de commande, suivi de la commande, etc.), alors que le démarrage de la production induit un coût de mise en place. Un coût est également associé à l'approvisionnement en matière première ou en produits (coûts d'achat), et il peut inclure différentes remises sur quantité et rabais. De plus, la production d'un article génère une dépense considérable qui s'accroît avec le volume produit. Le Tableau 10 résume les différents coûts.

Tableau 10
Coûts logistiques à considérer dans l'analyse de la valeur ajoutée

Catégories de coût	Types de coût
Lié à l'usage de l'espace	Coût de manutention
	Perte de ventes/livraisons en retard
	Coût de transport
	Coût de stockage
Lié à l'approvisionnement et à la production des articles	Coût de commande
	Coût de mise en place
	Coût de production
	Coût d'achat

Les revenus incluent toutes les ventes aux clients, ainsi que les prix de cession interne. Les prix de cession interne font référence au prix auquel un article est échangé entre différentes unités d'affaires dans une entreprise. Ils sont particulièrement importants quand les produits traversent des frontières internationales entre deux filiales d'une entreprise multinationale (Figure 51). Même quand les usines appartiennent à la même entreprise, si elles échangent des produits, des prix de cession interne doivent être établis. Ils peuvent être très utiles pour transférer les profits d'une filiale située dans un pays où les impôts sont élevés à une autre située là où les impôts sont plus bas, minimisant alors les obligations fiscales globales et maximisant les bénéfices après impôt (Martel *et al.*, 2006).

Figure 51
Illustration du prix de cession interne



Le coût en capital est le rendement que les investisseurs s’attendent à obtenir de leur investissement. Pour qu’un investissement soit rentable, le retour attendu sur le capital doit être plus grand que le coût du capital. Plus précisément, le retour sur le capital corrigé par le risque (c’est-à-dire incluant non seulement le retour projeté, mais aussi les probabilités de ces projections) doit être plus élevé que le coût du capital (Wikipédia).

5.5.2 Les indicateurs de performance clés

La performance des modèles peut aussi être mesurée à l’aide d’indicateurs de performance clés. Il s’agit d’une façon de déterminer si les buts ou les standards établis sont atteints. Les indicateurs peuvent être qualitatifs (par exemple, le service à la clientèle) ou quantitatifs (par exemple, les délais), aussi bien que locaux (par exemple, une entreprise unique) ou mondiaux (par exemple, le réseau de création de valeur). Les indicateurs sont généralement regroupés en quatre principales catégories : volume, temps, qualité et valeur. Les indicateurs de volume se rapportent aux quantités mesurées, comme la taille des stocks, le volume de la demande, etc. Les indicateurs de temps sont basés sur des moments dans le temps ou des périodes de temps, plus particulièrement, le moment où quelque chose se produit et combien de temps cela dure, comme les délais d’approvisionnement, les délais d’exécution, etc. Les indicateurs de qualité incluent les caractéristiques perçues d’aspects du produit et du service, comme les produits défectueux, les émissions de gaz à effet de serre pendant la fabrication d’un produit, etc. Les indicateurs de valeur englobent toutes les mesures financières, comme les coûts, le profit et les prix.

Parmi les nombreuses mesures de performance disponibles, les suivantes sont plus importantes.

Profit

La plus connue des mesures du succès d'une entreprise est le surplus qui demeure après la déduction des coûts totaux du revenu total.

$$\text{Profit} = (\text{Revenus}) - (\text{Coûts})$$

Rendement de la matière

Cette mesure associée au procédé de transformation est couramment utilisée par les compagnies de produits forestiers. Elle peut être décrite comme le rapport entre la quantité de produits primaires qui sort sur la quantité de matière première qui entre (généralement exprimé en pourcentage).

$$\text{Rendement de la matière} = \frac{\text{Quantité de produits primaires sortants}}{\text{Quantité de matière première entrante}}$$

$$\text{Exemple : } \frac{\text{Volume de bois scié sortant}}{\text{Volume de billes entrant}}$$

Rotation des stocks

La rotation des stocks est une mesure de la fréquence à laquelle une entreprise vend et remplace ses stocks.

$$\text{Rotation des stocks : } \frac{\text{Coût des biens vendus}}{\text{Valeur moyenne des stocks en main}}$$

Vitesse/variabilité des livraisons

Cette mesure fait référence au temps qui passe entre le moment où un produit est commandé et le moment où il est reçu par le client (délais de production + de livraison), aussi bien que la variabilité ou l'incertitude des délais de livraison.

Flexibilité

La flexibilité reflète l'habileté d'une entreprise à fournir à ses clients des produits personnalisés au moment opportun. Cela peut être mesuré en évaluant à quelle vitesse un procédé peut passer de la production d'un produit à un autre, ou en analysant l'habileté de l'usine à s'adapter à des changements de volume.

Vélocité du procédé

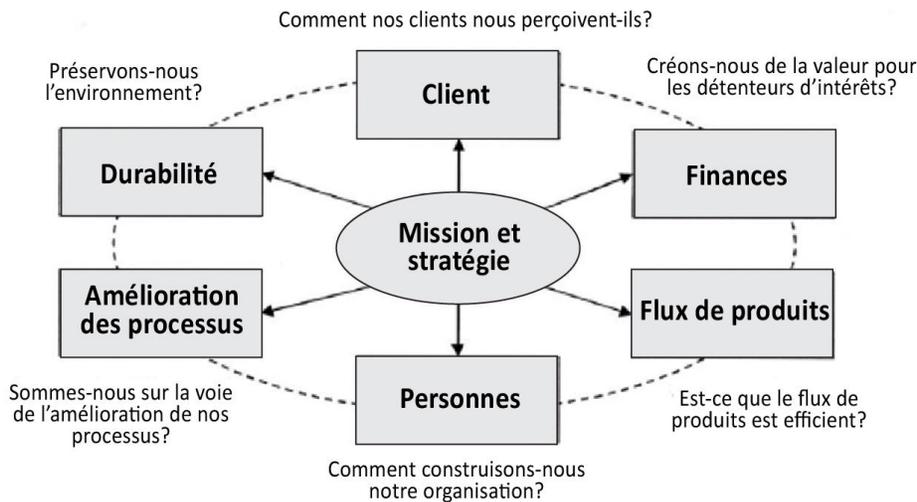
C'est le rapport du temps réel qu'un produit prend pour voyager à travers le procédé, sur le temps à valeur ajoutée requis pour finir le produit.

$$\text{Vélocité du procédé} = \frac{\text{Temps d'exécution total}}{\text{Temps à valeur ajoutée}}$$

D'autres indicateurs de performance courants mesurent la productivité et l'utilisation de la capacité. Cependant, ces mesures ne reflètent pas nécessairement la valeur ajoutée aux produits et services.

Avec la gamme de mesures de performance disponible, la première étape doit être d'identifier exactement ce que l'on veut mesurer. L'étape suivante est de choisir les bonnes unités pour exprimer la quantité ou la qualité de ce qui est étudié. Ensuite, on doit choisir les sources de données (Santa-Eulalia, 2009). De cette façon, il est possible de déterminer des mesures pertinentes pour l'analyse du modèle. La Figure 52 montre un exemple de grappe de mesures développé par l'entreprise Nike.

Figure 52
Illustration d'une grappe de mesures développée par Nike



Source : Lohman *et al.*, 2004.

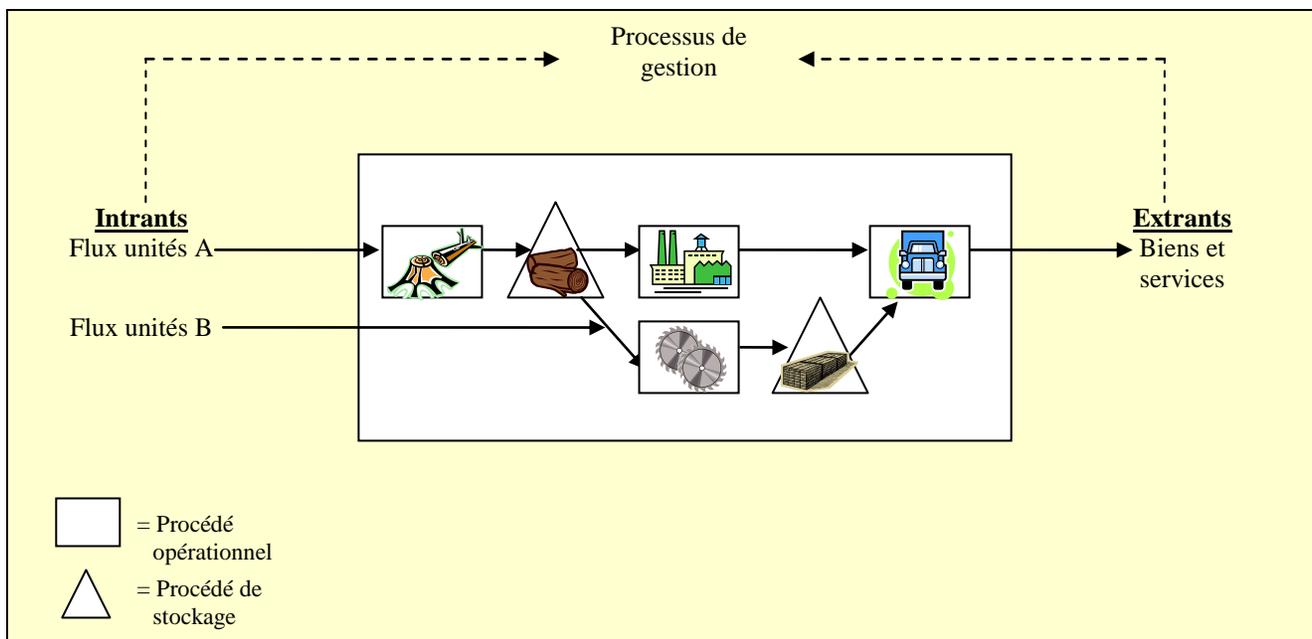
6. La gestion du réseau de création de valeur

La gestion efficace de toutes les opérations d'un réseau de création de valeur va au-delà de l'optimisation locale des affaires de chacune des unités d'affaires. Il est essentiel de coordonner les opérations impliquant les fabricants, les grossistes, les entrepôts et les détaillants, pour que la marchandise soit fabriquée et distribuée dans les bonnes quantités, aux bons endroits et au bon moment, minimisant ainsi les coûts dans l'ensemble du système tout en satisfaisant les exigences de niveau de service. À cette fin, on doit adopter une perspective plus large et examiner le processus impliqué dans la gestion des procédés de fabrication, de transformation et de transport, aussi bien que la collaboration qui existe entre les partenaires dans le réseau de création de valeur. C'est ce qu'on appelle un processus d'affaires.

6.1 Les processus d'affaires

Un processus d'affaires peut être défini comme un ensemble complexe d'activités réalisées par des ressources qui transforment les intrants en extrants (Figure 53).

Figure 53
Illustration d'un processus d'affaires



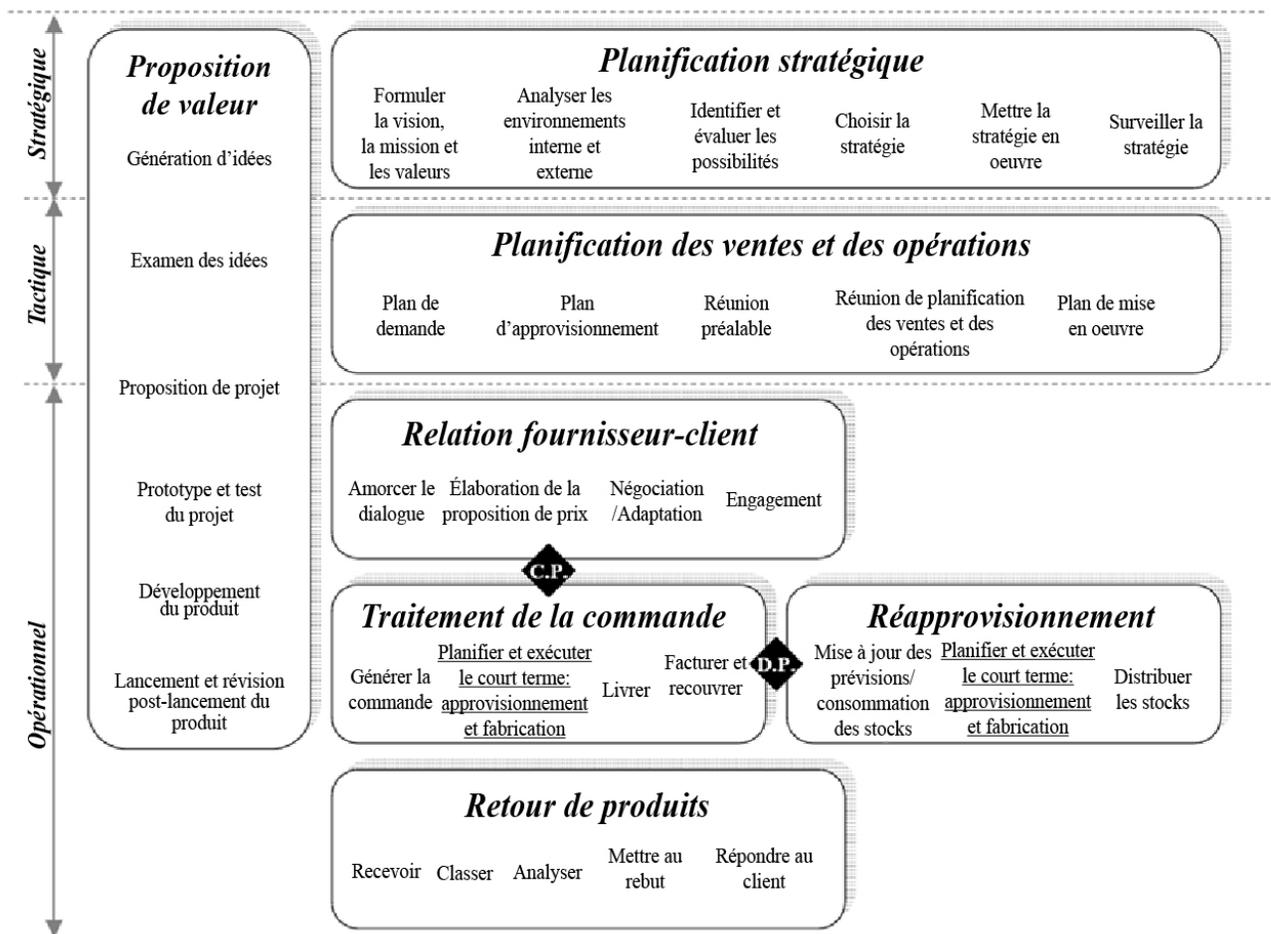
Source : Anupindi *et al.*, 1999.

Au cours des dernières années, plusieurs personnes et diverses organisations ont suggéré de grouper tous les processus d'affaires du réseau dans un cadre intégré. Deux de ces cadres

ont particulièrement attiré l'attention des praticiens : SCOR (*Supply Chain Operations Reference-model*) et GSCF (*Global Supply Chain Forum*). Au-delà de ces modèles reconnus, les chercheurs Azevedo, D'Amours et Rönnqvist ont effectué une revue de la littérature des revues traitant de gestion de la chaîne de valeur entre 1996 et 2007, et défini 142 nomenclatures de processus différentes. Sur la base de cette revue, ils proposent un cadre constitué de sept processus de base de gestion de la chaîne logistique interreliés (Figure 54) :

- processus de planification stratégique ;
- processus de planification des ventes et des opérations ;
- processus de négociation avec le client ;
- processus de satisfaction de la demande ;
- processus de réapprovisionnement des stocks ;
- processus de retour des produits ;
- processus de proposition de valeur.

Figure 54
Cadre de processus de base de gestion de la chaîne logistique



Source : proposée par Azevedo *et al.*, 2008.

6.1.1 Les processus de planification stratégique

La planification stratégique est un processus de prise de décision lié à la mission à long terme et aux objectifs d'une organisation, aux ressources utilisées pour atteindre ces objectifs ainsi qu'aux politiques et aux lignes directrices qui dirigent l'acquisition, l'usage et l'élimination de ces ressources. On peut séparer ce processus en trois principales étapes :

- la formulation, qui inclut la définition des objectifs, l'évaluation des environnements interne et externe, l'évaluation et la sélection des options stratégiques ;
- la mise en œuvre ;
- le contrôle.

La formulation d'une vision, d'une mission et de valeurs est nécessaire pour clarifier les buts de l'organisation pour la période de planification. L'évaluation de l'environnement interne et de l'environnement externe permet d'identifier les menaces et les occasions qui se présentent à l'entreprise, ainsi que ses forces et ses faiblesses. L'étape suivante est de définir et d'analyser différentes options stratégiques offertes à l'entreprise pendant la période de planification. Selon les résultats de cette analyse, une stratégie précise peut être choisie et mise en œuvre, c'est-à-dire traduite en un ensemble d'actions possibles. Enfin, la stratégie doit être contrôlée par une surveillance constante et un examen si nécessaire (Azevedo *et al.*, 2008).

6.1.2 Les processus de planification des ventes et des opérations (S & OP)

La planification des ventes et des opérations est l'ensemble des technologies et des processus d'affaires qui permettent à une entreprise de répondre efficacement à la variabilité de la demande et de l'approvisionnement avec un aperçu du déploiement optimal sur le marché et de la composition de la chaîne logistique la plus profitable. Les stratégies de S & OP aident les entreprises à prendre « en temps opportun » des décisions de planification pour la meilleure combinaison de produits, de clients et de marchés (Muzumdar et Fontanella, 2006). La durée de la période de planification typique varie de trois mois à trois ans, et le processus suit des cycles mensuels selon un calendrier strict. La méthode peut être décomposée en cinq activités principales :

- la planification de la demande ;
- la planification de l'approvisionnement ;
- la réunion préalable ;
- la réunion de planification des ventes et des opérations ; et
- la mise en œuvre du plan.

Une planification de la demande réussie nécessite la cueillette de différentes données pour créer des prévisions qui tiendront entre autres compte des mises à jour de l'équipe des ventes et des exigences relatives aux produits. Pour planifier l'approvisionnement, on doit élaborer une planification opérationnelle qui prend en considération les changements dans les prévisions aussi bien que les changements dans les stocks ou les problèmes de capacité. L'entreprise doit alors s'assurer que le plan de demande et le plan d'approvisionnement sont compatibles avant de convoquer une réunion de la direction pour évaluer les nouvelles occasions d'affaires, les paramètres de risque, etc., et relier la dimension financière de la S & OP au plan d'affaires, incluant tous les changements nécessaires. Le plan peut alors être mis en œuvre dans tous les domaines fonctionnels de l'entreprise. Ainsi, le département de la production va établir de nouveaux objectifs de production, le département des ventes va définir les quotas de vente et le plan d'action, le département des finances va faire parvenir les cibles à jour aux détenteurs d'intérêts, et ainsi de suite.

6.1.3 Les processus de négociation avec les fournisseurs et les clients

Les processus de négociation avec les fournisseurs et les clients comprennent toutes les discussions entre la compagnie et son partenaire d'affaires depuis la demande initiale jusqu'au moment où elle est convertie en une livraison (fournisseur) ou une commande (client). Cela implique quatre activités principales :

- amorcer le dialogue,
- dresser la proposition de prix,
- négocier/adapter et
- s'engager.

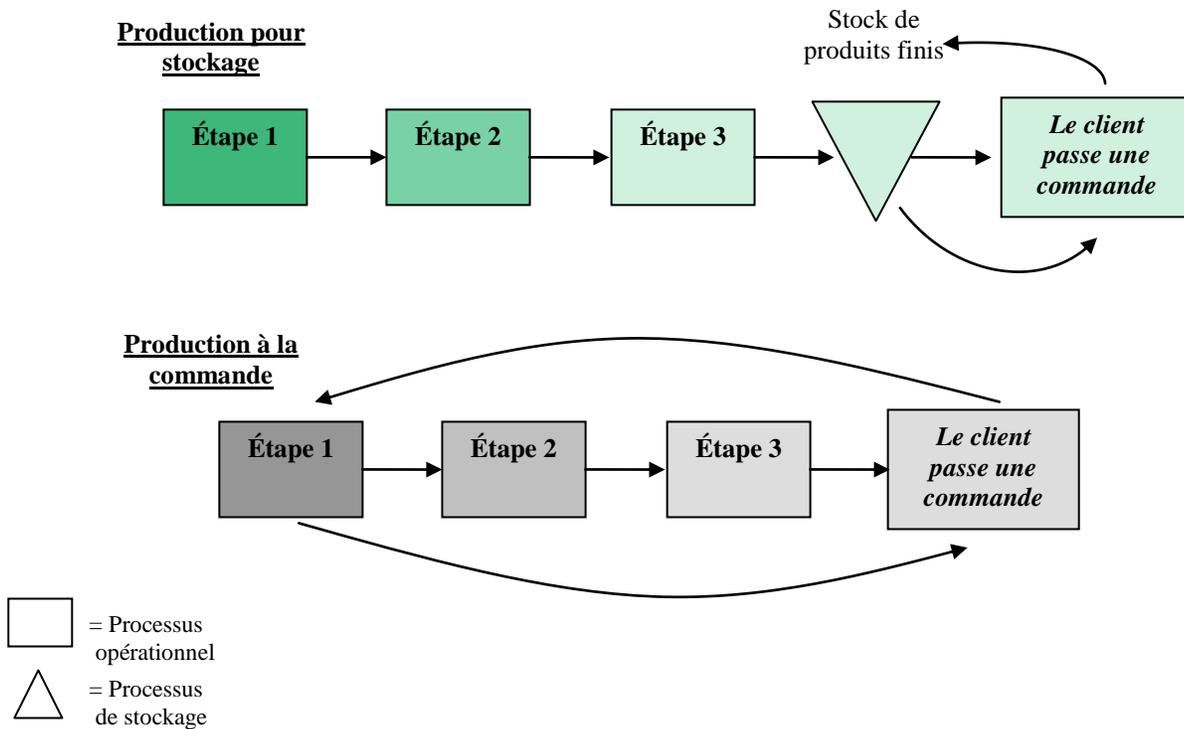
Une discussion doit être amorcée avec le partenaire d'affaires que ce soit sur Internet, par la télévente, par les vendeurs, etc. Ensuite, la possibilité de répondre à la requête et le prix du produit doivent être analysés. Une négociation démarre alors pour définir les aspects tels que les caractéristiques du produit, les conditions de paiement et les services reliés aux opérations et aux produits, et ce, afin d'ajuster le prix payé au fournisseur ou offert au client. Enfin, un engagement est pris.

Dans le processus de négociation avec le client, le document de proposition de prix au client est transformé en une commande qui déclenche le processus d'exécution de la commande (symbolisé par l'élément de liaison C.P. (pour *Commitment Point* : point d'engagement) dans la Figure 54).

Selon l'environnement opérationnel, différentes configurations du processus de négociation clients/fournisseurs sont possibles. Par exemple, un environnement basé sur une méthode « produire pour stocker », c'est-à-dire un système manufacturier dans lequel les produits

sont fabriqués et stockés avant la réception d’une commande (Figure 55), entraîne un schéma de négociation simple. Par ailleurs, un mode « produire à la commande », plus précisément un procédé manufacturier établi pour satisfaire la demande seulement après qu’une commande a été placée (Figure 55), appelle un processus de négociation plus complexe.

Figure 55
Processus de production à la commande et de production pour stockage



Source : Davis *et al.*, 2007.

Tableau 11
Système poussé versus système tiré

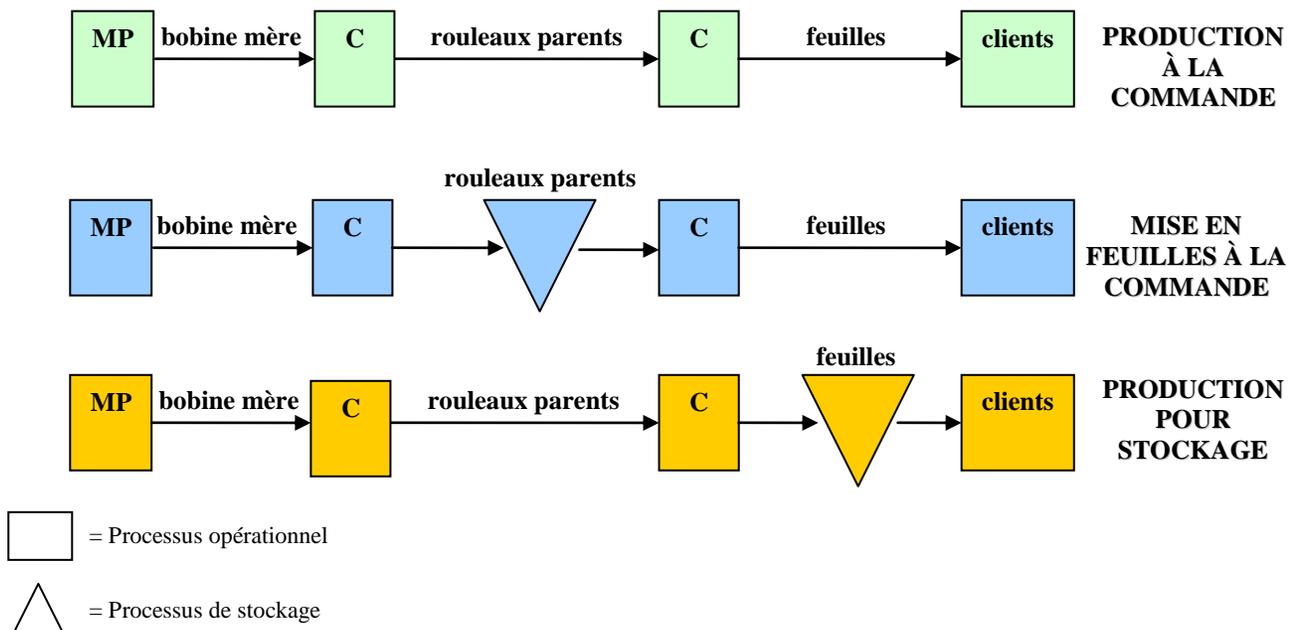
<i>Définitions</i>
<p>Il y a deux philosophies communes pour les mouvements de produits dans le réseau, à flux tiré et à flux poussé.</p> <p>Dans un <i>systeme poussé</i>, la planification est faite à l’avance, sur la base de prévisions ou de calendriers. Une fois cette opération complétée, les unités sont poussées au niveau suivant. Par conséquent, un système poussé est <i>basé sur les prévisions</i>.</p> <p>Dans un <i>systeme tiré</i>, les unités changent de niveau uniquement lorsqu’elles sont requises. Dans les systèmes tirés, la demande est le déclencheur de l’action. En conséquence, un système tiré est <i>basé sur la demande</i>.</p>

6.1.4 Les processus de satisfaction de la demande

La satisfaction de la demande est un processus clé dans la gestion du réseau de création de valeur. Plutôt que de seulement remplir des commandes, cette procédure rassemble toutes les activités à partir du moment où la commande est reçue jusqu'au moment où elle est livrée au client et que le vendeur recueille la compensation établie. Encore une fois, différentes configurations sont possibles selon le type d'environnement opérationnel.

Le processus/liaison dans la chaîne jusqu'au point de pénétration de la commande du client (auquel on fait référence en tant que point de découplage (P.D.)) établit la portée du processus de satisfaction des commandes aussi bien que celle du processus complémentaire de réapprovisionnement. Avant le point de découplage, des produits finis et intermédiaires sont fabriqués sur la base de prévisions ; après ce point, les opérations nécessaires pour finir le produit sont basées sur la demande du client. Par exemple, une méthode de production pour stockage ne demandera pas de planification ni d'exécution d'activités reliées à l'approvisionnement et à la fabrication, puisque la demande est satisfaite directement par les produits gardés en stock. Les opérations sont effectuées dans le processus de renouvellement des stocks. Cependant, dans un système de production à la commande, davantage d'opérations sont impliquées. Ce concept est bien illustré par le procédé de fabrication du papier. Le fabricant de pâtes et papiers peut choisir 1) de satisfaire les commandes en utilisant les stocks ; 2) de garder en stock différents types de rouleaux parents et les mettre en feuilles lorsqu'il y a un besoin ou 3) de procéder à toutes les opérations lorsqu'il y a une demande pour le produit (Figure 56). Ainsi, la configuration varie selon la stratégie choisie.

Figure 56
Point de découplage dans le procédé des pâtes et papiers



Source : adaptée de Chauhan *et al.*, 2008.

Le procédé est caractérisé par quatre principales activités :

- la génération de la commande,
- la planification et l'exécution de l'approvisionnement et de la transformation,
- la livraison et
- la facturation et le recouvrement.

Quand une commande est générée, on doit la traiter, vérifier le crédit du client et transmettre la commande aux acteurs en amont. Les activités comme l'établissement du calendrier de production et des besoins en capacité et en équipement doivent alors être planifiées, exécutées et contrôlées. Pour assurer une livraison adéquate du produit au client, on doit définir un plan de livraison ainsi que le moyen de transport qui sera utilisé. Enfin, une facture sera envoyée au client, et le paiement sera recueilli.

6.1.5 Les processus de renouvellement des stocks

Si l'on considère que des stocks comme des réserves de matière première ou de produits finis peuvent coûter entre 20 et 40 % de leur valeur par année, le renouvellement des stocks doit être géré avec précaution. Trois principales activités doivent être accomplies :

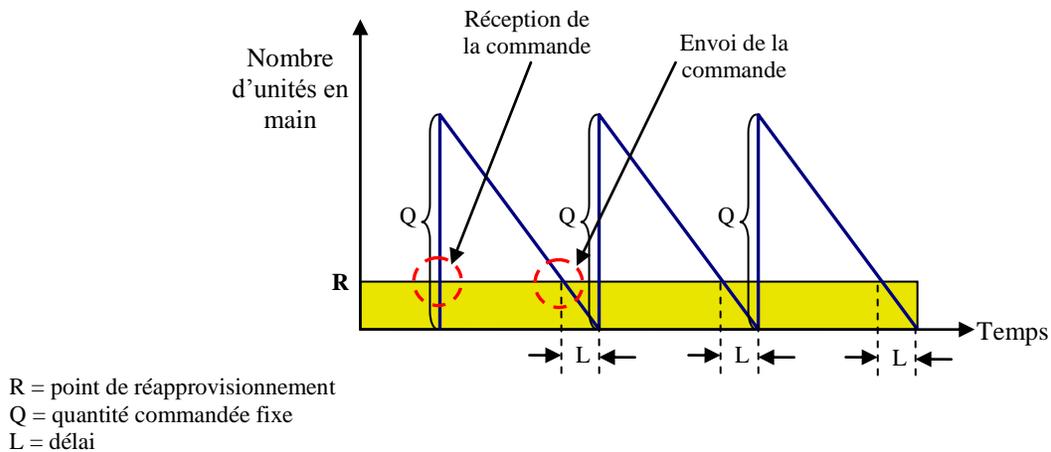
- la mise à jour des prévisions/consommation des stocks,
- la planification à court terme et l'exécution de l'approvisionnement et de la transformation et

- la distribution des stocks.

Le plan de ventes qui découle du processus de planification des ventes et des opérations doit être mis en œuvre, et la quantité de produits à garder en stock doit être définie. En outre, les prévisions doivent être mises à jour sur la base de quotas de ventes et de documents sur la demande les plus récents. Les prévisions peuvent alors être traduites en stocks requis. De plus, les activités comme l'établissement du calendrier de production, les besoins en capacité et en équipement doivent à nouveau être planifiées, exécutées et contrôlées. Enfin, toutes les activités nécessaires pour envoyer le produit à son lieu d'entreposage final, comme la préparation au transport, la consolidation des commandes, etc., seront aussi exécutées.

Selon la distribution de la demande pour les différents biens, diverses stratégies de réapprovisionnement peuvent être mises en œuvre. Par exemple, si la demande est pratiquement la même à toutes les périodes (c'est-à-dire une demande connue et constante) et que le délai « L » est constant, on peut utiliser une technique à quantité commandée fixe ou méthode (R, Q), laquelle implique la définition de la quantité commandée fixe « Q » aussi bien que le point de réapprovisionnement précis « R » (Figure 57).

Figure 57
Technique à quantité commandée fixe pour gérer les stocks

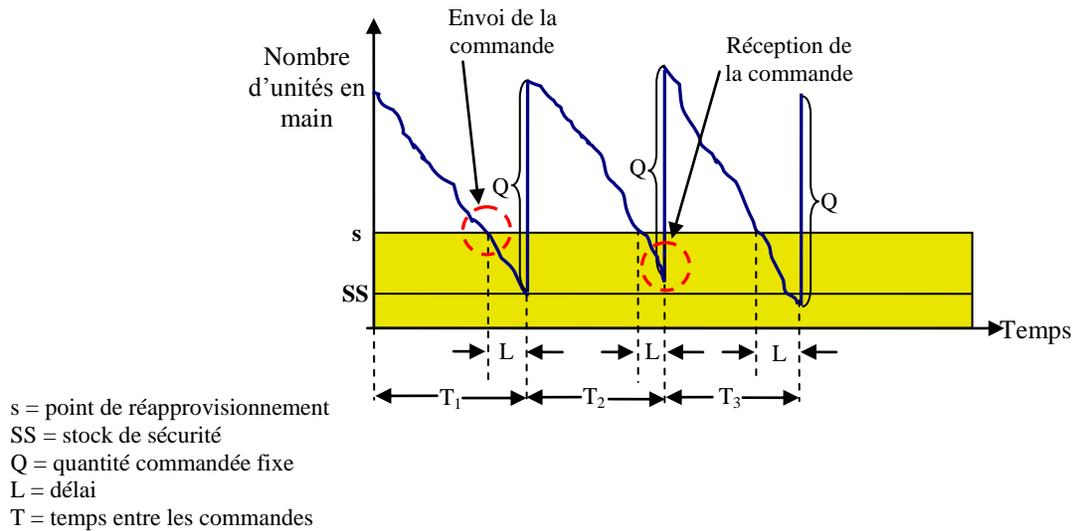


Source : adaptée de Davis *et al.*, 2007.

Cependant, lorsque la demande ou les délais sont incertains, il peut être nécessaire d'ajouter des stocks de sécurité pour tenir compte de cette incertitude. Le point de réapprovisionnement « s » sera alors plus élevé qu'en l'absence d'incertitude, puisqu'il doit inclure un stock de sécurité (Figure 58). On appelle cette méthode la méthode (s,Q).

Figure 58

Méthode (s,Q) pour gérer les stocks lorsque la demande ou les délais sont incertains



6.1.6 Les processus de retour des produits

Le processus de retour des produits comprend toutes les opérations depuis le retour jusqu'à la mise au rebut du produit. Cinq activités principales doivent être considérées :

- la réception ;
- le classement ;
- l'analyse ;
- la réutilisation, la réparation, le recyclage ou la mise au rebut et
- la réponse au client.

Après discussion avec le client, le produit peut être retourné aux installations du vendeur. Une fois que le vendeur a reçu le produit, il est classé selon certaines caractéristiques comme son type, sa technologie, etc. La qualité du produit est alors analysée pour déterminer s'il peut être réutilisé, réparé, retourné sur le marché ou recyclé. Le processus sera complété par une réponse à la demande du client comme l'envoi d'un nouveau produit ou un remboursement.

6.1.7 Les processus de proposition de valeur

Le processus de proposition de valeur est une utilité que les entreprises créent pour les clients. Cela inclut toutes les activités à partir de l'émergence d'une idée ou d'une possibilité jusqu'au lancement d'un produit et d'un service qui ajoutent de la valeur pour les clients, l'entreprise et le réseau. Le processus peut être séparé en six principales activités :

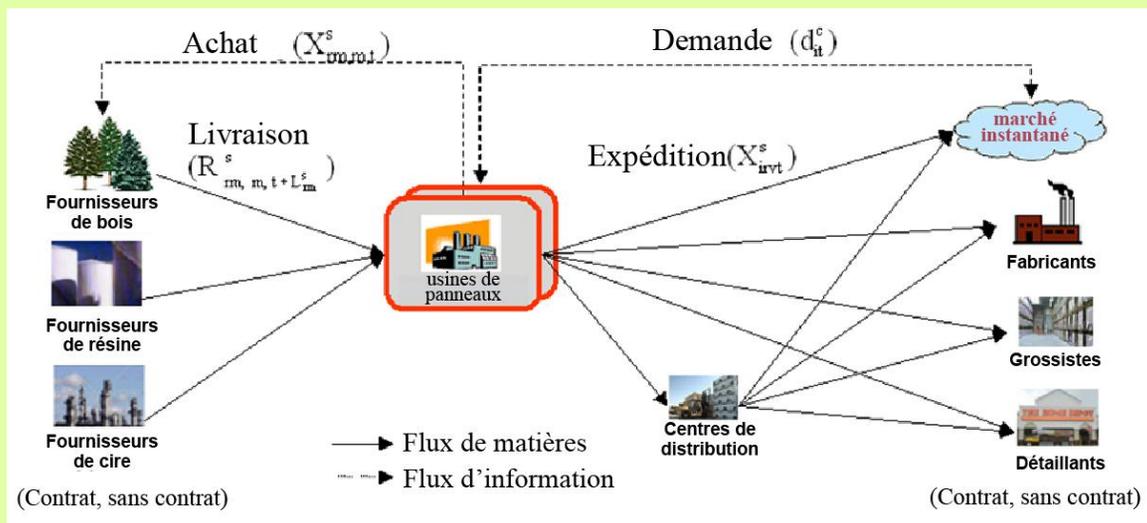
- l'élaboration de l'idée ;
- l'examen de l'idée ;
- la proposition de projet ;
- le développement et le test du prototype ;
- le développement du produit et
- le lancement du produit et la révision après lancement.

La première étape est de dresser une liste de possibilités de créer de la valeur. Ensuite, les idées doivent être analysées pour identifier celles qui sont les plus pertinentes. Elles sont ensuite transformées en projets planifiés qui incluent l'établissement des exigences de production, les attentes financières et le plan d'affaires. De plus, un prototype est développé et testé, et si les expérimentations sont concluantes, le produit est développé. Le produit est finalement introduit sur le marché, avec une certaine surveillance et des ajustements au besoin.

Étude de cas 6

La valeur de la planification des ventes et des opérations dans l'industrie des panneaux à copeaux orientés dans un système de production à la commande

L'objectif de cette étude menée par Feng *et al.* (2008) était de développer un modèle de planification qui intègre les activités de vente, de production, de distribution et d'approvisionnement afin de maximiser les bénéfices. Pour mesurer la rentabilité, le modèle a été comparé à un modèle de planification non coordonné. L'étude de cas s'est appuyée sur une usine québécoise de panneaux à particules orientées fabricant 11 familles de produits à partir de 8 matières premières fournies par 19 fournisseurs. Les produits sont livrés à 140 clients dans 5 régions par 8 compagnies de transport utilisant 5 types de véhicules et 2 centres de distribution. L'entreprise a deux types de demande, à contrat (engagement annuel) et sans contrat. Les expérimentations ont donc été orientées pour évaluer l'impact de l'intégration des ventes et de l'approvisionnement dans le modèle de planification.



Les résultats ont démontré que les gains obtenus avec le modèle de planification intégré variaient de 0,5 à 3,1 %. Le coût de transport était réduit de 5,7 à 19,2 %, une valeur de 528 565 \$ à 1 928 706 \$. Cependant, les bénéfices du modèle de planification intégré variaient selon les conditions du marché et les coûts de la chaîne logistique. Ils s'accroissent avec des coûts d'envoi unitaires et des coûts d'approvisionnement plus hauts, et avec des prix sur le marché instantané plus bas.

6.2 Les décisions de planification

Chaque processus d'affaires implique des décisions de planification spécifiques (quoi, quand et comment) qui peuvent être mises en œuvre dans une perspective à court ou à long terme (Ballou, 2004). Par exemple, un plan de livraison ou la mise à jour d'une prévision peut être exécuté en une semaine, alors que le choix et la mise en œuvre d'une stratégie peuvent nécessiter quelques mois, voire des années. C'est pourquoi les décisions de planification sont généralement de trois ordres : stratégique, tactique et opérationnel.

6.2.1 La planification stratégique

La planification stratégique se concentre sur un horizon de temps qui est généralement de plus d'un an, et la durée de cet horizon varie d'une industrie à l'autre. Pour les industries qui ont besoin de plusieurs années pour planifier et construire des usines et des installations pour implanter des procédés spécifiques, le temps peut aller de cinq à dix ans ou plus. Pour d'autres industries où il est possible d'accroître la capacité plus rapidement, l'horizon de temps peut être de deux à cinq ans ou moins.

Pour l'industrie des produits forestiers, la planification stratégique est à très long terme. Par exemple, la rotation de la croissance des forêts peut prendre plus de 80 ans, et on s'attend à ce qu'une nouvelle usine de pâte ou de papier dure au moins 30 ans. Ainsi, la prise de décisions stratégiques inclut les choix relatifs aux stratégies d'aménagement de la forêt, aux traitements de sylviculture, aux zones de conservation, à la construction de routes, à l'ouverture/la fermeture d'usines, à la location/l'achat de nouvelles usines, aux investissements dans les procédés (par exemple, des machines, de l'équipement de transport, des technologies de l'information), au développement de produits et de marchés, aux couvertures financière et opérationnelle, aux stratégies de planification (par exemple, la production pour stockage, la production à la commande, la mise en feuilles à la commande) et à la localisation des stocks (par exemple, la position du point de découplage et des entrepôts).

Chacune de ces décisions aura un impact sur la configuration du réseau, et cela est particulièrement vrai pour les stratégies de planification qui ont des répercussions majeures sur toutes les décisions d'investissement. Par exemple, la capacité et le type d'équipement requis pour supporter une stratégie de production pour stockage seront différents de ceux que requerra une stratégie de production à la commande. Par conséquent, l'approche de planification définit des paramètres importants à l'égard de la technologie nécessaire, de la capacité, des niveaux de stocks et de la distance maximale jusqu'aux clients. De telles décisions impliquent naturellement une évaluation de la façon dont l'investissement va

s'intégrer dans l'ensemble du réseau, incluant de déterminer quels marchés sont accessibles aux produits selon les tendances anticipées des marchés, comment la distribution des produits devrait être effectuée et à quel coût ainsi que la façon dont les unités obtiendront l'approvisionnement nécessaire en fibre de bois (bois ou pâte). D'autres éléments, comme les sources d'énergie, peuvent aussi être cruciaux.

Le mode de tenure des terres forestières peut aussi influencer la façon de prendre les décisions stratégiques. Le bois peut provenir de terres publiques, de terres privées ou des deux, et chaque type nécessite différents programmes d'approvisionnement. D'autres facteurs peuvent aussi être pris en considération comme les règles gouvernementales sur la superficie de forêts à conserver pour des raisons de biodiversité, d'usage récréatif ou de séquestration de carbone (D'Amours *et al.*, 2008).

6.2.2 La planification tactique

La planification tactique correspond à un horizon de temps intermédiaire et se concentre sur les problématiques tactiques concernant l'agrégation des besoins en main-d'œuvre et en matériel pour l'année à venir. Selon qu'on répond à un problème de gestion de la forêt ou à un problème de planification de la production/distribution, la prise de décisions tactiques sera légèrement différente.

Dans la gestion de la forêt, les approches de planification hiérarchiques sont largement utilisées, parce qu'elles permettent de traiter une problématique tactique dès son apparition, sans avoir à tenir compte des questions spatiales. Une fois que cela a été fait, le problème peut être fortement restreint spatialement. Alors que les problématiques stratégiques de gestion de la forêt peuvent s'étendre sur 100 ans, les problématiques de planification tactique sont le plus souvent revues sur un horizon de planification de cinq ans.

Dans les problèmes de planification concernant les questions de production/distribution, la planification tactique s'occupe normalement des règles d'allocation qui définissent l'unité ou le groupe d'unités responsable d'exécuter les différentes opérations du réseau, ou quelle ressource ou quel groupe de ressources sera utilisé. Elle définit aussi les règles des délais de production/distribution et de taille des lots ainsi que les politiques de stockage. La planification tactique permet à ces ensembles de règles d'être définis par une analyse globale du réseau de création de valeur. La planification tactique sert aussi de pont entre la planification stratégique à long terme qui ratisse large et la planification opérationnelle détaillée et à court terme qui influence directement des opérations en cours dans la chaîne (par exemple, le routage des camions et les calendriers de production). La planification tactique doit aussi faire en sorte que la planification opérationnelle subséquente se conforme aux directives établies pendant l'étape de planification stratégique, même si l'horizon de

planification est beaucoup plus court. D'autres décisions tactiques typiques sont relatives à l'allocation de clients aux usines et à la définition de la capacité de distribution nécessaire. La planification avancée nécessaire à la distribution dépend du moyen de transport. Par exemple, le transport par bateau et celui par train nécessitent généralement d'être planifiés plus tôt que le transport par camion.

La saisonnalité du réseau de création de valeur est une autre raison importante pour effectuer la planification tactique, parce qu'elle accroît le besoin de planification avancée. La saisonnalité touche de façon marquée l'étape de l'approvisionnement (c'est-à-dire le flux de fibre de bois sortant des forêts). Une raison de cette saisonnalité sont les conditions climatiques, qui peuvent rendre impossible le transport des grumes/copeaux à certains moments de l'année en raison de la capacité de charge limitée des chemins forestiers (par exemple, au dégel du printemps). Dans plusieurs régions du monde, la saisonnalité joue aussi un rôle dans les opérations de récolte. Dans les pays nordiques, par exemple, une proportion relativement petite de la récolte annuelle est effectuée pendant les mois d'été (juillet-août). Pendant cette période, les opérations se concentrent plutôt sur les traitements de sylviculture, incluant les activités de nettoyage et de régénération. Une grande proportion du bois est récolté en hiver, quand le sol est gelé, ce qui réduit les risques de dommages lors du débusquage et du débardage des grumes hors de la forêt. La saisonnalité peut aussi avoir une incidence sur l'étape de la production (par exemple, dans les pays nordiques, comme au Canada, les temps de séchage à l'air vont changer selon la saison) et le processus de la demande (par exemple, toujours dans les pays nordiques, les projets de construction d'immeubles ne sont généralement pas actifs pendant la période hivernale).

La planification tactique peut également être utile dans le domaine des prévisions budgétaires. La majorité des entreprises entreprennent une vaste planification quand elles font les prévisions budgétaires annuelles pour l'année à venir, décidant quels produits offrir à leurs clients et en quelles quantités. Dans le processus d'élaboration de ces décisions, elles ont besoin d'évaluer les implications de leurs décisions dans tout le réseau (approvisionnement, production et distribution) dans le but de maximiser les profits nets. Par conséquent, il vaut la peine de tenir compte de ces activités pour étendre la planification sur un horizon multipériode (multisaison), afin d'identifier comment le budget de chacune des unités d'affaires de la chaîne sera le mieux défini.

6.2.3 La planification opérationnelle

La planification opérationnelle est considérée comme étant à court terme, avec des décisions fréquentes prises quotidiennement ou même aux heures. Comme pour la planification stratégique, la longueur de l'horizon de planification des planifications tactique et opérationnelle sera différente d'une industrie à l'autre. La problématique est de savoir

comment mouvoir le produit efficacement dans les canaux logistiques planifiés au plan stratégique (Ballou, 2004).

La prise de décision opérationnelle est généralement distribuée entre les différentes installations, ou unités à l'intérieur des installations. Dans le procédé de fabrication, un type de problème de planification opérationnelle est relatif à la coupe et doit être résolu par plusieurs usines de produits du bois (par exemple, le bois d'œuvre, les pièces de dimensions déterminées), aussi bien que par les usines de pâtes et papiers. Établir un calendrier pour les mouvements des divers produits sur les différentes chaînes de fabrication est un autre problème typique de la planification opérationnelle, tout comme le processus de contrôle impliquant des décisions de planification en temps réel. Le processus de contrôle est plus particulièrement crucial dans l'industrie des pâtes et papiers, puisque les caractéristiques des produits dépendent grandement de la précision du mélange de fibres et de produits chimiques. D'autres problèmes opérationnels sont relatifs à des problématiques de transport, plus précisément le routage et la répartition qui sont effectués en plusieurs points de la chaîne logistique. Par exemple, il est nécessaire d'établir des routes pour les camions utilisés pour transporter le bois de la forêt aux usines ou pour envoyer les produits finis des usines aux clients ou aux centres de distribution.

Le Tableau 12 présente des exemples de prises de décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles.

Tableau 12
Exemples de prises de décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles

Zones de décision	Décisions		
	Stratégiques	Tactiques	Opérationnelles
Localisation des installations	Nombre, taille et localisation des usines, entrepôts, centres de distribution, etc.		
Stocks	Localisation des stocks, politiques de contrôle	Niveau des stocks de sécurité, cibles de stocks saisonniers	Quantités et minutage du réapprovisionnement
Transport	Choix du moyen, stratégies d'investissement (p. ex., construction de chemins, camions, wagons, bateaux, système de planification, etc.)	Location saisonnière d'équipement, définition des routes, localisation et planification des cours de transbordement	Routage, répartition, chargement des véhicules, choix des transporteurs journaliers
Traitement des commandes	Conception du système d'entrée, de transmission et de traitement des commandes, stratégie de point de pénétration des commandes		Traitement des commandes, satisfaction des commandes en souffrance
Service à la clientèle	Établissement de standards, segmentation de la clientèle, stratégies de service et d'établissement des prix, investissements dans les systèmes de planification et les technologies de l'information	Règles de priorité pour les commandes des clients, contrats, affectation de produits et de clients à des usines	Livraisons accélérées
Entreposage	Choix de l'équipement de manutention, configuration de l'espace, affectation de marchés/clients à des entrepôts, investissements dans les systèmes de planification et les technologies de l'information	Choix d'espaces de stockage saisonniers, politiques de gestion des entrepôts	Cueillette des commandes et réapprovisionnement
Approvisionnement	Approvisionnement en bois, acquisition de terres à bois et contrats de récolte, régime de sylviculture et stratégies de régénération, développement de partenariats	Plan d'approvisionnement (classes de billes), affectation de blocs de coupe à la récolte, affectation de produits/blocs à des usines, politiques de gestion des cours à bois, contrats, choix des vendeurs	Envoi de commandes, envoi de fournitures, planification détaillée de l'approvisionnement en billes

Source : adapté de Ballou, 2004.

Étude de cas 7

Optimisation du problème de planification tactique d'un fabricant de meubles

Une étude a été menée pour analyser le problème de planification tactique de la chaîne logistique d'une entreprise intégrée de meubles du Québec. L'objectif était de définir les politiques manufacturières et logistiques qui permettraient à l'entreprise d'offrir un niveau de service compétitif à un coût minimal.

La chaîne logistique étudiée dans ce cas industriel comprenait plus de 40 fournisseurs de billes, 2 usines de sciage, 16 séchoirs, 10 clients (usines de meubles), 11 matières premières ainsi que 135 produits finis et semi-finis. La compagnie devait composer avec un procédé divergent (par exemple, chaque bille de bois franc produit différentes planches selon la politique de sciage en vigueur), ainsi qu'avec des variations saisonnières de la capacité et de la demande. L'usine de sciage transformait plus de 10 essences différentes. En conséquence, la planification de la chaîne logistique du meuble était très complexe. Un système de support à la décision a donc été développé pour faciliter la prise de décisions. Le programme en nombres entiers qui en a découlé visait à minimiser le coût total, incluant le coût d'approvisionnement, le coût de transport, le coût de stockage et de production, tout en respectant certaines contraintes comme la capacité et la conservation des flux. Le modèle a été exécuté avec Cplex pour une période de planification totalisant 52 semaines.

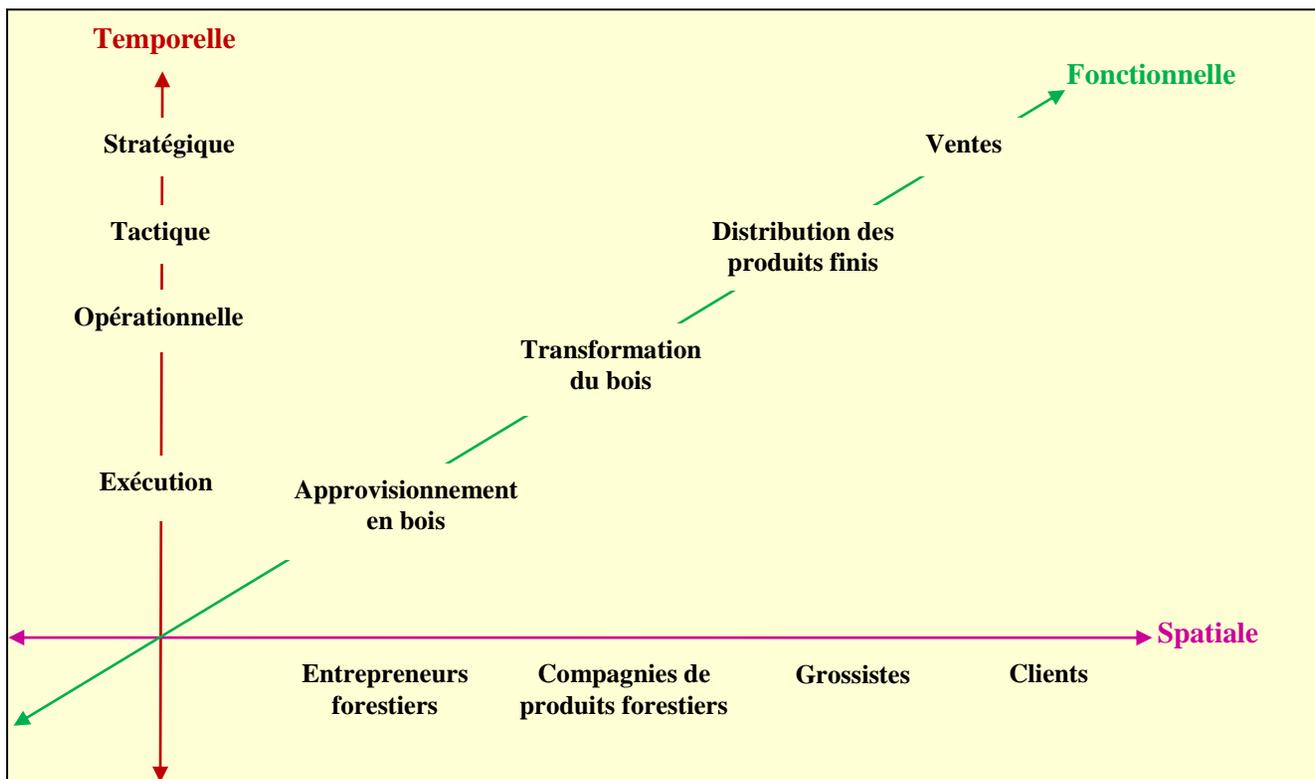
Le système d'aide à la décision a contribué à **réduire le coût opérationnel total de plus de 22 %**. En outre, l'outil a démontré que les capacités de sciage et de séchage étaient suffisantes, et que l'entreprise **n'avait pas besoin de sous-traiter des opérations de sciage et de séchage**. Le modèle a aussi contribué à faire baisser le niveau des stocks dans la chaîne tout en capturant les variations saisonnières de la demande des clients et de la capacité des fournisseurs. Enfin, les flux de matériaux entre les unités d'affaires ont été optimisés, engendrant une réduction des coûts de transport.

Avec cet outil, les directeurs de la planification peuvent efficacement faire face à toutes les problématiques de la planification tactique en quelques minutes.

6.3 Quelques problèmes de planification rencontrés par toutes les unités d'affaires du réseau de création de valeur de la fibre de bois

Gérer et planifier correctement tous les processus d'affaires d'une chaîne de valeur pour synchroniser les flux de produits et d'information ne sont pas des tâches aisées. Sans égard aux décisions prises par les entreprises, les problèmes surgissent et interfèrent avec le processus de planification. L'observation des unités d'affaires du réseau de création de valeur de la fibre de bois révèle des problèmes auxquels ils font face à chaque échelle de planification (stratégique, tactique, opérationnelle et exécution, Figure 59).

Figure 59
Les dimensions de la chaîne logistique de la fibre de bois



Source : adaptée de Santa-Eulalia, 2009.

6.3.1 La forêt

Un des principaux problèmes de la gestion à long terme de la forêt réside dans la façon dont la fibre est allouée aux différents utilisateurs. Les décisions sont complexes et doivent atteindre des cibles sociétales fixées pour satisfaire les objectifs de développement économique durable. Comme les stratégies choisies peuvent s'étendre sur plusieurs cycles

de la forêt, il peut être nécessaire de planifier pour plus de 100 ans. Au fil du temps, ces plans ont de grandes répercussions sur la qualité et la quantité de la fibre disponible. D'autres problèmes sont reliés à l'usage de la forêt, à savoir les zones de récolte (allocations et traitements sylvicoles) et leurs conséquences socioéconomiques, comme les problèmes environnementaux, la stabilité du rendement et de l'emploi, la compétitivité industrielle, etc.

Une fois qu'une stratégie de gestion a été choisie, les décisions tactiques et opérationnelles doivent être prises en intégrant les exigences des autres chaînes logistiques (la chaîne des pâtes et papiers, la chaîne du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie ainsi que la chaîne de l'énergie). Par conséquent, les secteurs de récolte et les infrastructures de transport doivent être définis précisément, tout en étant assujettis à des contraintes spatiales en plus des contraintes établies par le plan stratégique.

Dans une perspective à moyen terme, un problème clé réside dans le traitement du bois sur pied. Cela implique le choix et l'ordonnancement des peuplements à récolter (blocs de coupe) afin de satisfaire la demande de grumes dans le temps ainsi que le dessin de chemins forestiers afin d'accéder aux zones de récolte.

En ce qui concerne le court terme, l'affectation d'une route aux voyages de camion et le calendrier de chacun des voyages doivent être définis. Les opérations de débusquage doivent aussi être considérées. De plus, les patrons de coupe doivent être optimisés, puisqu'ils définissent le panier de produits forestiers disponibles à un moment donné.

Néanmoins, différents outils sont maintenant disponibles pour épauler les décideurs dans la planification. La simulation, les modèles de programmation linéaire et les approches multiagents sont quelques exemples de systèmes qui peuvent être utilisés pour analyser les problèmes courants et offrir des solutions qui prennent en compte de multiples critères.

6.3.2 Les pâtes et papiers

Les compagnies de pâtes et papiers doivent définir comment ils vont fabriquer et vendre leurs produits aux clients. Dans une perspective à long terme, un des principaux problèmes réside dans le design du réseau de production et de distribution. Cela implique de déterminer le nombre d'usines en activité, le nombre d'entrepôts requis, si l'utilisation d'un centre de distribution est nécessaire, la localisation géographique de chacune des unités afin de mieux répondre aux demandes du marché, les investissements dans les technologies et les équipements, etc. Elles doivent aussi s'occuper de la législation fiscale nationale, des règles d'établissement des prix de cession interne, des restrictions environnementales, des tarifs douaniers et des taux de change. En outre, un plus grand marché impliquera un design plus complexe (différents moyens de transport, davantage de contraintes financières et

environnementales, des technologies plus sophistiquées, etc.). Une autre problématique est liée à l'approvisionnement en fibre de bois appropriée aux produits désirés. Le bois doit être classé en différentes catégories possédant des caractéristiques spécifiques. Cependant, la multiplication des assortiments tend à augmenter significativement les coûts. Un équilibre doit donc être trouvé, en considérant les coûts et les revenus du réseau.

Les problèmes courants dans une perspective à moyen terme sont reliés à la planification de la production, comme l'ordonnancement des produits dans les campagnes de production et la durée de celles-ci, l'optimisation de l'assortiment de rouleaux parents, les politiques de tailles de lots, etc. Certains facteurs externes comme la saisonnalité ou les pannes doivent être pris en compte lors de cette analyse.

Dans le domaine des pâtes et papiers, les problèmes à court terme sont relatifs à l'établissement des plans quotidiens pour chacune des installations, à une meilleure intégration des plans de production et de distribution, à l'optimisation du procédé de fabrication/coupage des bobines, au chargement des véhicules, etc. Le contrôle optimal est un autre aspect crucial de la gestion de la planification. La qualité des produits entrants ainsi que le contrôle du procédé ont une influence sur la fabrication de la pâte. Pour s'assurer d'obtenir les caractéristiques désirées, des produits chimiques et le contrôle des procédés sont utilisés.

Compte tenu du grand nombre de paramètres et de contraintes dont on doit tenir compte dans le processus de prise de décision, différents systèmes sont disponibles pour résoudre efficacement les problèmes et identifier quelles options sont préférables.

6.3.3 Le bois d'œuvre, les panneaux et le bois d'ingénierie

Tout comme les compagnies de pâtes et papiers, les entreprises de bois d'œuvre, de panneaux et de bois d'ingénierie doivent définir comment ils vont fabriquer et vendre leurs produits aux clients. Cela inclut un design efficace de la chaîne logistique et la prise en compte des aspects divergents des procédés manufacturiers. Des problématiques auxquelles les décideurs doivent couramment faire face incluent entre autres : est-ce que cette usine devrait être fermée ou gardée ouverte ? Quelles technologies et quels équipements devraient être achetés ? Comment l'allocation des assortiments de produits aux usines devrait-elle être faite ?

La prise de décisions tactiques doit composer avec le défi de l'intégration au moindre coût des différentes activités dans le réseau, comme les procédés de tronçonnage, de sciage, de séchage et de rabotage. Les entreprises sont généralement dispersées sur plusieurs sites et offrent une large gamme de produits, ce qui complexifie la planification.

Dans une perspective à court terme, le problème du sciage est souvent critique. Qu'il s'agisse de bois de construction, de sciages de bois franc ou de résineux, de panneaux ou de produits de bois d'ingénierie, l'optimisation de la coupe des produits entrants est cruciale en regard de la gestion du rendement des matériaux aussi bien que de la satisfaction de la demande. De plus, les problèmes découlant des défauts et du classement du bois doivent être pris en compte : c'est pourquoi les technologies avancées sont couramment utilisées pour résoudre ces problèmes.

6.3.4 L'énergie de la biomasse

Pour des fins énergétiques, la biomasse doit être produite à un coût compétitif, avec le minimum d'impact environnemental et de la meilleure qualité pour son utilisation finale. Cela peut être atteint en partie par l'utilisation de technologies de récolte appropriées ou de traitements après récolte. Le transport de la biomasse jusqu'à l'usine doit être pris en compte, car il constitue une part importante du coût de l'énergie.

La décision d'une entreprise d'utiliser la biomasse en tant que source d'énergie dépend grandement de la garantie de disponibilité et de stabilité de l'approvisionnement et des autres usages possibles de cette biomasse (Côté, 2008). Compte tenu des actuels usages possibles des résidus et des sous-produits de l'industrie du bois, les prix sont passés de néant à des montants significatifs. Dans le cas de certains résidus, il est plus payant de les vendre à d'autres entreprises que de les utiliser pour produire de l'énergie. Voici quelques questions courantes auxquelles doit répondre une usine à propos de l'utilisation de la biomasse.

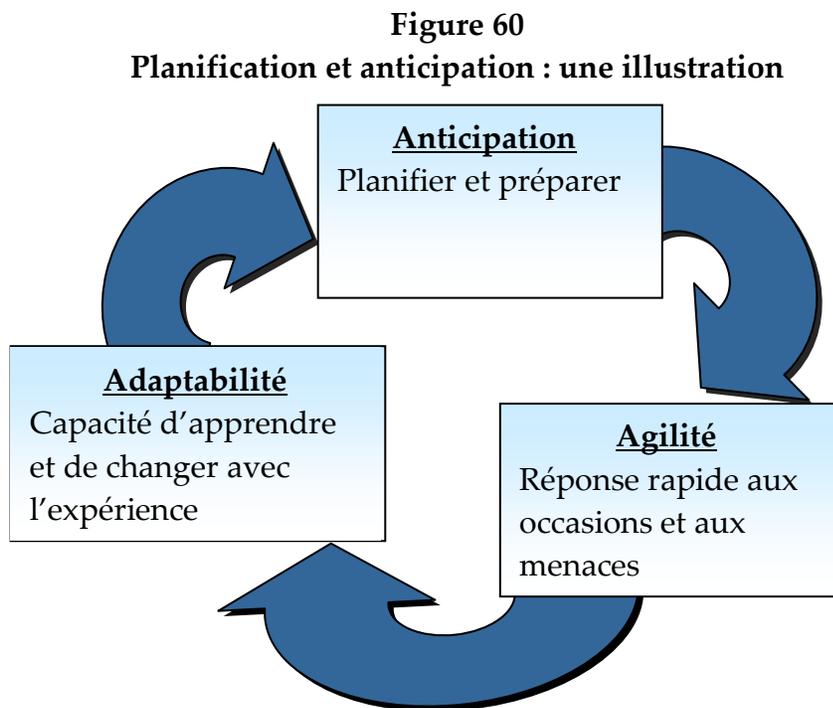
- Quels types de sous-produits devraient être utilisés pour produire de l'énergie et lesquels devraient être vendus ?
- Jusqu'à quelle distance est-il rentable de rapporter un certain type de biomasse ?
- Quelle quantité de chaque type de biomasse devrait être gardée en stock ?
- Quelle est la quantité de biomasse qui devrait être achetée de chacun des fournisseurs potentiels ?
- Quel est l'impact d'une hausse des coûts de transport sur le coût de la biomasse ?
- Quel est le meilleur usage de chaque type de résidus de l'entreprise ?

Plusieurs facteurs sont à prendre en compte pour obtenir le niveau optimal de stocks de biomasse et leur renouvellement dans la modélisation (Quirion-Blais, 2008). Certains sont relatifs au type de biomasse et à ses caractéristiques, comme la valeur énergétique par unité, la teneur en humidité à la livraison et, lorsqu'elle est en tas, sa qualité (propreté), son âge, sa résistance au déchiquetage et son coût de réapprovisionnement. Parmi les autres facteurs, on retrouve la disponibilité de la biomasse, le prix de l'électricité, la saison, les besoins en énergie de l'usine et la disponibilité de l'espace de stockage pour la biomasse.

6.4 La planification et l'anticipation

Étant donné que les différentes décisions de planification semblent bien comprises par la plupart des organisations et que les systèmes de support à la décision sont facilement accessibles, pourquoi est-ce que les trains, les avions et les voitures continuent d'arriver en retard ? Pourquoi les plans de production sont-ils souvent changés ? Et pourquoi les résultats sont-ils si différents des cibles planifiées ? En réalité, une entreprise peut contrôler ses propres opérations, mais n'a aucun contrôle sur la température, les fluctuations de l'économie mondiale, les politiques des pays (voir la section 5.3.1), ni même sur les agissements des autres membres du réseau. La réussite nécessite une planification des activités combinée à l'anticipation. Alors que la planification est nécessaire pour organiser le futur, l'anticipation est essentielle pour avoir une vue d'ensemble des conditions actuelles, des occasions et des menaces. L'anticipation est également indispensable pour équilibrer la planification et l'adaptabilité. Par conséquent, les entreprises doivent développer leur capacité de détecter, prédire, planifier et préparer (Figure 60).

Par exemple, une entreprise doit tout d'abord identifier un objectif dans un contexte spécifique. L'étape suivante est de déterminer quand, comment et ce qui sera atteint. L'entreprise doit alors évaluer quels facteurs de risque ou quels comportements des autres membres du réseau sont hors de contrôle ou pourraient influencer sur l'atteinte de son objectif. Une stratégie d'anticipation est alors développée et intégrée dans le processus de planification.



Source : adaptée de Patten (2005).

Dans le cas de la gestion de la forêt, par exemple, ces événements peuvent inclure les aléas de la croissance, les retards dans la régénération, le changement de type de couvert lors de la régénération, les feux, les insectes, l'éclosion de maladies, etc. (Gunn, 2007).

De plus, du point de vue de la chaîne logistique, les entreprises ont généralement accès à de l'information privée qu'elles peuvent choisir de partager ou non, selon les circonstances (par exemple : un entrepreneur forestier a accès aux volumes de récolte quotidiens ; une entreprise de produits forestiers a accès à la demande des clients, etc.). Un tel savoir est généralement nécessaire pour planifier correctement les activités (voir l'effet coup de fouet dans la section 4.2). L'anticipation est une façon intéressante de composer avec cette situation. Par exemple, une entreprise peut anticiper la capacité ou la date de livraison d'un fournisseur, les besoins futurs d'un client, etc., pour ensuite tenir compte de ces facteurs « potentiels » dans le processus de planification.

À cause des caractéristiques intégrées des chaînes logistiques et puisqu'une décision prise à un niveau aura un impact sur les autres niveaux de décision, combiner la planification et l'anticipation est une bonne façon de se protéger des incertitudes et des événements inconnus.

6.4.1 Les approches de planification de la gestion de la forêt

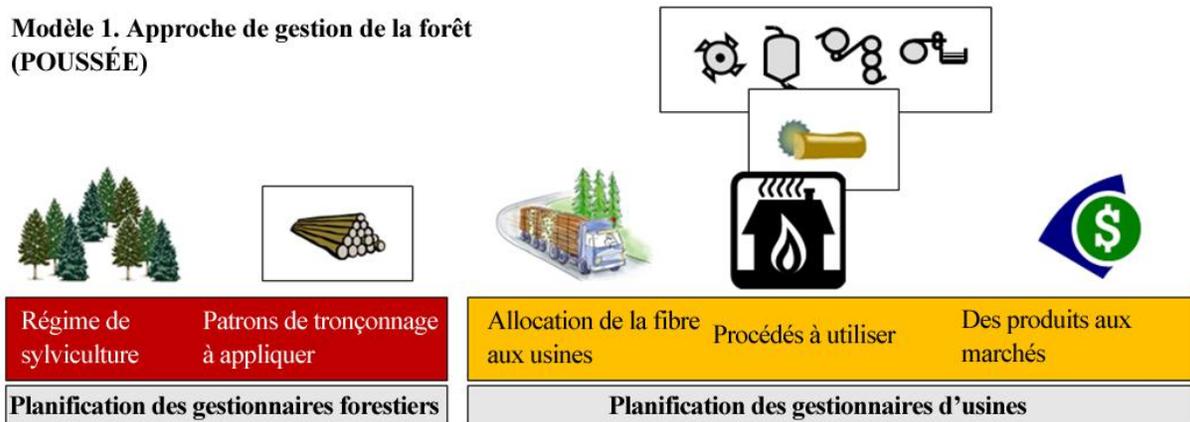
La planification de la gestion de la forêt tient rarement compte des besoins des autres chaînes logistiques (à savoir les chaînes du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie, la chaîne des pâtes et papiers et la chaîne de l'énergie). Les efforts se concentrent sur la gestion durable de la forêt, l'optimisation de la récolte, du tronçonnage et du transport du bois, etc., sans considérer que les entreprises de produits forestiers ont des besoins, des contraintes, des capacités et une demande à satisfaire spécifiques. Par ailleurs, lorsque les entreprises de produits forestiers optimisent le design et la gestion de leur propre chaîne logistique, elles considèrent la chaîne logistique de la forêt comme exogène (Gunn, 2009 ; Carlsson et Rönnqvist, 2007). L'efficacité requiert que ces chaînes logistiques principales soient considérées simultanément pour assurer la synchronisation adéquate des activités.

Une façon d'y parvenir est d'anticiper les besoins en fibre des compagnies de produits forestiers aussi bien que l'impact des décisions de planification de la forêt sur l'ensemble du réseau de création de valeur. En outre, en utilisant un horizon glissant, il est possible de mettre à jour le plan à long terme pour y intégrer les observations sur le terrain, incorporer les occasions et tenir compte des menaces potentielles.

Pour une meilleure compréhension de ce concept, prenons deux différentes approches de gestion de la forêt : poussée et tirée. D'un côté, quand une approche poussée est utilisée, les

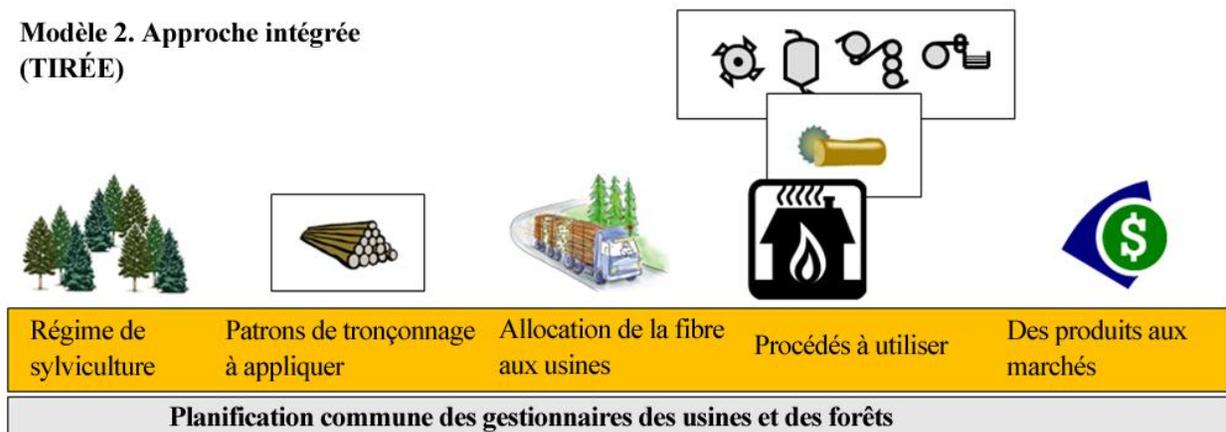
gestionnaires de la forêt planifient tout d’abord sur un horizon à long terme, avec l’objectif de maximiser la valeur nette actuelle des bois, sans anticiper les besoins des usines ou estimer l’impact de ces décisions sur l’ensemble du réseau. Ensuite, les gestionnaires d’usines planifient sur un horizon d’affaires à court terme avec l’objectif de maximiser les profits (Figure 61).

Figure 61
Illustration de l’approche de gestion de la forêt « poussée »



De l’autre côté, dans une approche tirée, les gestionnaires de la forêt et les gestionnaires d’usines planifient ensemble les décisions pour la forêt sur un horizon à long terme, aussi bien que sur un horizon d’affaires à court terme avec l’objectif de maximiser la valeur actuelle nette (Figure 62). De cette façon, les besoins en fibre et les contraintes opérationnelles sont pris en considération, tout comme les contraintes relatives à l’utilisation durable de la forêt. Les mises à jour permettront entre autres d’intégrer les possibilités de nouveaux marchés, les observations sur le terrain.

Figure 62
Illustration de l’approche de gestion de la forêt « tirée »



6.5 Les options stratégiques de la gestion du réseau

Pour décrire les différentes décisions de planification d'une compagnie, on détaille généralement comment se déroulent les opérations, comment le niveau de capacité est planifié ou comment la chaîne logistique est conçue. Ainsi, une description est fournie de manière à gérer et optimiser l'organisation. Cependant, avant d'y arriver, on doit faire l'effort de définir quelles opérations devraient être accomplies ou contrôlées par l'entreprise, et lesquelles devraient être déléguées à d'autres. Dans le cas d'un réseau de création de valeur, cela fait référence aux options stratégiques du faire, ne pas faire, sous-traiter ou collaborer (Tableau 13).

Pour être plus précis, les entreprises doivent identifier leurs compétences ainsi que les processus d'affaires qu'elles peuvent accomplir efficacement. Les activités qui peuvent être réalisées aisément, à bas coûts, tout en créant de la valeur pour l'organisation devraient être classées comme des opérations « faire ». Les compagnies devraient en fait choisir de réaliser ces opérations à l'interne (optimisation du réseau interne). Par ailleurs, les activités qui ne sont pas économiques à réaliser ou qui nécessitent des compétences non disponibles dans l'organisation devraient être sous-traitées (utilisation d'un réseau externe), réalisées en collaboration avec d'autres organisations (développement de la synergie du réseau) ou simplement évitées (« ne pas faire »).

Tableau 13
Options stratégiques et leurs impacts sur l'organisation

Options stratégiques	Impacts sur l'organisation
Faire	Réseau propre Le réseau n'a pas nécessairement besoin de changer Certaines activités ou opérations peuvent être optimisées ou adaptées Certaines nouvelles activités ou opérations peuvent être réalisées L'organisation peut choisir d'acquérir de nouvelles unités d'affaires
Sous-traiter	Réseau externe Basé sur une relation avec un partenaire Une nouvelle relation peut être créée avec un vieux partenaire Une relation peut aussi être créée avec un nouveau partenaire
Collaborer	Basé sur une relation avec un partenaire Une nouvelle relation peut être créée avec un vieux partenaire Une relation peut aussi être créée avec un nouveau partenaire Certaines nouvelles activités ou opérations peuvent aussi être réalisées
Ne pas faire	Arrêter l'opération Utiliser les ressources pour d'autres activités

Source : Poulin *et al.*, 1995.

Lorsque l'option « ne pas faire » est choisie, la compagnie doit acheter des matériaux d'une source externe (par exemple, commander du bois d'œuvre ou des copeaux plutôt que de transformer le bois). La transaction peut être faite sur les marchés sur une base journalière, ou par un contrat standard avec un fournisseur.

Par ailleurs, une entreprise peut décider de sous-traiter des opérations précises à une ou à plusieurs compagnies avec une certaine forme de contrôle, selon les circonstances.

Une entreprise peut aussi choisir de collaborer avec d'autres organisations pour différentes raisons :

- économies d'échelle ;
- meilleure réponse au changement ;
- acquisition potentielle de nouvelles habiletés et compétences ;
- partage des coûts et des risques pour certaines activités ; ou
- rationalisation de la structure de l'organisation.

Comme la sous-traitance, la collaboration implique moins de contrôle sur la façon dont sont conduites les activités, le partage d'information, le besoin de mesures et, dans le cas de partenariats stratégiques, le partage des profits.

6.6 Le cas de la forêt

Il est intéressant de décrire la chaîne logistique de la forêt par ses problématiques aussi bien que par ses options stratégiques décrites auparavant. Le Tableau 14 résume les différentes décisions de planification qui s'appliquent à la forêt.

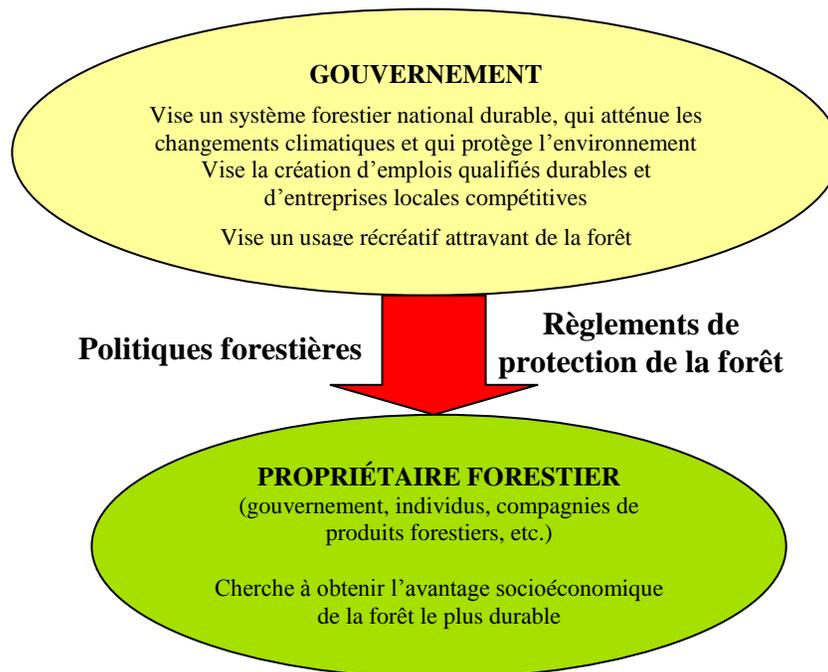
Tableau 14

Description des décisions de planification concernant la chaîne logistique de la forêt

Nature des décisions	Activités impliquées
Orientation stratégique	Politiques forestières et règlements établis pour la conservation des processus naturels des écosystèmes
Gestion de la forêt	Acquisition de terres et contrats d’approvisionnement à long terme Traitements de sylviculture dans une perspective à long terme Quantités de bois à allouer aux unités d’affaires, entreprises ou partenaires Réseau de chemins forestiers global
Planification tactique des opérations forestières	Choix du procédé de récolte Achat d’équipement Plan de sylviculture pour les cinq prochaines années et pour l’année en cours Plan de récolte pour les cinq prochaines années et pour l’année en cours Planification de la main-d’œuvre/des équipements Localisation du camp forestier Localisation du parc à grumes Principaux chemins forestiers à construire et à entretenir Choix d’un moyen de transport Choix des entrepreneurs forestiers Choix des compagnies de transport Planification de la demande
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Ordonnancement des opérations de sylviculture Ordonnancement des opérations forestières Ordonnancement de l’entretien Ordonnancement du transport Satisfaction de la demande

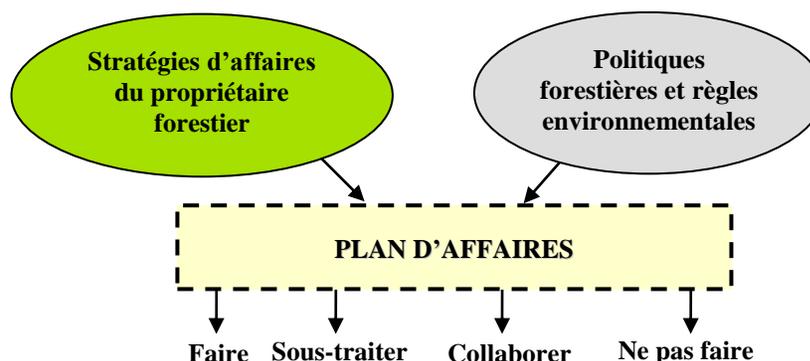
Commençons par l’orientation stratégique de la forêt. Au Canada, comme dans bien d’autres pays, le gouvernement établit des règlements et des politiques pour protéger la forêt. Par conséquent, le propriétaire forestier doit tenir compte de ces contraintes dans la planification et la gestion de ses activités (Figure 63).

Figure 63
Relations entre le gouvernement et le propriétaire forestier



À l'intérieur de la réglementation en vigueur, les propriétaires forestiers, qui peuvent être le gouvernement (forêts publiques) ou des individus, des familles, des corporations, etc., doivent planifier à long terme la capacité requise pour les années futures (possibilité de coupe), les types de produits qui seront fabriqués (volumes spécifiques disponibles à différents endroits pour la production de billes, de copeaux, de biomasse et d'autres produits), les stratégies à mettre en œuvre (traitements sylvicoles) aussi bien que les infrastructures nécessaires (réseau routier) pour assurer la qualité et la compétitivité du produit (produits du bois ou de la forêt). Les propriétaires forestiers doivent alors déterminer comment, selon leurs stratégies d'affaires, la forêt sera gérée pendant les années à venir (Figure 64).

Figure 64
Illustration des options stratégiques possibles pour les propriétaires forestiers



Les décisions ont surtout besoin d’être prises en lien avec le plan de récolte, la localisation du parc à grumes, les chemins forestiers à utiliser, l’allocation de zones forestières à d’autres compagnies, la structure de frais associée, etc. Le propriétaire forestier peut décider de mener lui-même toutes les opérations (développer le plan de récolte, choisir le moyen de transport, transformer les arbres en produits du bois, etc.) ou de sous-traiter/collaborer avec d’autres organisations ou de ne pas du tout accomplir certaines ou toutes ces activités (voir Tableau 15).

Tableau 15
Quelques exemples de décisions et d’options stratégiques pour gérer la forêt

Nature des décisions	Options stratégiques			
	Faire	Ne pas faire	Sous-traiter	Collaborer
Orientation stratégique	Établir les règles et les politiques forestières pour la protection de la forêt	Laisser les compagnies forestières décider de la façon de prendre soin de la forêt	Engager des experts pour définir la façon de protéger les ressources naturelles	Collaborer avec des associations, des organisations, etc. pour définir les politiques et la réglementation forestières
Gestion de la forêt	Déterminer la possibilité de coupe, les produits à offrir aux clients, les techniques sylvicoles, le réseau routier, etc.	Garder la forêt « comme une forêt » pour des projets futurs	Engager des consultants en gestion, des associations, etc. pour déterminer, par exemple, la possibilité de coupe	Déterminer la possibilité de coupe, le système de sylviculture à mettre en œuvre, etc. avec d’autres organisations
Planification tactique des opérations forestières	Déterminer le plan de récolte, la localisation du parc à grumes, les chemins forestiers à utiliser, etc.	Garder la forêt « comme une forêt » pour des projets futurs	Sous-traiter quelques-unes ou la totalité des activités (comme la planification de la récolte)	Collaborer avec d’autres organisations pour déterminer un plan de récolte, partager certaines ressources et information, etc.
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Établir le calendrier des opérations forestières et sylvicoles ainsi que des activités de transport, satisfaire la demande	Garder la forêt « comme une forêt » pour des projets futurs	Sous-traiter quelques-unes ou la totalité des activités à différents détenteurs d’intérêts : travailleurs sylvicoles, entreprises de transport, etc.	Travailler avec d’autres organisations pour optimiser les opérations (transport, récolte) et partager les ressources, les coûts et les risques

Dans les paragraphes suivants, trois scénarios différents seront exposés pour démontrer comment les différentes options stratégiques influent sur la planification du réseau de création de valeur. Le scénario 1 étudie un cas où la planification des opérations de récolte est sous-traitée ; le scénario 2 se déroule dans un contexte de terres publiques et le scénario 3 illustre une situation où plusieurs propriétaires forestiers sont impliqués. Tous ces scénarios sont uniques et ne peuvent être généralisés. Le but de cette discussion autour de ces

scénarios est de démontrer que les décisions de planification de la forêt demeurent les mêmes, peu importe que le propriétaire forestier soit « privé » ou « public ». Cependant, les critères et les contraintes de décisions peuvent changer selon les options stratégiques choisies par le propriétaire forestier.

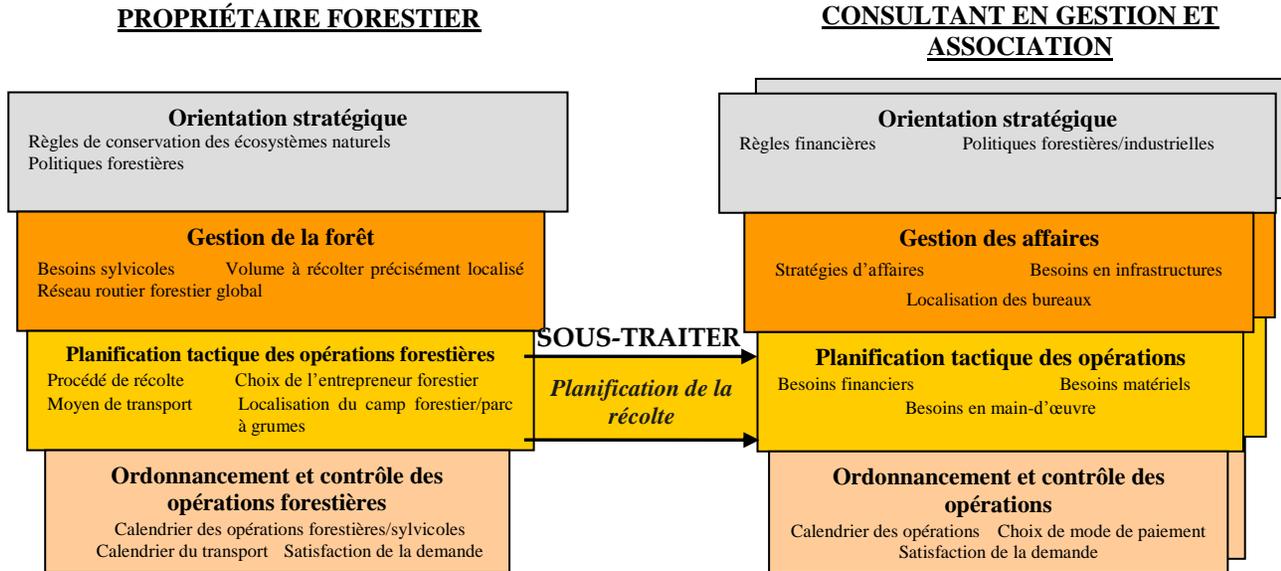
Scénario 1

Le propriétaire forestier peut décider de sous-traiter la planification de la récolte à une ou à plusieurs compagnies (consultant en gestion, association, etc.) et ensuite utiliser leur travail pour planifier toutes les activités impliquées dans l'exploitation forestière (Tableau 16). Cela peut s'appliquer à une entreprise qui est **à la fois propriétaire forestier et fabricant de produits forestiers** (Figure 65). Même dans ce cas, le propriétaire forestier n'a aucun contrôle sur les décisions stratégiques prises par le gouvernement.

Tableau 16
Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt :
planification de la récolte sous-traitée

Nature des décisions	Unité d'affaires	Tâches	Option stratégique
Orientation stratégique	Gouvernement	Établir les règles et les politiques forestières pour la protection de la forêt	FAIRE
		Établir les règles financières et les politiques industrielles pour protéger le public	FAIRE
Gestion de la forêt	Propriétaire forestier et fabricant	Déterminer la possibilité de coupe, les produits à offrir aux clients, les techniques sylvicoles et le réseau routier	FAIRE
Gestion des affaires	Consultant en gestion/association	Identifier les stratégies d'affaires qui vont mener à un avantage compétitif, l'infrastructure nécessaire, la localisation des bureaux, les services à offrir aux entreprises, etc.	FAIRE
Planification tactique des opérations forestières	Propriétaire forestier et fabricant	Déterminer le plan de récolte, la localisation du parc à grumes, les chemins forestiers à utiliser, etc.	FAIRE toutes les activités, mais SOUS-TRAITER la planification au consultant en gestion/association
Planification tactique des opérations	Consultant en gestion/association	Déterminer le niveau de ressources financières, matérielles et humaines requis	FAIRE la planification de la récolte
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Propriétaire forestier et fabricant	Établir le calendrier des opérations forestières et sylvicoles ainsi que des activités de transport, satisfaire la demande	FAIRE
Ordonnancement et contrôle des opérations	Consultant en gestion/association	Établir le calendrier des opérations et des services à exécuter pour les clients, définir les options de paiement, satisfaire la demande, etc.	FAIRE

Figure 65
Exemple d'activité sous-traitée



Scénario 2

Le propriétaire forestier peut aussi choisir de « ne pas faire », ce qui signifie garder la forêt « comme une forêt » (par exemple, pour des projets futurs) ou vendre des volumes localisés à des endroits spécifiques à d'autres compagnies (donc, sous-traiter) et les laisser responsables de la planification tactique des opérations forestières sous certaines conditions (Tableau 17). Il sera ainsi de la responsabilité de ces entreprises de définir le plan de récolte, de transformer les arbres en produits, etc. Cela s'applique aux **forêts publiques canadiennes**, où le gouvernement est le propriétaire forestier et vend des droits de coupe aux compagnies forestières (Figure 66). Le gouvernement détermine les politiques et la réglementation forestières aussi bien que les volumes spécifiques à allouer. Même si la planification tactique est sous-traitée, le gouvernement a le contrôle sur les activités. En outre, des pénalités et des incitatifs sont prévus afin de garantir un comportement environnemental durable (par exemple, des crédits pour des traitements sylvicoles, des pénalités si le volume de bois récolté est plus haut ou plus bas que celui entendu, etc.).

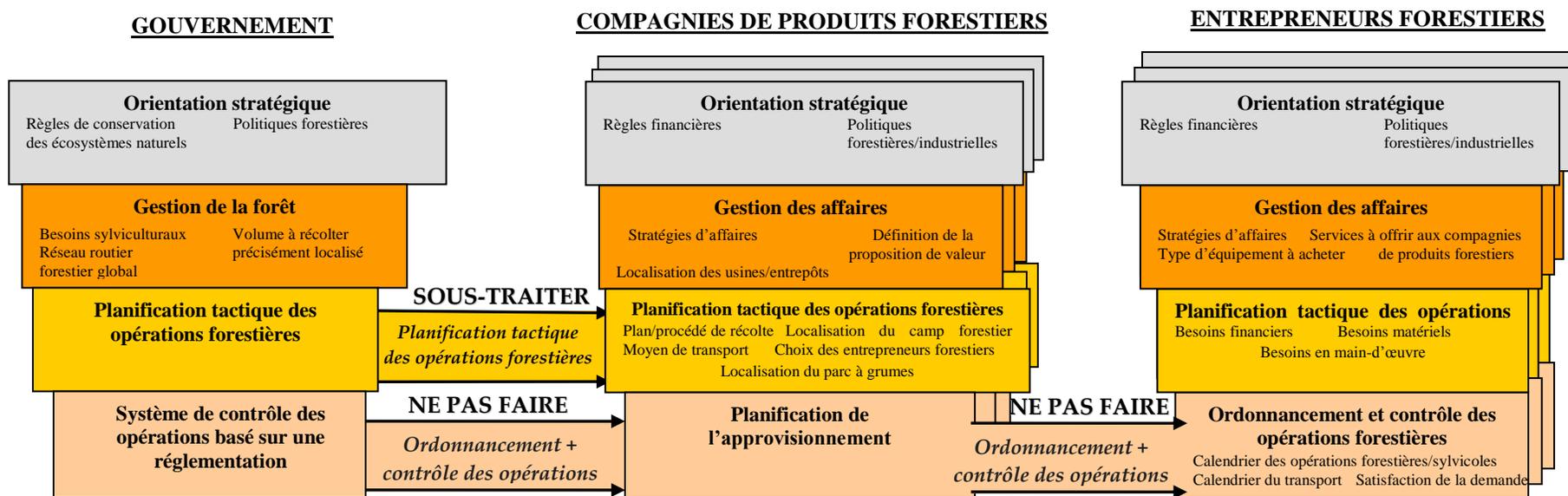
Les décisions relatives à la planification tactique ainsi qu'à l'ordonnancement et au contrôle des opérations forestières sont prises par plusieurs unités d'affaires. À leur tour, ces compagnies peuvent choisir de faire/sous-traiter/ne pas faire, en collaboration avec d'autres organisations, quelques-unes ou l'ensemble des activités impliquées. Par exemple, une entreprise de produits forestiers peut décider de collaborer avec d'autres compagnies pour déterminer le futur plan de récolte, partager certains produits (par exemple, des essences d'arbres précises) ou ressources (par exemple, engager le même entrepreneur forestier) et pour optimiser différentes activités (par exemple, le retour à charge dans le transport du

bois). Les entreprises de produits forestiers peuvent aussi décider de planifier leurs besoins en approvisionnement et ne pas s'occuper de l'ordonnancement et du contrôle des opérations forestières. En conséquence, l'entrepreneur forestier devient responsable d'accomplir les opérations forestières ; en retour, il est libre d'établir le calendrier des opérations et de les contrôler à sa guise, de sous-traiter certaines activités (par exemple, les traitements sylvicoles, le transport du bois, etc.) ou de collaborer avec une autre organisation.

Tableau 17
Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt : forêt publique canadienne

Nature des décisions	Unité d'affaires	Tâches	Option stratégique
Orientation stratégique	Gouvernement	Établir les règles et les politiques forestières pour la protection de la forêt	FAIRE
		Établir les règles financières et les politiques industrielles pour protéger le public	FAIRE
Gestion de la forêt	Gouvernement	Déterminer la possibilité de coupe, les produits à offrir aux clients, les techniques sylvicoles et les politiques de réseaux routiers forestiers	FAIRE
Gestion des affaires	Compagnies de produits forestiers	Identifier les stratégies d'affaires qui vont mener à un avantage compétitif, la proposition de valeur, la localisation des usines et des entrepôts, etc.	FAIRE
Gestion des affaires	Entrepreneurs forestiers	Identifier les stratégies d'affaires qui vont mener à un avantage compétitif, le type d'équipement à acheter, les services à offrir aux compagnies de produits forestiers, etc.	FAIRE
Planification tactique des opérations forestières	Gouvernement		SOUS-TRAITER la planification tactique aux compagnies de produits forestiers
Planification tactique des opérations forestières	Compagnies de produits forestiers	Définir le procédé de récolte, le plan de récolte, les besoins en fibre, la localisation des parcs à grumes, les chemins forestiers à utiliser, etc.	FAIRE la planification tactique
Planification tactique des opérations	Entrepreneurs forestiers	Déterminer le niveau de ressources financières, matérielles et humaines nécessaires	FAIRE
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Gouvernement	Établir un système de contrôle des opérations basé sur une réglementation	NE PAS FAIRE l'ordonnancement et le contrôle des opérations forestières
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Compagnies de produits forestiers	Définir le plan d'approvisionnement	NE PAS FAIRE l'ordonnancement et le contrôle des opérations forestières
Ordonnancement et contrôle des opérations	Entrepreneurs forestiers	Établir le calendrier des opérations sylvicoles, ordonnancer et contrôler les opérations forestières, ordonnancer les activités de transport, etc.	FAIRE l'ordonnancement et le contrôle des opérations forestières

Figure 66
Exemple basé sur la forêt publique canadienne



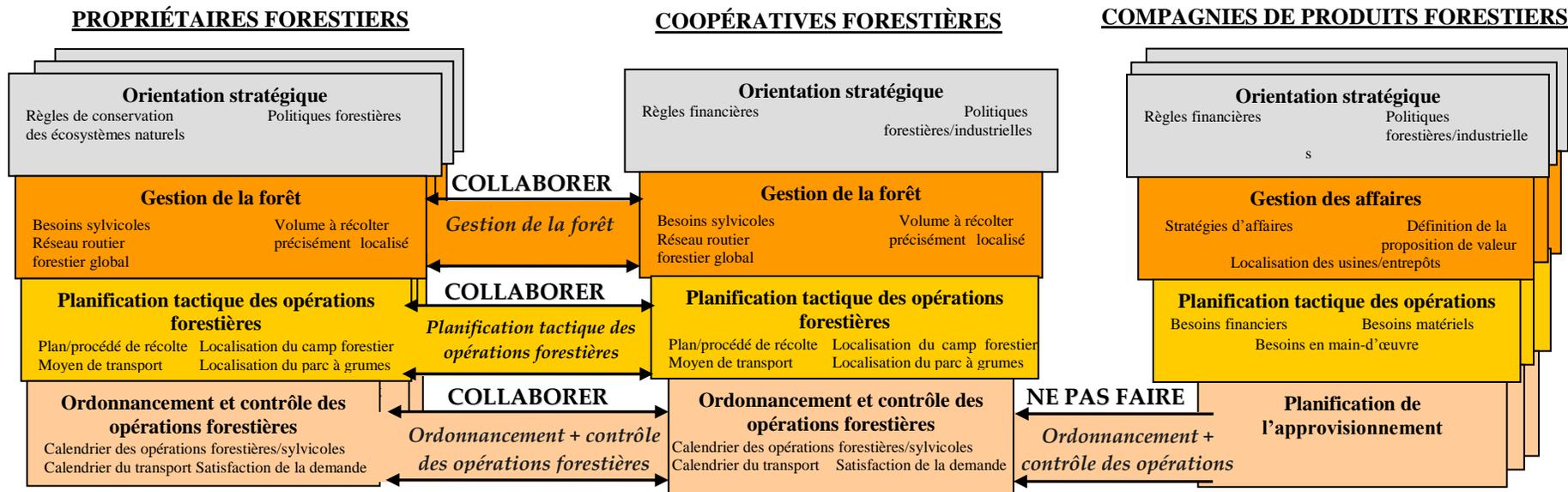
Scénario 3

Un troisième scénario s'applique **aux propriétaires forestiers qui choisissent de travailler ensemble**, formant une coopérative (Tableau 18) pour développer et gérer la forêt efficacement, ainsi que pour l'allocation de la fibre aux différentes entreprises de produits forestiers. Ils doivent par conséquent planifier ensemble toutes les opérations forestières ainsi que partager les bénéfices de leur association (Figure 67).

Tableau 18
Décisions et options stratégiques pour gérer la forêt : le cas de plusieurs propriétaires forestiers

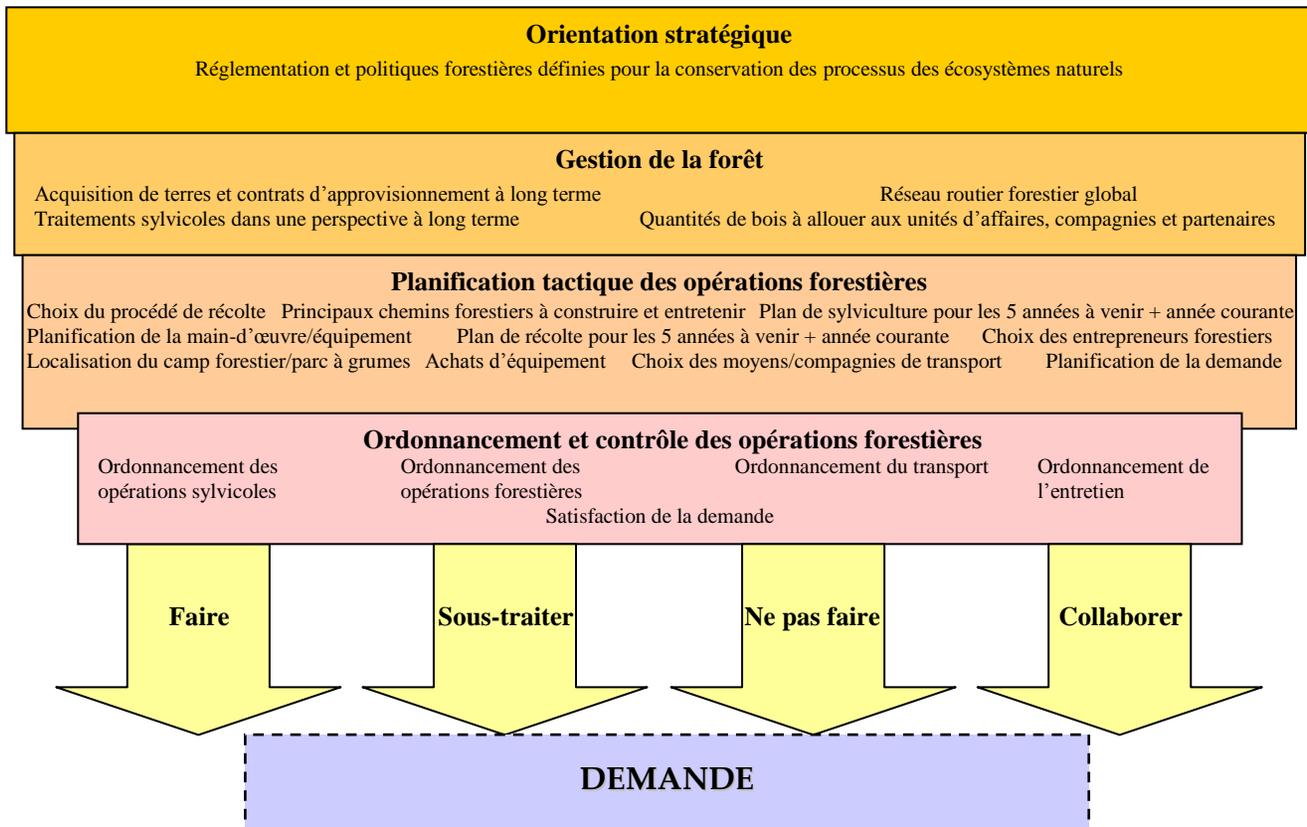
Nature des décisions	Unité d'affaires	Tâches	Option stratégique
Orientation stratégique	Gouvernement	Établir les règles et les politiques forestières pour la protection de la forêt	FAIRE
		Établir les règles financières et les politiques industrielles pour protéger le public	FAIRE
Gestion de la forêt	Propriétaires forestiers Coopérative forestière	Déterminer la possibilité de coupe, les techniques sylvicoles, les réseaux routiers forestiers nécessaires, etc.	COLLABORER
Gestion des affaires	Compagnies de produits forestiers	Identifier les stratégies d'affaires qui vont mener à un avantage compétitif, la proposition de valeur, la localisation des usines et des entrepôts, etc.	FAIRE
Planification tactique des opérations forestières	Propriétaires forestiers Coopérative forestière	Définir le procédé de récolte, le plan de récolte, les besoins en fibre, la localisation des parcs à grumes, les chemins forestiers à utiliser, etc.	COLLABORER
Planification tactique des opérations	Compagnies de produits forestiers	Déterminer le niveau de ressources financières, matérielles et humaines nécessaires pour satisfaire la demande	FAIRE
Ordonnancement et contrôle des opérations forestières	Propriétaires forestiers Coopérative forestière	Établir le calendrier des opérations sylvicoles, ordonnancer et contrôler les opérations forestières, ordonnancer les activités de transport, etc.	COLLABORER et FAIRE l'ordonnancement et le contrôle des opérations forestières
Ordonnancement et contrôle de l'approvisionnement	Compagnies de produits forestiers	Définir le plan d'approvisionnement	NE PAS FAIRE l'ordonnancement et le contrôle des opérations forestières

Figure 67
Exemple avec plusieurs propriétaires forestiers



Selon les circonstances, les détenteurs d'intérêt de la chaîne de valeur de la forêt sont donc responsables de planifier et d'exécuter différentes activités, ou ils peuvent décider de sous-traiter certaines opérations, ou encore de les exécuter en collaboration avec d'autres organisations. La Figure 68 résume le concept.

Figure 68
Évolution des décisions de planification et des options stratégiques de la forêt



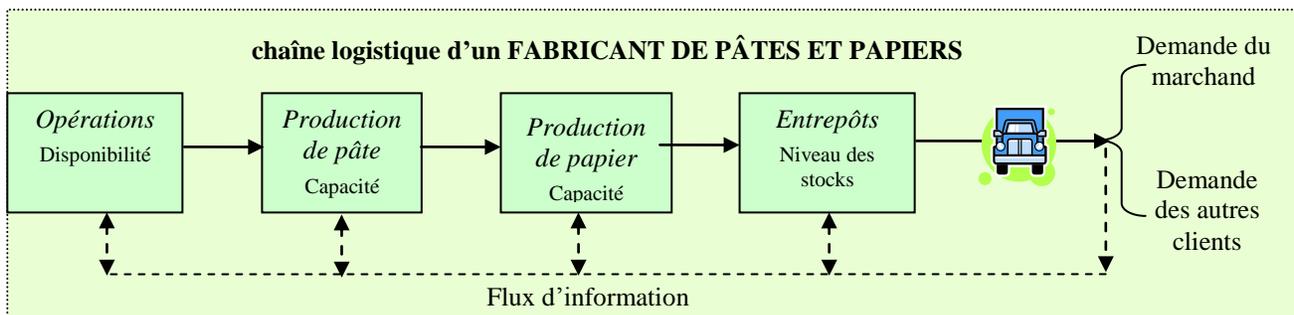
7. Les relations d'affaires

Dans les conditions économiques présentes, l'optimisation des activités du réseau n'est pas une garantie de compétitivité sur le marché mondial. Étant donné que les matières premières sont généralement achetées à plusieurs fournisseurs, que les produits sont vendus à une multitude de grossistes, de détaillants et de clients, et que les biens sont déplacés des usines aux marchés par des compagnies de transport, l'établissement et la gestion des relations d'affaires sont des facteurs clés du succès. Plutôt que de vendre ou d'acheter sans canevas de collaboration, les entreprises devraient travailler ensemble afin de mieux coordonner les activités et de répondre rapidement à la demande des clients.

7.1 Les effets de la planification décentralisée

Lorsque les entreprises prennent des décisions de planification, elles essaient avant tout de maximiser leur propre profit plutôt que le profit du réseau de création de valeur. Prenons l'exemple d'un fabricant de pâtes et papiers et de son marchand. Le fabricant doit planifier adéquatement toutes ses opérations afin de satisfaire la demande du marchand ainsi que celle des autres clients. Puisque les capacités de production et de distribution sont généralement limitées, la planification du fabricant doit également tenir compte de ce facteur. La planification visera donc à organiser les opérations de façon à générer le maximum de revenus, à minimiser les coûts d'approvisionnement, de production, de distribution et de stockage ainsi qu'à satisfaire la demande en respectant les contraintes de capacité (Figure 69).

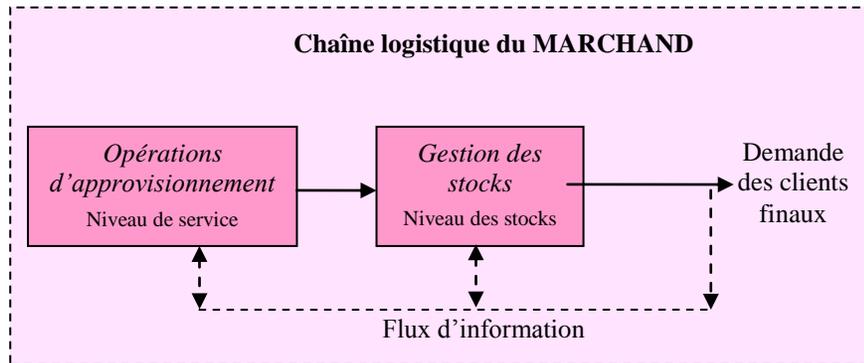
Figure 69
Chaîne logistique d'un fabricant de pâtes et papiers



Le marchand doit aussi planifier efficacement ses activités afin de satisfaire la demande des détaillants et des imprimeurs, en considérant une multitude de contraintes opérationnelles. Ainsi, le plan qui en résulte aura pour but de maximiser les revenus, de minimiser les coûts

d'achat, de commande et de stockage ainsi que de satisfaire la demande tout en respectant les contraintes de stockage (Figure 70).

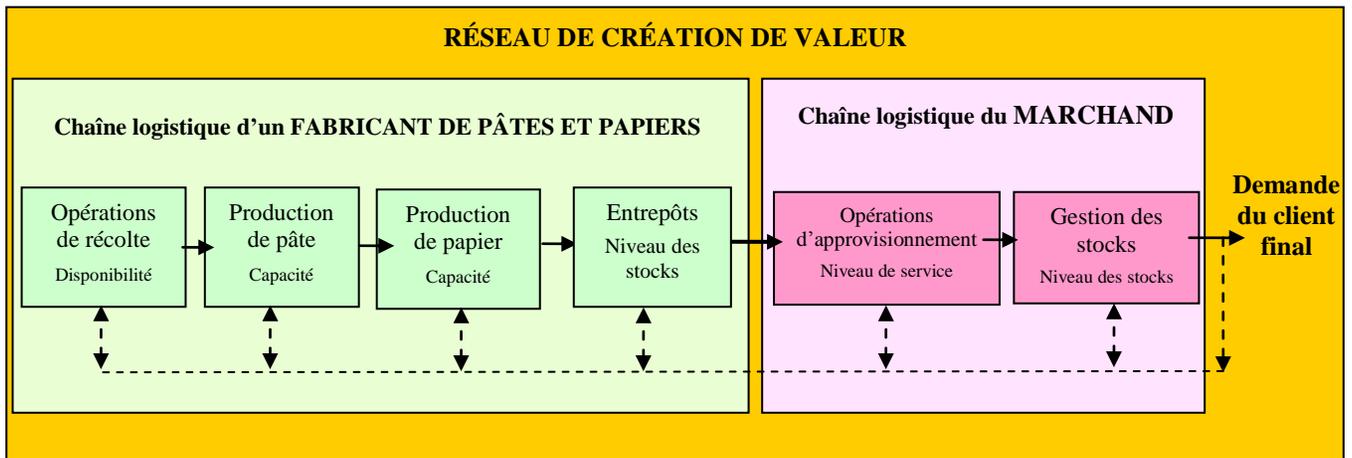
Figure 70
La chaîne logistique du marchand



En l'absence d'un canevas de collaboration ou d'un mécanisme de coordination, les opérations seront accomplies sans considération pour la chaîne de valeur. Par conséquent, les produits peuvent ne pas être disponibles au bon moment et au bon prix, les stocks du réseau de création de valeur ne seront pas optimisés et ainsi de suite. L'effet coup de fouet est un bon exemple de ce phénomène (voir la section 4.2). Par contre, si les détenteurs d'intérêts échangent de l'information et prennent des décisions qui prennent en compte la situation de l'autre organisation (par exemple, ses stocks, sa capacité et sa demande), leurs opérations seront mieux synchronisées, leurs délais vont diminuer et le niveau de service va s'améliorer.

C'est pourquoi les compagnies ont besoin de créer des relations d'affaires clés avec leurs fournisseurs, leurs distributeurs et leurs clients, afin d'améliorer non seulement leurs propres opérations, mais aussi celles de tout le réseau (Figure 71). Cela peut être atteint par la mise en œuvre d'approches collaboratives et d'incitatifs.

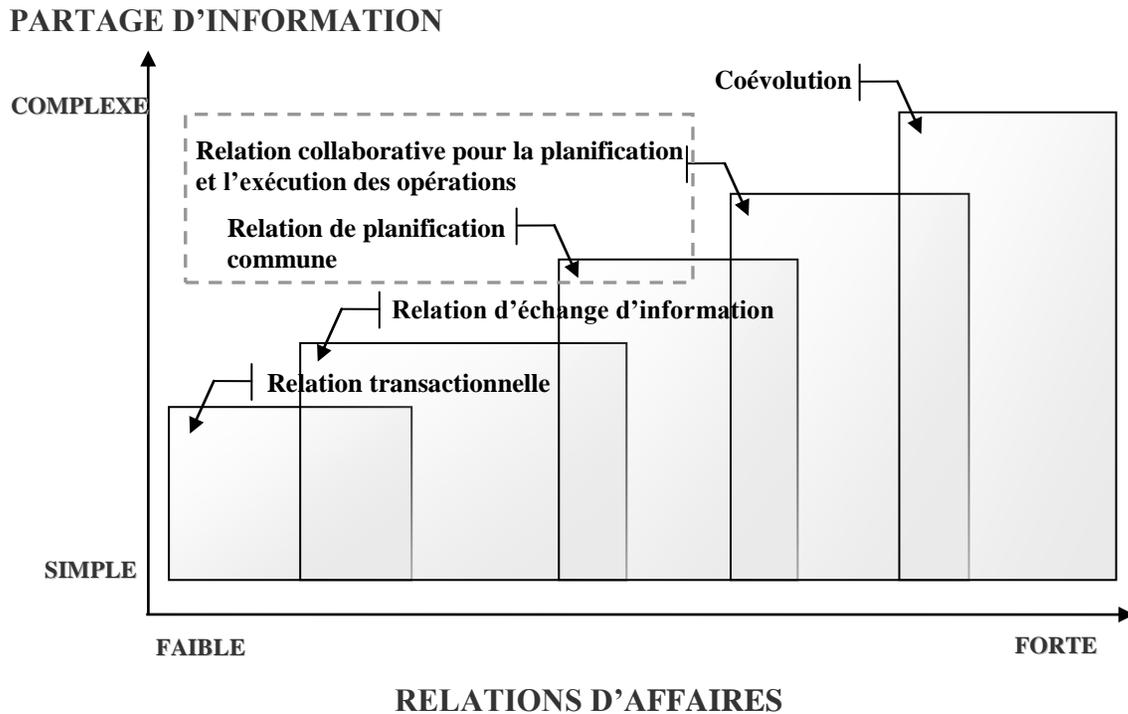
Figure 71
Le réseau de création de valeur avec échange d'information



7.2 Les collaborations d'entreprises

La collaboration survient quand deux entités ou plus forment une coalition et échangent ou partagent des ressources (incluant l'information), dans le but de prendre des décisions ou d'accomplir des activités qui généreront des profits qu'ils ne pourraient pas (ou seulement partiellement) générer individuellement. Plusieurs formes de collaboration sont possibles. La nature de l'information à échanger ainsi que le degré d'interaction entre les partenaires varient selon le type de relation mise en œuvre (D'Amours *et al.*, 2004) (Figure 72).

Figure 72
Évolution des relations d'affaires



Source : D'Amours *et al.*, 2004.

D'un côté, deux compagnies qui choisissent d'adopter une forme de collaboration simple peuvent échanger uniquement de l'information transactionnelle, comme les commandes, les paiements, les confirmations de livraison, etc. (Figure 72). De l'autre côté, les compagnies qui choisissent de faire la planification commune des opérations doivent s'entendre sur les objectifs, sur le partage d'information stratégique comme la demande client, les prévisions ou les capacités opérationnelles et choisir les indicateurs de performance clés. Une alliance stratégique ou une relation de coévolution implique aussi une forme de partenariat plus complexe qui peut mener à la création d'une nouvelle entité comme un consortium ou une coentreprise. Un consortium est un type d'alliance dont le but est de créer un regroupement de compétences ; il nécessite des investissements en termes de capitaux, de ressources et de technologies. Pour sa part, une coentreprise est une entente à long terme liant deux ou plusieurs parties afin d'atteindre un objectif commercial particulier (par exemple, abaisser les coûts de transport et de stockage, accéder à de nouveaux marchés, etc.). De plus, les parties s'entendent pour partager les frais engagés et les bénéfices de l'entreprise.

7.2.1 Les formes de collaboration

Les relations interentreprises peuvent rassembler des entités d'affaires qui sont des concurrents, des collaborateurs ou des fournisseurs/clients (Lehoux *et al.*, 2009b). La collaboration peut être verticale ou horizontale. La collaboration verticale se produit entre des unités d'affaires appartenant à la même chaîne logistique. Un exemple typique de collaboration verticale entre des unités d'affaires situées à différents niveaux dans la même chaîne logistique est le partage d'information afin de réduire l'effet coup de fouet. La collaboration horizontale se produit avec des unités d'affaires à l'extérieur de la chaîne logistique, comme un concurrent avec qui une compagnie peut partager une capacité de stockage. Les organisations d'achats de groupe sont un exemple typique de collaboration horizontale entre des acheteurs appartenant à différentes unités d'affaires. Une troisième dimension combine les collaborations horizontale et verticale.

Dans tous les cas, les partenariats sont sujets à certaines formes d'interdépendance. Elles sont énumérées et brièvement décrites dans le Tableau 19.

Tableau 19
Formes d'interdépendance

Types de relation	Descriptions
1. Interdépendance commune	Se produit quand chaque partie d'un système apporte une contribution distincte à l'ensemble, tandis que chaque partie est supportée par l'ensemble.
2. Relation fabricant-client ou relation d'interdépendance séquentielle	Relie deux activités manufacturières dans lesquelles le produit de l'une est l'intrant de l'autre.
3. Relations réciproques	Concerne les activités dont les résultats sont les intrants réciproques de l'autre activité.
4. Interdépendance intensive	Relative à la sophistication intrinsèque des activités qui sont incorporées.
5. Interdépendances tâches/sous-tâches	Relatives à la décomposition de tâches en sous-tâches.
6. Interdépendances simultanées	Survient lorsque les activités doivent être effectuées, ou non, au même moment, comme pour la planification d'une réunion.

Source : Frayret *et al.*, 2004.

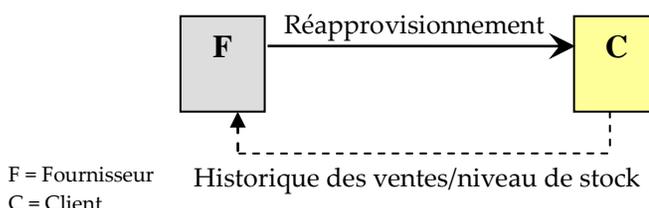
7.3 Les stratégies collaboratives

Au cours des dernières années, différentes stratégies ont été développées pour aider les entreprises à mieux travailler ensemble et à retirer des bénéfices de la collaboration.

7.3.1 La gestion des stocks par le fournisseur (VMI, *Vendor Managed Inventory*)

Le VMI est une approche développée dans les années 1980 dans laquelle le fournisseur est responsable de la gestion des stocks du client pour ses produits (Figure 73). Le fournisseur doit s'occuper de l'ensemble du processus de réapprovisionnement et est investi des pouvoirs nécessaires. La méthode vise à utiliser efficacement les capacités de production et de distribution, à accroître la visibilité, à améliorer le procédé de réapprovisionnement et à abaisser les coûts de la chaîne logistique (comme les coûts de distribution, de ruptures de stock, etc.).

Figure 73
Illustration de l'approche VMI



Source : adaptée de Lehoux *et al.*, 2008.

Cependant, mettre en œuvre ce canevas de collaboration passe par les étapes suivantes.

1. **Changements à la gestion.** Puisque le fournisseur assume de nouvelles tâches, le client perd des responsabilités (perte de contrôle de ses propres stocks). Les partenaires doivent être prêts à accepter le changement ainsi que les coûts additionnels de la nouvelle méthode.
2. **Synchronisation de l'information.** Les partenaires doivent partager différents types d'information dans un format standard qui peut être traité par leurs systèmes respectifs (par exemple, même liste de produits, mêmes codes de produits, etc.).
3. **Échanges d'information.** L'information clé comme les niveaux de stocks et les historiques des ventes doit être échangée pour planifier correctement les opérations et le procédé de réapprovisionnement. L'information juste et à jour doit être disponible au bon moment.
4. **Politiques de gestion.** Pour établir une relation avec succès, les partenaires doivent s'entendre sur le plan de réapprovisionnement, le niveau de service désiré, la fréquence des livraisons, etc.
5. **Échange des historiques des ventes.** Le client doit faire parvenir l'historique de ses ventes pour une période qui couvre au moins un an, afin que le fournisseur puisse planifier adéquatement ses opérations.

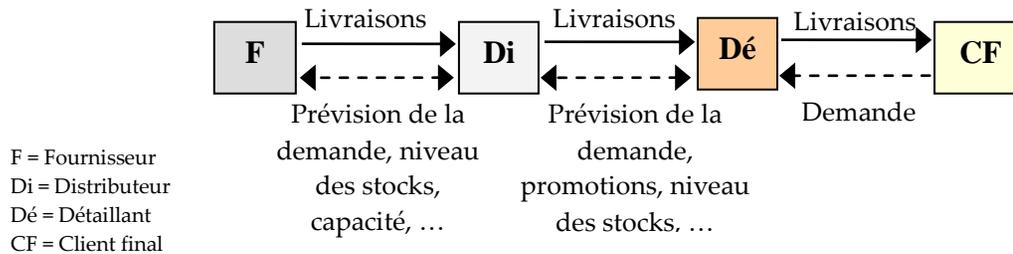
6. **Gestion de la relation.** La relation doit être gérée de façon à assurer que l'information soit bien échangée et que les niveaux de stocks et de service soient respectés.

Plusieurs compagnies de produits forestiers ont récemment mis cette méthode en œuvre avec succès. Par exemple, la compagnie Broadleaf a établi une relation VMI avec un de ses principaux clients, un marchand constructeur au Canada. Le nouveau mode de collaboration a amélioré les marges d'opération entre les sites grâce à de meilleures pratiques de gestion des stocks et des coûts réduits en capitaux. En outre, la compagnie a amélioré sa capacité à contrôler et à réduire ses délais. IKEA est un autre exemple de compagnie qui a implanté la méthode VMI afin d'optimiser sa chaîne de livraison. Avec cette approche, les stocks des centres de distribution et des magasins sont gérés par les fournisseurs de bois. Cela a rehaussé le niveau de service et a abaissé les niveaux de stocks. Le VPK Packaging Group a également établi un partenariat de type VMI avec certains de ses clients, afin d'optimiser à la fois sa propre chaîne logistique et celle de ses clients. La compagnie en a retiré des bénéfices notables, comme des coûts opérationnels réduits, une meilleure visibilité du réseau, une réduction des ruptures de stock, etc.

7.3.2 La collaboration dans la planification, les prévisions et le réapprovisionnement (CPFR, *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*)

Le CPFR est un processus collaboratif dans lequel les partenaires impliqués peuvent effectuer conjointement la planification des activités clés de leur chaîne logistique, de la production et la livraison des matières premières jusqu'à la fabrication et la livraison des produits finis aux consommateurs finaux. La collaboration englobe la planification d'affaires, la prévision des ventes et toutes les opérations nécessaires au réapprovisionnement en matières premières et en produits finis. L'objectif est de partager de l'information comme l'historique des ventes, la disponibilité du produit, les délais, etc., afin de mieux synchroniser les activités et de réduire les surplus de stocks (Figure 74). Cette technique est également utile pour identifier rapidement tout changement dans les prévisions ou les stocks, afin de corriger les problèmes avant qu'ils ne puissent avoir des répercussions négatives sur les ventes ou les profits.

Figure 74
Illustration de la méthode CPFR



Source : adaptée de Lehoux *et al.*, 2008.

L'implémentation adéquate de cette méthode peut s'avérer très complexe et nécessite des investissements notables en temps et en ressources.

1. **Entente initiale.** Les entreprises impliquées doivent décider de ce qui compose un programme gagnant : buts et objectifs, ressources nécessaires, produits visés, méthode de merchandising, etc. L'établissement d'un contrat à cette étape est une bonne façon d'assurer un engagement adéquat dans la collaboration. De plus, des indicateurs de performance clés sont nécessaires pour mesurer l'efficacité du programme.
2. **Plan d'affaires commun.** Il est nécessaire de s'entendre sur les règles de gestion, le calendrier des activités, les plans de promotion, etc., qui supporteront le programme. Chaque partenaire entre les détails du plan d'affaires commun dans son propre système et fait des ajustements sur une base régulière, selon les changements des conditions du marché et les problèmes logistiques rencontrés.
3. **Prévision collaborative des ventes.** Les partenaires doivent partager leurs prévisions de demande, identifier les zones où leurs plans ne concordent pas et les accorder.
4. **Prévision collaborative des commandes.** Une fois les premières ventes effectuées, les partenaires définissent les plans de réapprovisionnement, en tenant compte des politiques de stockage. Ces plans comprennent également un processus pour résoudre les exceptions, y compris les occasions où les commandes réelles dévient considérablement de la demande attendue. Les prévisions à court terme sont utilisées pour générer la commande, alors que les prévisions à long terme sont utilisées pour la planification.
5. **Génération de la commande.** Enfin, les commandes sont générées et livrées. Les données sur les résultats telles que l'information du point de vente, les commandes, les envois et les stocks en inventaire sont partagées. En outre, les problèmes d'exactitude des prévisions, de surstockage ou de rupture de stock ainsi que les questions opérationnelles sont identifiés et résolus.

Plusieurs entreprises ont graduellement mis en œuvre ce nouveau mode de collaboration. Kimberly Clark et Metro-Group, Procter & Gamble et Wal-Mart, Sears et Michelin, West Marine et ITT Industries sont des exemples d'entreprises qui ont choisi de travailler ensemble, partageant ainsi plus d'information et améliorant la performance de la chaîne logistique. Dans l'industrie des produits forestiers, personne n'a encore adopté cette technique, peut-être en raison du coût de sa mise en œuvre, ou bien de la « confiance » et des ressources nécessaires. Cependant, des entreprises comme Domtar ont mis en place certaines formes de collaboration avec leurs clients afin d'accroître la rentabilité du réseau entier. C'est une première étape vers l'usage possible de techniques plus sophistiquées comme le CPFR.

7.4 Les incitatifs à la collaboration

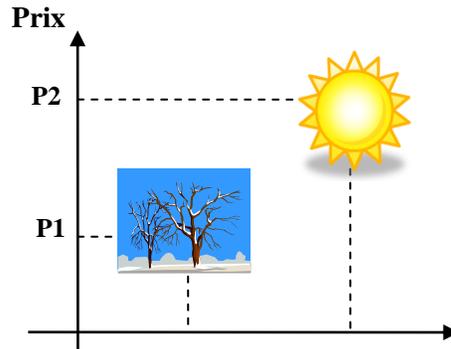
L'établissement et la gestion de collaborations interentreprises efficaces peuvent s'avérer difficiles. Les partenaires doivent choisir la bonne approche de collaboration selon leur situation et s'assurer que la relation est avantageuse pour tous. Il ne s'agit pas d'un cas où « Je gagne/trouve toi-même ton profit », puisqu'un partenaire qui ne retire pas suffisamment de bénéfices d'une relation choisira probablement de travailler avec quelqu'un d'autre. Les collaborations à long terme doivent être basées sur des avantages mutuels et le partage du risque. Cela a fait naître le besoin d'incitatifs à l'optimisation de la collaboration.

Plusieurs chercheurs ont étudié l'utilisation des incitatifs pour améliorer l'efficacité des collaborations dans la chaîne logistique. Une revue détaillée de ces méthodes et de leurs répercussions peut être consultée dans Cachon (2003).

7.4.1 Les ententes de prix

Un incitatif fréquemment utilisé est de considérer le prix demandé par le fournisseur au client. L'idée consiste à offrir un prix plus bas avant une période de forte demande (par exemple, la saison des ventes), et un prix plus élevé pendant la période de forte demande afin d'utiliser adéquatement la capacité de production et de partager les coûts de stockage (Figure 75). S'il est défini adéquatement, cet incitatif peut jouer, selon les conditions (distribution de la demande, cycle de vie du produit, volatilité des prix, etc.), un rôle important dans la coordination du réseau de création de valeur.

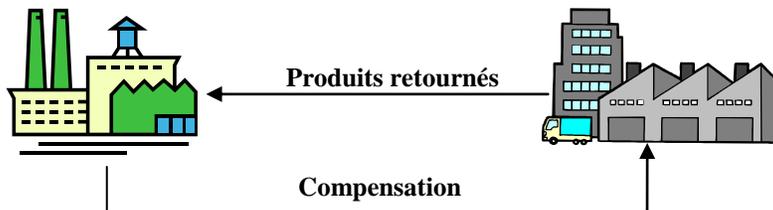
Figure 75
Entente de prix pour une chaîne logistique



7.4.2 Les contrats de rachat

Cet incitatif est basé sur les retours de produits. Le détaillant (ou le marchand, ou le client, etc.) peut retourner une partie ou tous les items invendus contre une compensation (Figure 76). Le fournisseur reçoit la valeur de récupération des items retournés à un taux fixé par unité. De cette façon, le détaillant est encouragé à commander la quantité optimale pour le réseau de création de valeur.

Figure 76
Illustration d'un contrat de rachat



7.4.3 Les contrats de partage des revenus

Avec un contrat de partage des revenus, le détaillant partage le revenu généré par les ventes avec le fournisseur en échange d'un prix d'approvisionnement plus bas. De tels incitatifs sont devenus plus répandus dans l'industrie de la location de DVD/vidéos que les contrats traditionnels de vente à prix de gros.

7.4.4 Les contrats de flexibilité des quantités

Les contrats de flexibilité des quantités sont une méthode pour coordonner les flux de matériaux et d'information des chaînes logistiques opérant dans des environnements dynamiques. En vertu de tels contrats, le détaillant doit s'engager à commander une quantité minimum, mais elle peut être ajustée lorsque de l'information plus précise devient disponible.

7.4.5 Les remises sur quantité

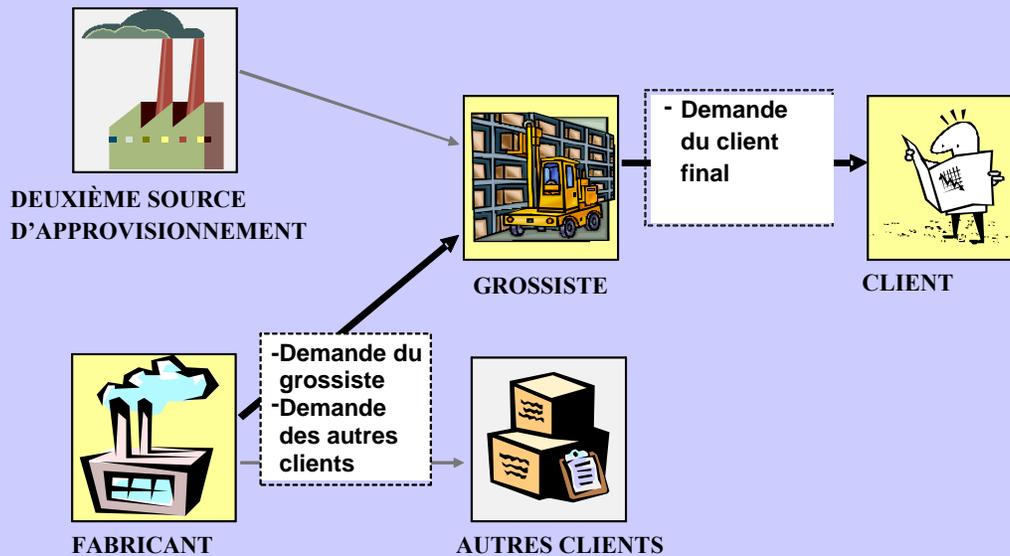
Les remises sur quantité peuvent être décrites comme des réductions de prix unitaires. Elles sont couramment employées pour encourager les acheteurs à commander la meilleure quantité pour le réseau.

D'autres incitatifs sont aussi utilisés. Ils ont tous le même objectif : coordonner les décisions des détenteurs d'intérêts et maximiser le profit du réseau de création de valeur.

Étude de cas 8

Approches de collaboration pour l'industrie des pâtes et papiers

Cette étude de cas menée par Lehoux *et al.* (2009a) porte sur un fabricant de pâtes et papiers qui veut établir un partenariat avec un de ses clients.



L'objectif était d'identifier quel modèle de collaboration assurerait un échange de produits et d'information efficace ainsi que le maximum d'avantages à la fois pour le réseau et pour chaque partenaire. Quatre approches potentielles ont été sélectionnées : un système traditionnel sans collaboration, le réapprovisionnement continu (CR), la gestion des stocks par le fournisseur (VMI) et la collaboration dans la planification, les prévisions et le réapprovisionnement (CPFR). Pour chacune des approches, on a développé et comparé des modèles de décision représentant le point de vue du fabricant et celui du grossiste.

Les résultats ont démontré que le CPFR est l'approche qui génère le plus de profit grâce à l'optimisation des coûts de transport et de stockage. Les coûts de stockage de l'approche CPFR étaient jusqu'à 44 % plus bas que les autres approches, alors que les coûts de transport pouvaient être abaissés d'autant que 18 %. L'approche VMI arrive deuxième, avec une réduction des coûts de transport. L'approche CR et le système traditionnel ont donné le profit le plus bas pour tout le réseau.

Après comparaison des profits dans le réseau, l'étude s'est attardée aux profits de chaque partenaire. Celle-ci a révélé que le CPFR générait le meilleur profit pour le fabricant, alors que l'approche CR était plus avantageuse pour le grossiste. Pour cette raison, une méthode de partage des bénéfices basée sur les coûts de transport a été définie, afin que la collaboration CPFR soit avantageuse pour les deux partenaires.

8. Revue des travaux publiés

Plusieurs des problématiques couvertes dans les sections précédentes ont été étudiées par les communautés scientifiques nationale et internationale, qui tentent de développer des outils et des stratégies concrets pour améliorer la performance de l'industrie.

8.1 Recherches nationale et internationale

Les chercheurs nationaux et internationaux s'intéressent généralement à une problématique spécifique, relative à une ou à plusieurs unités d'affaires du réseau de création de valeur des produits forestiers, d'un point de vue stratégique, tactique ou opérationnel.

Gestion de la forêt

Un premier ensemble de documents s'intéresse à la gestion de la forêt et explore différentes méthodes pour optimiser le procédé de planification à long terme. Certains de ces modèles sont basés sur la recherche opérationnelle (par exemple, la planification de la récolte, la planification de la construction et de l'entretien des routes). Par exemple, Martell *et al.* (1998) expliquent comment les modèles de recherche opérationnelle peuvent être utilisés pour supporter la planification stratégique de la gestion de la forêt aussi bien que les opérations forestières, la gestion des feux de forêt et la planification à court terme de la forêt. D'autres modèles sont basés sur la simulation (par exemple, simulation de la croissance ou de l'impact écologique). Dans le cas de la forêt publique, les gouvernements utilisent généralement des modèles de simulation afin de tenir compte de multiples critères lors de l'évaluation des différentes stratégies de gestion de la forêt. Davis *et al.* (2001) décrivent cette technique en détail. Certains modèles économiques ont aussi été utilisés pour relier la disponibilité de la fibre à la valeur des produits forestiers (pour des exemples, voir le travail de Gunn, 2007).

Cependant, étant donné le très grand nombre de scénarios pouvant possiblement influencer la planification de la gestion de la forêt et la masse d'information requise, certains chercheurs ont proposé une approche de planification hiérarchique. Comme mentionné par Gunn (2005), l'approche de planification hiérarchique découle de l'observation d'une hiérarchie naturelle dans les problèmes de décision, et la hiérarchie de ces décisions correspond souvent à la hiérarchie de la gestion. À la première étape, on décide des traitements à l'égard du volume, et ce premier ensemble de décisions devient les contraintes de la planification spatiale lors de la deuxième étape (voir des exemples dans Weintraub et Cholaky, 1991 ; Hof et Pickens, 1987 ; Church *et al.*, 1994 ; Gunn, 1991, 1996 et 2005).

Problématiques spatiales et environnementales

Beaucoup de travail a également été effectué sur les aspects environnemental et spatial de la forêt. Avec l'avènement des systèmes d'information géographique (SIG) et de leurs données spatiales, la gestion intégrée de la forêt et les pratiques de planification des récoltes ont commencé à montrer un intérêt grandissant pour les relations spatiales et les conditions environnementales. Les problématiques spécifiques comprennent : la promotion de la richesse et de la diversité de la faune, la création d'habitats favorables à la flore et à la faune, le maintien de la qualité des sols et des eaux, la préservation de la beauté des paysages et la garantie de la durabilité. Les modèles tactiques cherchent à répondre à ces questions, implicitement ou explicitement, en structurant les relations de contrainte nécessaires et en limitant les répercussions spatiales.

L'une des principales approches de modélisation au plan tactique des relations spatiales et des conditions environnementales utilise des restrictions de contiguïté ainsi que des exigences de fin de la période de feuillaison. Plus précisément, une limite d'impact local est établie pour contraindre l'activité locale dans une période de temps donnée. Dans le cas d'une coupe totale, par exemple, cela correspond à une zone ouverte maximale, qui est imposée sur n'importe quel plan d'aménagement. Un autre exemple important est relié à la faune et aux exigences de maintien de parcelles d'habitats matures (c'est-à-dire des zones contiguës d'un certain âge) pour permettre aux animaux de vivre et de se reproduire. À cette fin, les zones potentielles doivent être groupées pour former des parcelles (voir Öhman et Eriksson, 1998).

Plusieurs modèles incorporent le maximum des zones ouvertes et les restrictions de contiguïté. Ils peuvent être séparés en deux groupes : les modèles de restriction des unités et les modèles de restriction des zones. Dans la première approche, les zones de récolte sont définies de telle façon que deux zones adjacentes ne peuvent être récoltées sans dépasser les limites de zone découverte (voir Murray, 1999). Dans la deuxième approche, les zones de récolte ne sont pas prédéterminées, mais sont générées en utilisant de plus petits blocs. Dans un tel modèle, il est possible de récolter deux zones adjacentes, mais on doit gérer directement les restrictions sur la zone découverte maximale lors de la définition des zones. La seconde approche a le net avantage d'offrir beaucoup plus de possibilités (voir pour exemples McDill *et al.*, 2002 ; Murray et Weintraub, 2002 ; Goycoolea *et al.*, 2005 et Gunn et Richards, 2005).

Même si les décisions stratégiques de gestion de la forêt sont supportées par les modèles d'approvisionnement en bois, ces modèles n'ont généralement pas la capacité d'intégrer la capacité de transformation des propriétaires forestiers ou de leurs clients (par exemple, les scieries, les usines de pâte) ni la valeur et les coûts des produits forestiers, ces deux derniers étant étroitement liés à la localisation des usines

et des marchés. Gunn et Rai (1987) se sont penchés sur cette question et ont proposé un modèle supportant la planification à long terme des récoltes forestières dans une structure industrielle intégrée. Schwab *et al.* (2009) ont utilisé un modèle à base d'agents pour analyser les effets d'une baisse des marchés dans l'industrie états-unienne des produits forestiers sur la structure de l'industrie forestière et sur les coupes de récupération du pin ponderosa atteint par le dendroctone en Colombie-Britannique. Pour chaque année de simulation, le modèle exécute la modélisation de la croissance et du rendement, en plus de la planification de la production, de la récolte et de la transformation, de l'établissement des prix des produits et des négociations sur les marchés.

Récolte et transport

Plusieurs études ont été consacrées à l'optimisation des systèmes de chemins forestiers et aux choix de l'infrastructure de transport (voir Epstein *et al.*, 2007). Par exemple, Richards et Gunn (2000, 2003) expliquent les défis de la conception d'un réseau de chemins forestiers, alors que Andalaft *et al.* (2003) présentent un modèle appelé OPTIMED, conçu pour optimiser simultanément, sur un horizon de planification de deux à trois ans, le plan de récolte, l'entreposage saisonnier et le déploiement du réseau routier. De plus, Olsson (2004) et Henningsson *et al.* (2007) ont mis au point des modèles basés sur des techniques de recherche opérationnelle qui intègrent des décisions à propos de la restauration de transport et de chemins existants afin de fournir un accès à des zones de récolte disponibles pendant le dégel printanier, lorsque seuls certains chemins sont utilisables. Le modèle utilisé par Henningsson *et al.* (2007) est à la base du système d'aide à la décision RoadOpt (voir Frisk *et al.*, 2006a), développé par le Forestry Research Institute of Sweden.

Parce que le transport constitue une large part des opérations forestières, la planification de la récolte est parfois combinée à la planification du transport et de l'entretien des routes, sur un horizon de planification annuel. Karlsson *et al.* (2004) ont proposé un modèle basé sur des programmes linéaires mixtes en nombres entiers qui peut être utilisé pour résoudre ce problème de planification à composantes multiples. Un article précédent des mêmes auteurs (Karlsson *et al.*, 2003) a présenté un modèle qui incorpore la gestion des équipes, du transport et du stockage. On compte parmi les autres problématiques importantes du transport la possibilité d'intégrer d'autres moyens de transport au transport par camion, plus précisément le transport par train et par bateau (voir Forsberg *et al.*, 2005 et Broman *et al.*, 2006). Les opérations de transport sont le lien opérationnel entre la chaîne logistique de la forêt et les autres chaînes logistiques. Étant donné que les coûts de transport comptent pour une large proportion du coût total de la fibre de bois livrée à une usine, plusieurs équipes de recherche partout dans le monde travaillent à résoudre ces problèmes par des retours

en charge optimaux afin de réduire les coûts de transport (voir, par exemple, Carlsson et Rönnqvist, 2007).

Plusieurs systèmes avancés ont également été créés pour résoudre ce type de problème. De bons exemples pourraient être le système de planification des routes et des équipements PLANS (voir Twito *et al.*, 1987) ou un système semblable introduit en Nouvelle-Zélande et décrit par Cossens (1992). Ces deux systèmes sont utilisés pour simuler les choix de zones de récolte, les routes à construire pour récolter les zones et les volumes de bois qui peuvent être récoltés. L'utilisateur suggère la localisation des équipements et, de façon interactive et visuelle, le système détermine les zones qui seront récoltées par chaque machine, les routes qui doivent être construites et les volumes de bois qui peuvent être récoltés. Jarmer et Sessions (1992) ont développé un système pour analyser les possibilités de différentes configurations de débardage par câble. Epstein *et al.* (2006) ont créé un système qui intègre les décisions de localisation des équipements. Leur système, basé sur une interaction usager-SIG et une heuristique pour déterminer les bonnes solutions, a été utilisé avec succès par des entreprises forestières au Chili et en Colombie.

La problématique du jumelage du bois sur pied avec des commandes de produits spécifiques a été abordée par quelques chercheurs. Par exemple, Carlgren *et al.* (2006) ont développé un modèle qui intègre le transport et le classement à l'étape de la récolte. Classer les billes en forêt mène à des coûts de récolte et de transport plus élevés, mais fournit des billes de meilleure qualité pour la production des scieries. En améliorant la planification du transport (par exemple, en utilisant les retours à charge), les coûts de récolte plus élevés peuvent être amortis. En outre, les décisions de tronçonnage sont fréquemment intégrées dans le choix des peuplements à récolter. Par exemple, différentes méthodes de tronçonnage ont été explorées par McGuigan (1984), Eng *et al.* (1986), Mendoza et Bare (1986), Briggs (1989) et Sessions *et al.* (1989). Des applications réussies de ces méthodes ont été rapportées en Nouvelle-Zélande par Garcia (1990) et au Chili par Epstein *et al.* (1999). Le tronçonnage peut être effectué aux scieries, où chaque arbre est balayé et analysé individuellement, ou en forêt, en installant des optimiseurs sur les abatteuses mécanisées. Marshall (2007) a étudié deux approches de base : tronçonnage à la valeur, où des prix précis sont assignés à chaque produit, et le tronçonnage à la demande, dans lequel les produits sont récoltés pour satisfaire des commandes précises. Des codes commerciaux ont été développés pour ces procédés et sont maintenant utilisés par les entreprises forestières.

Marinescu *et al.* (2005) ont analysé comment allouer le bois aux différentes compagnies de produits forestiers dans le but de maximiser la valeur à la fois du profit et de l'emploi générés par la transformation des billes en bois d'œuvre. Ils ont procédé à une étude de cas impliquant trois compagnies de produits forestiers pour

valider le modèle. Dans un deuxième article, Marinescu et Maness (2008) proposent comme outil d'aide à la décision un modèle plus complexe pour analyser les compromis entre cinq critères de gestion de la forêt : le profit, l'emploi, la faune, les loisirs et la qualité visuelle. Avec ce modèle, ils ont démontré que l'allocation des bois peut contribuer à la rentabilité par la promotion de l'efficacité manufacturière et de la flexibilité pour s'adapter aux fluctuations des conditions du marché.

Routage opérationnel

Des systèmes efficaces pour optimiser le routage opérationnel ont aussi été développés. Par exemple, ASICAM (voir Weintraub *et al.*, 1996) est un système de support à la décision pour les camions forestiers qui a reçu le prix Franz Edelman en 1998. Ce système est actuellement utilisé par plusieurs compagnies forestières au Chili et dans d'autres pays sud-américains. Il repose sur une heuristique basée sur la simulation pour produire un calendrier journalier. Il y a aussi le système suédois RuttOpt (voir Flisberg *et al.*, 2007 ou Andersson *et al.*, 2007), qui établit des routes détaillées pour plusieurs jours et qui intègre un SIG avec une base de données routières. Les essais de ce système ont démontré des réductions de coût de l'ordre de 5 % à 20 % comparativement aux solutions manuelles. De plus, les chercheurs Palmgren *et al.* (2003, 2004) ont utilisé une méthode mathématique pour résoudre un problème caractérisé par un seul type de camion et un horizon de planification d'une journée, alors que Murphy (2003) a formulé un modèle général de programmation en nombres entiers pour l'optimisation du routage, mais utilisé uniquement pour la planification tactique. Gronalt et Hirsch (2005) ont décrit une méthode pour déterminer les routes selon un ensemble de destinations données. Leur formulation intègre des fenêtres de temps et des dépôts multiples pour résoudre de petits problèmes n'impliquant qu'une période de temps.

La répartition implique de déterminer continuellement les routes (ou des routes partielles) pendant la journée, en tenant compte des événements en temps réel (par exemple, la file d'attente, la mauvaise température, les pannes de camion). Rönnqvist et Ryan (1995) ont décrit une méthode pour la répartition, qui trouve des solutions pour une flotte de camions en quelques secondes.

Les systèmes Åkarweb et MaxTour sont basés sur des modèles de flux tactiques, et leurs résultats sont utilisés pour supporter le routage et l'établissement des calendriers manuels. Åkarweb (voir Eriksson et Rönnqvist, 2003) est un système Web qui calcule les commandes de transport potentielles chaque jour en résolvant un problème de retour à charge basé sur la programmation linéaire. MaxTour, développé au Canada par FPInnovations-Feric et le CIRRELT (présenté par Gingras *et al.*, 2007), combine des chargements prédéfinis en paires origine/destination. Dans ce système,

la destination de la bille est déjà déterminée, et MaxTour est tout d'abord utilisé pour définir des itinéraires de retour à charge simples plutôt que des calendriers.

Les opérations de débusquage constituent un autre type de problème de routage. Récemment, Flisberg et Rönnqvist (2007) ont proposé un système conçu pour supporter les opérations de débusquage dans les secteurs de récolte. Avec l'utilisation du système d'aide à la décision, ils ont acquis une meilleure sélection des routes et observé une amélioration des opérations de débardage (environ 10 %). De plus, ils ont obtenu de meilleures données sur la localisation des volumes en forêt qui pourront être utilisées pour la planification du transport par camion.

Pâtes et papiers

Les chercheurs et les praticiens n'ont commencé que récemment à s'intéresser aux problématiques de design de la chaîne logistique dans l'industrie des pâtes et papiers. Cela peut être attribuable au fait que l'industrie évolue traditionnellement selon un modèle poussé dans lequel les principales décisions se résument à « où » et « quand » couper les arbres, suivies par les décisions à propos de la transformation et de la vente des produits résultants.

Bender *et al.* (1981) ont été parmi les premiers à se pencher sur la conception de réseaux de production/distribution pour l'industrie des pâtes et papiers. Leur article explique comment la compagnie International Paper a analysé et résolu ses problématiques de design de réseau à l'aide de modèles mathématiques. Martel *et al.* (2006, voir aussi la section 9) ont proposé un modèle de recherche opérationnelle pour optimiser la structure de réseaux de production/distribution de pâtes et papiers internationaux. Dans leur rapport, les auteurs ont cerné les principaux facteurs exerçant une influence internationale sur l'industrie et démontré comment on peut tenir compte de ces facteurs lors de la conception d'une chaîne logistique. Cependant, leur ajout au modèle de planification accroît considérablement la complexité du problème. Les auteurs ont démontré comment ce genre de problème pouvait être résolu à l'aide d'un modèle générique de réseau de production/distribution aux prises avec des procédés de type *plusieurs à plusieurs*. Dans leur modèle, l'apport en fibre est un facteur de contrainte et les décisions de récolte ne sont pas optimisées.

Gunnarsson *et al.* (2007) ont développé un modèle de planification stratégique pour la chaîne logistique de la pâte kraft de Södra Cell. L'objectif principal du modèle était d'optimiser l'allocation des divers produits aux usines. Södra Cell détenait cinq usines produisant de la pâte kraft, trois en Suède et deux en Norvège. L'ensemble de la chaîne logistique est décrite dans un modèle de programmation linéaire mixte en nombres entiers. Tous les contrats potentiels avec les clients individuels, ainsi que les prix nets qu'on s'attend à obtenir, sont définis du côté demande du modèle.

L'utilisateur choisit si un contrat donné doit être pris dans son entier ou si on peut en choisir une partie. Différents moyens de transport peuvent être choisis pour le transport de la pâte vers sa destination finale. On permet une variation des recettes de pâte en termes de quantités des divers types de fibres utilisés pour fabriquer différents produits, selon une échelle minimum/maximum. Ce modèle est utilisé par les gestionnaires de Södra Cell pour évaluer les différents scénarios de disponibilité et de prix de la fibre, ou pour optimiser la composition du portfolio de produits. En réalité, puisque les coûts de transition sont assez élevés, devoir produire plusieurs produits différents, spécialement lorsque du bois feuillu et du bois résineux sont mélangés sur une même ligne de production, génère des coûts importants pour une usine de pâte kraft.

Gunnarsson *et al.* (2006) ont abordé le design stratégique du réseau de distribution de Södra Cell, qui affrétait à long terme trois navires uniquement pour la distribution de la pâte. L'efficacité du routage des bateaux dépend de la structure du terminal. Lorsqu'il y a quelques terminaux à haut volume, il y a plus de chances que le bateau soit déchargé en une seule fois, mais devra arrêter à deux ou plusieurs terminaux pour être déchargé s'il y en a plusieurs à faible volume. Les auteurs ont développé un modèle dans lequel la localisation des terminaux et le routage des bateaux sont combinés. Il s'agit d'un exemple de planification stratégique où il est important de tenir compte de certains aspects opérationnels (par exemple, le routage des bateaux).

Philpott et Everett (2001) ont développé pour Fletcher Challenge un modèle d'optimisation (PIVOT) pour la chaîne logistique du papier. PIVOT est utilisé pour optimiser l'allocation de l'approvisionnement aux usines, des produits aux machines à papier et les machines à papier aux marchés. Le cœur du modèle est un modèle de chaîne logistique plutôt générique formulé dans un programme mixte en nombres entiers. Plusieurs restrictions ont ensuite été ajoutées pour modéliser les conditions particulières à chaque usine, comme les interdépendances entre des machines à papier dans une usine et des coûts de distribution avantageux dans certaines directions en raison d'occasions de retour à charge. La mise en œuvre réussie de PIVOT a mené à un développement plus poussé du modèle par les auteurs, en collaboration avec l'équipe de gestion de Fletcher Challenge.

Everett *et al.* (2000) ont quant à eux proposé le modèle SOCRATES, qui a été développé pour planifier des investissements sur six machines à papier pour deux usines de l'île de Vancouver (Canada). Ce qui distingue SOCRATES de PIVOT est l'intégration de contraintes de capital et l'utilisation d'un horizon de planification multipériode. Ce modèle a été poussé plus loin dans le modèle COMPASS (voir Everett *et al.*, 2001), implanté dans trois usines de Norske Skog en Australie et en Nouvelle-Zélande. La fonction économique a été modifiée pour tenir compte de

l'imposition dans les deux pays, et une fonction a été ajoutée pour permettre les variations dans les types de pâte de bois entrant dans les recettes de papier selon des décisions d'investissement en capitaux. Ils voulaient évaluer, selon l'investissement en capital fait sur la machine, l'usage potentiel d'une recette moins coûteuse.

D'autres modèles intéressants ont été développés pour supporter la planification tactique de l'industrie des pâtes et papiers. Bredström *et al.* (2004), par exemple, en ont développé un pour le fabricant de pâte suédois Södra Cell. Ce modèle peut être utilisé pour planifier en tenant compte des sources de bois individuelles, des usines et même des zones de demande agrégées ou, encore, pour obtenir des calendriers de production individuels pour les usines. Malgré un plus grand nombre de changements, les coûts logistiques et l'entreposage global sont réduits avec le calendrier optimisé comparativement à ceux obtenus avec la planification manuelle.

À l'échelle opérationnelle, Murthy *et al.* (1999) ont optimisé le problème de planification de la production en plusieurs étapes de la fabrication du papier. On entend ici par « planification » l'assignation de commandes aux machines (possiblement en des endroits différents), l'établissement de l'ordre des commandes et l'horaire du rognage pour chaque machine ainsi que la planification du chargement. Les auteurs ont rapporté plusieurs mises en application par l'entreprise états-unienne Madison Paper Inc. qui ont généré des économies substantielles grâce à une diminution des pertes de rognage et des coûts de distribution. Keskinocak *et al.* (2002), Menon et Schrage (2002) et Correia *et al.* (2004) ont aussi contribué à cette idée d'intégrer les approches de coupe et l'ordonnancement dans une stratégie de fabrication sur commande. Un exposé général sur le problème de la production/distribution synchronisée nous est offert par Martel *et al.* (2005), définissant le problème selon trois stratégies : produire pour stocker, couper à la commande et produire à la commande. Bredström *et al.* (2005) se sont intéressés à la planification opérationnelle de la distribution de pâte. Leur modèle se concentre sur le routage et les horaires des bateaux, en coordination avec d'autres moyens de transport comme le camion et le train.

Bergman *et al.* (2002) ont étudié la coupe des rouleaux dans les usines de papier. La coupe des rouleaux est un problème théorique bien connu pour lequel des solutions efficaces existent. Cependant, il y a plusieurs problématiques pratiques à considérer dans une installation industrielle, comme un nombre de couteaux limité dans la bobineuse, les produits qui doivent (ou ne doivent pas) être coupés selon le même patron, les échéances des différents produits et l'espace de stockage limité. Une autre question pratique consiste à réduire le nombre de patrons de coupe à partir d'un nombre minimum de rouleaux, afin de limiter les coûts et les temps de configuration. L'article décrit un système qui tient compte de ces questions et fournit les résultats de

tests dans un ensemble d'études de cas. D'autres modèles de coupe des rouleaux particulièrement adaptés à l'industrie du papier ont été présentés par Sweeney et Haessler (1990).

Enfin, Flisberg *et al.* (2002) ont décrit un contrôle en ligne du procédé de blanchiment d'une usine de papier. Le problème consistait à déterminer la quantité de produits chimiques à ajouter à chaque étape du blanchiment. Le but du système est d'aider les opérateurs à minimiser l'usage de produits chimiques, réduisant ainsi leur coût, et à améliorer la brillance de la pâte (au fil du temps) avant qu'elle n'atteigne les machines à papier.

Bois d'œuvre, panneaux et bois d'ingénierie

En ce qui concerne la chaîne logistique du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie, les chercheurs se sont penchés sur plusieurs problèmes.

Par exemple, dans le domaine de la seconde transformation, Farrell et Maness (2005) ont utilisé une base de données relationnelle pour créer un système de support à la décision. Ce système, qui est utilisé pour analyser les problématiques à court terme de la planification de la production, est capable d'évaluer des stratégies de production dans l'environnement hautement dynamique qui caractérise un large éventail d'usines de deuxième transformation du bois. Donald *et al.* (2001) ont analysé les avantages de l'intégration des première et deuxième transformations. Ils ont développé deux modèles de planification de la production, l'un sans intégration des installations à valeur ajoutée, et l'autre qui optimise la production du parc à grumes de la scierie jusqu'à la deuxième transformation. Ils ont démontré que les décisions de production de l'installation à valeur ajoutée ont une influence non négligeable sur les décisions de production de la scierie. L'intégration des deux installations a généré une augmentation des revenus de 10 %.

Dans le domaine des produits de bois d'œuvre, Maness et Adams (1993) ont proposé un modèle intégrant les procédés de tronçonnage et de sciage. Sous la forme d'un programme mixte en nombres entiers, ce modèle relie le tronçonnage et le sciage des billes selon la configuration de l'usine. Ce système peut gérer la distribution de la matière première d'une scierie pendant une période de planification pour un produit dont la demande est connue. Plus tard, Maness et Norton (2002) ont proposé une extension de ce modèle capable de gérer plusieurs périodes de planification.

Un système d'aide à la décision pour la planification stratégique, tactique et opérationnelle d'une scierie qui effectue aussi le tronçonnage a été développé par Reinders (1993). Ce modèle ne tient pas compte des autres procédés comme le séchage et le rabotage.

Frayret *et al.* (2007, voir aussi la section 9) et D'Amours *et al.* (2006, voir aussi la section 9) ont proposé une plateforme expérimentale à base d'agents servant à modéliser différentes configurations de la chaîne logistique du bois d'œuvre (c'est-à-dire plusieurs usines et relations client/fournisseur génériques) pour étudier les impacts de différentes approches de planification et de design stratégiques sur les performances des chaînes logistiques. Ce modèle représente les procédés de sciage comme des choix de procédés « un à plusieurs » contraints par la capacité du goulot d'étranglement. Les procédés de séchage sont également représentés comme des procédés « un à plusieurs », au cours desquels le bois vert est séparé en groupes selon des règles précises ; les possibilités de programmes de séchage, incluant le séchage à l'air libre, sont considérées. Tout comme les deux procédés précédents, les procédés de finition sont modélisés comme des procédés « un à plusieurs », mais cette fois, avec des contraintes de configuration. Les chercheurs ont utilisé différents plans de mise en œuvre pour valider le système, y compris la mise en application dans l'industrie pour tester la capacité de mise à l'échelle de la plateforme. Des simulations ont de plus été effectuées pour évaluer diverses stratégies pour l'industrie du bois d'œuvre selon différents contextes d'affaires. Le simulateur a été capable de composer avec plusieurs scieries, installations de séchage et équipements de finition. Pendant la simulation, l'approvisionnement en bois était établi comme une contrainte, et les patrons de demande étaient générés de façon stochastique selon les comportements des clients à forfait et sur le marché instantané. Pour aider les planificateurs à prendre des décisions tactiques et stratégiques, la plateforme simule la chaîne logistique au plan opérationnel, en planifiant les activités d'approvisionnement, de production et de distribution à exécuter à chaque quart de travail ou à chaque jour de l'horizon de planification.

La communauté scientifique a également analysé la planification tactique pour les industries du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie. Lidén et Rönnqvist (2000), tout comme Singer et Donoso (2007), ont exploré la complexité de l'intégration des différentes unités d'affaires de la chaîne logistique du bois d'œuvre. Lidén et Rönnqvist (2000) ont introduit CustOpt, un système d'optimisation intégré qui permet à une chaîne logistique du bois de satisfaire la demande de ses clients au coût minimum. Ce système intégré, qui est un outil d'aide à la décision tactique sur un horizon de planification de trois mois, a été testé dans des conditions impliquant de deux à cinq secteurs de récolte, deux scieries et deux usines de rabotage.

Dans la même perspective, Singer et Donoso (2007) ont présenté un modèle pour optimiser les décisions de planification de l'industrie du sciage. Ils ont modélisé une chaîne logistique composée de plusieurs installations de sciage et de séchage, ainsi que les capacités de stockage disponibles après chaque procédé. Dans ce problème, chaque scierie est traitée comme une compagnie indépendante, rendant impératif le

partage aussi équitable que possible des commandes moins payantes et des commandes payantes. Le modèle permet les transferts, l'externalisation, les échanges de production et d'autres arrangements collaboratifs. Le modèle proposé a été mis en application à AASA, une société chilienne possédant 11 scieries. À partir des résultats des tests, les auteurs ont recommandé l'utilisation des transferts, malgré les coûts de transport explicites occasionnés. Ils ont aussi recommandé que quelques usines se concentrent sur les premières étapes de transformation, laissant les étapes de finition aux autres.

Au plan opérationnel, plusieurs chercheurs ont étudié les problèmes de coupe. Les difficultés provenant des défauts et du classement du bois rendent souhaitable l'approche de problèmes plus complexes en deux ou même en trois dimensions. On pourrait prendre en exemple l'étude de Todoroki et Rönnqvist (2002) qui s'est penchée sur ces problèmes, en essayant d'atteindre le patron de coupe optimal pour des morceaux à dimensions spécifiées à partir de *Pinus radiata*. Étant donné les hauts taux de production généralement observés dans l'industrie des produits forestiers, il est clair que les différents problèmes de coupe doivent être résolus rapidement.

Dans l'industrie du meuble, plusieurs études ont tenté d'optimiser les listes dimensionnelles à la scierie afin de satisfaire la demande et de minimiser les pertes de bois (voir Buehlmann *et al.*, 1998, Carnieri *et al.*, 1993 et Hoff, 1997). Les listes dimensionnelles définissent la façon dont les morceaux à dimensions spécifiées devraient être regroupés pour optimiser l'utilisation de la matière.

Énergie

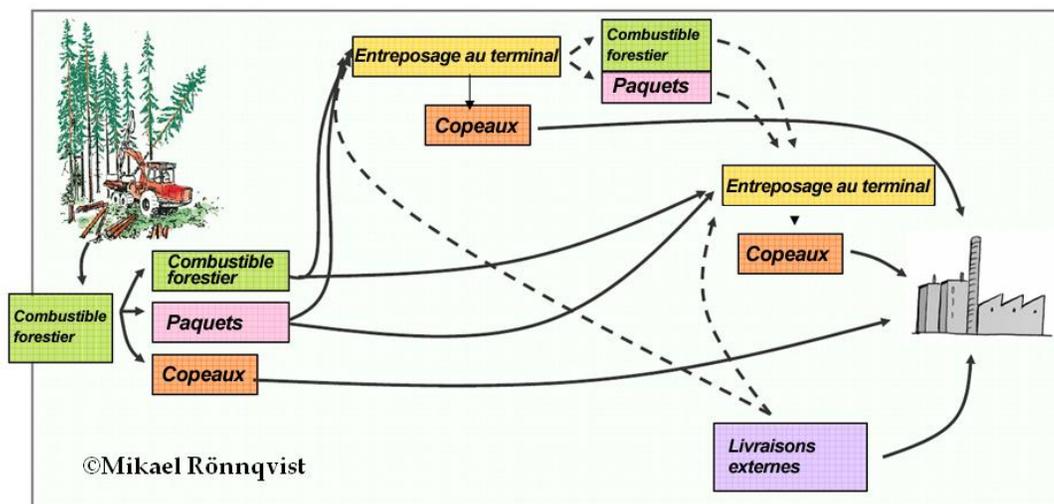
Les gouvernements, l'industrie et la communauté de recherche n'ont démontré que récemment un intérêt sérieux pour l'utilisation de la biomasse, en réaction aux coûts croissants de l'énergie et aux inquiétudes montantes concernant les choix énergétiques durables en Amérique du Nord. Un bon nombre d'études sur la production et la transformation de la biomasse sont en cours. Certains centres de recherche commencent à montrer davantage d'intérêt envers la chaîne de création de valeur de l'utilisation de la biomasse. Plusieurs de ces centres sont situés en Europe, plus particulièrement en Suède et en Finlande, où le combustible forestier est utilisé plus largement et depuis plus longtemps qu'en Amérique du Nord.

En 1989, Eriksson et Björheden (1989) ont étudié le design de la chaîne logistique d'un fournisseur de combustible forestier en Suède. Le réseau possédait plusieurs régions d'approvisionnement en bois, quatre matières premières différentes, un site de transformation central et un client. L'entreposage était requis, puisque le cycle annuel de demande ne suit pas le cycle d'approvisionnement. Des processus physiques et microbiologiques se produisant pendant l'entreposage peuvent modifier le contenu

énergétique des matériaux entreposés. Les matières premières peuvent être transformées au terminal par de l'équipement fixe, ou par des entrepreneurs utilisant différents modèles de déchiqueteuses mobiles qui peuvent être utilisées n'importe où entre le point d'origine et le client. Le problème est résolu à l'aide d'un modèle de programmation mathématique linéaire.

Gunnarsson *et al.* (2004) ont présenté un modèle de la chaîne logistique du combustible forestier de la perspective du fournisseur (Figure 77). Le but du modèle est de satisfaire la demande établie par contrat au plus bas coût total. Il s'agit d'une réelle problématique de chaîne logistique comprenant plusieurs sources (zones de récolte, scieries et ports d'importation), plusieurs terminaux intermédiaires, plusieurs nœuds de demande (installations de chauffage), plusieurs types de combustible forestier et plusieurs périodes. Le problème de chaîne logistique de l'entreprise inclut les décisions relatives au type de combustible à utiliser, au moment où effectuer le débusquage et le déchiquetage, à la localisation des installations de déchiquetage, à l'entreposage aux terminaux et à la conception de schémas de transport. Le choix de prendre un contrat ou non pour une zone de récolte ou une scierie, ou d'utiliser ou non un terminal sont aussi des sujets de décisions clés.

Figure 77
La chaîne logistique du combustible forestier en Suède



Source : Gunnarsson *et al.*, 2004.

Gronalt et Rauch (2007) ont proposé à un État de la fédération autrichienne une heuristique par étapes pour la conception d'un réseau régional de combustible forestier. Le réseau est constitué de plusieurs zones forestières et d'un certain nombre de centrales d'énergie. En se basant sur le combustible forestier disponible régionalement et sur le nombre potentiel de centrales d'énergie et d'installations de chauffage, la méthode évalue les différentes voies d'approvisionnement en biomasse

forestière en calculant le coût du système pour plusieurs configurations différentes entre les forêts et les usines. La méthode compare notamment les avantages du déchetage central et local.

Les entreprises de produits forestiers et les collaborations

C'est seulement récemment que les techniques de recherche opérationnelle ont été utilisées pour évaluer le potentiel de la collaboration dans l'industrie des produits forestiers, malgré que les collaborations d'affaires soient un aspect fondamental de l'optimisation des réseaux.

Un des premiers aspects étudiés a été l'allocation de la fibre. Puisque plusieurs entreprises tirent leur fibre de forêts publiques inéquiennes, elles doivent souvent s'entendre sur un plan commun de récolte en forêt. Beaudoin *et al.* (2007, voir aussi la section 9) se sont intéressés à ce problème et ont proposé des approches collaboratives pour aider le processus de négociation à rendre une solution équilibrée et rentable. Ils ont tout d'abord suggéré une approche de planification conçue pour aider chacune des entreprises à établir son propre plan optimal pour divers scénarios. Ensuite, ils ont démontré la valeur de la collaboration dans l'établissement du calendrier de récolte final.

Les avantages de la collaboration pour le transport des billes aux usines ont aussi été explorés. Les entreprises œuvrent souvent dans plusieurs régions du pays, ce qui fournit des occasions d'optimiser les retours à charge. Cette possibilité a été étudiée en plusieurs endroits dans le monde, en utilisant les contraintes d'allocation de la fibre et du transport par camion spécifiques à chaque région. Frisk *et al.* (2006b) (Suède), Palander et Vaatainen (2005) (Finlande) et Audy *et al.* (2007, voir aussi la section 9) (Canada) ont tous travaillé sur différentes facettes du problème et ont proposé des modèles pour le partage des risques et des bénéfices.

La collaboration entre les usines de papier et les clients a aussi été explorée par Lehoux *et al.* (2009a, voir aussi la section 9). Quatre approches d'intégration différentes ont été simulées et optimisées, en commençant par la traditionnelle fabrication sur commande, suivie du réapprovisionnement continu, la gestion des stocks par le fournisseur (VMI) et, finalement, la collaboration dans la planification, les prévisions et le réapprovisionnement (CPFR). De tous les scénarios testés, le CPFR a donné le meilleur bénéfice global. Dans certaines conditions économiques, le réapprovisionnement continu peut être plus avantageux pour le client, alors que l'approche CPFR demeure la plus avantageuse pour le fabricant. Pour cette raison, les chercheurs ont développé trois mesures incitatives pour influencer le comportement du partenaire et accroître le profit du réseau : les bonus, le partage des économies et

les remises de quantité. De cette façon, le mode de collaboration le plus avantageux était le même pour tous les acteurs.

Enfin, les modèles de gestion de la chaîne logistique sont de plus en plus utilisés pour mieux coordonner les réseaux et augmenter la valeur ajoutée pour le client final. Haartveit *et al.* (2004) ont exploré et défini le concept de gestion de la chaîne logistique à travers une revue de littérature. Ils ont également proposé deux méthodes de cartographie de la chaîne logistique : une qui se concentre sur la structure de la chaîne logistique et les relations entre les détenteurs d'intérêts, et l'autre axée sur les délais. Ils ont ensuite utilisé ces méthodes pour cartographier les chaînes logistiques de trois entreprises du secteur du bois franc de l'Ouest canadien. Vahid et Maness (2010) ont quant à eux proposé une revue et une classification des approches existantes pour modéliser la demande des clients dans les chaînes de valeur. Ils ont également cerné les approches prometteuses pour l'industrie des produits forestiers.

9. Les projets étudiants et professionnels du consortium de recherche FORAC

Les étudiants et les professionnels de recherche du consortium de recherche FORAC ont également accompli beaucoup de travail sur les problèmes de prise de décision actuels de l'industrie des produits forestiers.

9.1 La recherche centrée sur la forêt

Pour débiter, quelques projets qui se concentrent sur les défis de la forêt. Par exemple, le professionnel de recherche Mathieu Bouchard a travaillé au développement d'un outil d'aide à la décision pour planifier adéquatement les opérations forestières tactiques et stratégiques (Projet F-1). Afin d'être efficace, l'outil tient compte des traitements sylvicoles et de leur coût, de l'information sur la croissance, des besoins et de la localisation de l'industrie, des coûts de transport du bois et des coûts de construction des chemins forestiers. L'objectif était de choisir les bons plans de traitements et de récolte pour pouvoir satisfaire au mieux les besoins de l'industrie tout en soutenant un programme forestier durable.

Line Simoneau, aussi professionnelle de recherche, travaille sur la valeur ajoutée d'une cour de marchandisage (Projet F-2). Plus précisément, elle a évalué les avantages potentiels de l'utilisation d'une unité centrale pour préparer et transformer le bois afin de satisfaire la demande des scieries, des usines de pâtes et papiers, des usines de produits de bois d'ingénierie, etc.

L'étudiant au doctorat Jean-François Audy étudie les collaborations en transport (Projet F-3). Il a plus particulièrement étudié comment plusieurs compagnies peuvent travailler ensemble afin de mieux coordonner les opérations de transport et réduire les coûts et les délais. Les façons de partager les coûts et les bénéfices entre les membres d'une coalition font aussi partie de son étude.

L'étudiant à la maîtrise Pierre-Samuel Proulx travaille sur un système d'information géographique pour un territoire de récolte qui tient compte des routes, des blocs de récolte et des données topographiques (Projet F-4). L'étudiant évalue également avec ce système les avantages de déterminer la localisation des équipes de récolte selon les besoins de l'usine de transformation.

L'étudiant au doctorat Daniel Beaudoin a travaillé sur les calendriers de récolte et l'allocation des blocs de coupe aux différentes usines, selon les plans de demande (Projet F-5). Une des contributions de son travail a été la prise en compte de la fraîcheur de la fibre, qui a un effet sur les coûts de production et sur les revenus. Le modèle de décision opérationnel qu'il a développé réalise l'allocation efficiente des bois, pour atteindre le maximum de bénéfices des usines et le minimum des coûts de transport et de récolte.

Enfin, l'étudiante à la maîtrise Véronique Coudé a contribué à l'amélioration de la planification opérationnelle de la forêt par une meilleure connaissance des inventaires forestiers et de leur localisation (Projet F-6). Son modèle permet de mieux cibler les zones de récolte, d'abaisser les niveaux de stocks, d'améliorer la prise de décisions opérationnelles et de réduire les coûts de production.

9.2 Les projets sur les pâtes et papiers

Plusieurs étudiants se sont penchés sur l'industrie des pâtes et papiers. Le professionnel de recherche Philippe Marier examine les gains qui pourraient être faits en mettant en place un système d'optimisation de l'approvisionnement en copeaux (Projet P.P.-1). Il espère démontrer que les coûts d'approvisionnement peuvent être significativement réduits par une planification journalière adéquate.

L'étudiant au doctorat Wissem M' Barek développe un modèle de planification stratégique pour maximiser la valeur ajoutée d'une entreprise multinationale de pâtes et papiers (Projet P.P.-2). Son modèle tient compte des taux de change, des prix de cession interne et des impôts pour refléter la situation de la multinationale. L'influence du processus de prise de décisions stratégiques sur les décisions tactiques liées aux activités de production et de distribution est aussi analysée.

L'étudiante au doctorat Nadia Lehoux s'est penchée sur différentes approches de collaboration entre un fabricant de pâtes et papiers et son client (Projet P.P.-3). Elle a proposé sept modèles de décision représentant les points de vue des deux acteurs impliqués, afin de cerner le mode de collaboration le plus avantageux pour le réseau et pour chaque entreprise. Elle a aussi défini trois formes d'incitatifs conçus pour modifier le comportement du partenaire et accroître le profit du réseau.

L'étudiant au doctorat Nafee Rizk a exploré la coordination des décisions de planification de la production et de la distribution pour une entreprise de pâtes et papiers, en tenant compte des économies d'échelle et des différents moyens de transport (Projet P.P.-4). Il a démontré que si les opérations de production et de distribution sont bien synchronisées, les coûts peuvent être réduits et des gains significatifs sont faits.

L'étudiante postdoctorale Hanen Bouchriha a analysé les décisions relatives au volume de copeaux qui devrait être acheté sur le marché instantané plutôt que par un contrat (Projet P.P.-5). Dans son modèle de planification, elle a tenu compte des coûts d'achat, de distribution et de stockage, ainsi que de la capacité du système. Elle a aussi développé un modèle de planification pour des campagnes de production à durée fixe (Projet P.P.-6). Le but de l'étude était de déterminer la durée d'une campagne de production pour une machine à papier dans une usine de papiers fins nord-américaine.

L'étudiant postdoctoral Satyaveer Singh Chauhan a analysé au plan tactique la satisfaction de la demande de papier en feuilles dans l'industrie des papiers fins (Projet P.P.-7). Il a adopté une stratégie de mise en feuilles sur commande, dans laquelle les rouleaux parents sont fabriqués pour être entreposés et où la mise en feuilles s'effectue à la réception des commandes des clients. Il a proposé un modèle pour définir le meilleur assortiment de rouleaux parents à garder en stock pour diminuer les coûts de stockage et de pertes de rognage prévus. Quand il a été testé avec les données réelles d'une des plus grosses usines de papiers fins en Amérique du Nord, le modèle a pu réduire substantiellement les coûts d'entreposage des stocks, tout en réduisant légèrement les coûts des pertes de rognage.

Finalement, l'étudiant à la maîtrise Glenn Weigel a présenté un modèle qui optimise les décisions d'approvisionnement en bois, y compris les stratégies de classement du bois ainsi que les investissements technologiques, afin de maximiser le profit tout au long du réseau de création de valeur (Projet P.P.-8). Il a démontré que l'allocation optimale des types de fibre aux bons flux de procédés accroît le profit des usines, même si le coût des opérations forestières augmente aussi.

9.3 Les projets sur le bois d'œuvre, les panneaux et le bois d'ingénierie

La chaîne du bois d'œuvre, des panneaux et du bois d'ingénierie a aussi été explorée. L'étudiant au doctorat Jonathan Gaudreault s'est intéressé au processus de planification distribuée dans l'industrie du bois d'œuvre, plus particulièrement aux situations où chaque unité d'affaires prend ses propres décisions de planification (Projet L-1). Il a proposé une méthode par laquelle les différentes entreprises produisent conjointement un plan de production synchronisé basé sur les données obtenues de différentes scieries canadiennes, et a démontré les gains qui pouvaient être faits.

L'étudiant au doctorat Luis Antonio De Santa-Eulalia a proposé un concept de simulation pour l'évaluation de stratégies de planification et de conception pour le réseau de création de valeur des produits forestiers (Projet L-2). Son approche comprend des mécanismes, des procédures et des outils qui peuvent être utiles pour expérimenter et comparer des scénarios variés. Il a également appliqué sa méthodologie au cas *Virtual Lumber* de FORAC.

L'étudiant au doctorat Pascal Forget a utilisé la plateforme expérimentale à base d'agents de FORAC pour simuler différents comportements et schémas de négociation entre les membres du réseau de la chaîne logistique du bois d'œuvre (Projet L-3). Son travail a démontré que si les acteurs impliqués ajustent avec soin leurs décisions de planification à leur propre situation, d'importants bénéfices peuvent être faits.

L'étudiant au doctorat Dhia Eddine Boughzala travaille sur un cadre conceptuel pour les scieries (Projet L-4). Il vise plus particulièrement le développement d'un outil de décision pour aider les entreprises à identifier leurs capacités et leurs faiblesses, surtout lorsque survient un changement dans l'environnement.

L'étudiante au doctorat Masoumeh Kazemi Zanjani a étudié l'incertitude de la demande et de la productivité (Projet L-5). À l'aide de techniques avancées de recherche opérationnelle, elle a développé un modèle de planification de la production multiproduit et multipériode pour refléter la situation réelle d'une scierie.

L'étudiant au doctorat Rodrigo Schalk Cambiaghi Azevedo explore le concept de la gestion du revenu pour l'industrie du bois d'œuvre (Projet L-6). Le but du projet est de développer un mécanisme de gestion des commandes dans une perspective à court terme qui tient compte de la capacité de production ainsi que des ventes et des revenus.

L'étudiant à la maîtrise Sébastien Lemieux travaille au développement d'un modèle multiagent pour simuler la demande client (Projet L-7). Cet agent sera ensuite intégré dans la plateforme de FORAC pour simuler différents comportements des clients. Il travaille également sur une méthode pour évaluer le rendement d'une bille, en mettant l'accent sur les produits finaux qui peuvent être obtenus en lien avec le diamètre de la bille, sa longueur, son origine, etc. (Projet L-8).

L'étudiant à la maîtrise Jovani Jacques a exploré un cadre de modélisation relatif aux marchés et aux procédés de transformation du bois, dans le but de faciliter les prises de décisions pour la forêt (Projet L-9).

L'étudiant au doctorat Didier Vila a proposé une méthode générique de design de la chaîne du bois d'œuvre, incluant les ouvertures/fermetures d'usines, les investissements technologiques et les décisions de marché (par exemple, la substitution de produits). Trois sous-marchés ont été pris en compte dans le modèle : les marchés de contrats, les marchés instantanés et les marchés de gestion des stocks par le fournisseur. La méthode proposée positionne favorablement la compagnie pour gagner des parts de marché de grande valeur (Projet L-10).

L'étudiant au doctorat François D'Amours a travaillé sur la gestion de la demande et a proposé un modèle de planification tactique pour optimiser l'allocation de la demande aux usines (Projet L-11).

L'étudiante au doctorat Yan Feng analyse le concept de la planification collaborative des ventes et des opérations de la chaîne de valeur pour l'industrie des panneaux (Projet Pn-1). Elle utilise des décisions de ventes pour explorer les occasions de jumeler avantageusement la demande à la production de la chaîne logistique selon ses capacités de production, de distribution et d'approvisionnement. Elle a développé et comparé trois modèles de planification pour différentes situations selon une approche de simulation, afin d'évaluer les avantages de choisir une approche de planification collaborative des ventes et des opérations plutôt que le traditionnel processus de planification découplée. Les données utilisées pour les expérimentations ont été fournies par usine canadienne de panneaux de copeaux orientés.

D'autres projets portent sur la chaîne des produits de bois d'ingénierie. Plus particulièrement, l'étudiant au doctorat Matheus Pinotti Moreira propose un cadre conceptuel basé sur la gestion des compétences (Projet VA-1). Appliqué au secteur du meuble, ce cadre démontre les compétences nécessaires pour implanter la personnalisation massive des produits, ainsi que les mécanismes requis pour développer ces compétences.

Le secteur du meuble a aussi été étudié par l'étudiant au doctorat Mustapha Ouhimmou (Projet VA-2) qui a développé, pour une entreprise intégrée, un modèle de planification qui tient compte de facteurs tels que la capacité de production, le coût de distribution et les fluctuations de la demande. Ce projet, basé sur un cas industriel réel, a démontré tous les avantages que peut apporter une planification adéquate des domaines de l'approvisionnement, du sciage, du séchage et du transport.

L'étudiant au doctorat Marc Lapointe s'intéresse à la stratégie de personnalisation et à l'utilisation d'un système de planification avancée pour l'industrie des maisons préfabriquées (Projet VA-3).

L'étudiante au doctorat Aurélia Lefaix-Durand s'est penchée sur les relations fournisseur-client en tant que moyen de générer de la valeur (Projet VA-4). Elle a défini les différents types de relations entre des fournisseurs de bois et des entreprises de construction de maisons modulaires ainsi que les facteurs qui influencent leur réussite, comme l'environnement, les distances, les mécanismes de coordination, etc.

Finalement, l'étudiant au doctorat Égide Karuranga a étudié le marché chinois et la façon dont les compagnies canadiennes de produits forestiers peuvent vendre leurs produits dans

ce pays (Projet VA-5). Il a décrit la culture d'affaires et d'organisation ainsi que les exigences des acheteurs chinois envers les produits.

Le tableau suivant résume les projets menés par les étudiants et les professionnels de recherche du consortium de recherche FORAC.

Tableau 20
Projets d'étudiants et de professionnels du consortium de recherche FORAC

Chaîne logistique étudiée	Nom de l'étudiant ou du professionnel de recherche	Description du projet
<i>Forêt</i>	Mathieu Bouchard	F-1 : Outil d'aide à la décision pour une planification adéquate des opérations forestières tactiques et stratégiques.
	Line Simoneau	F-2 : Création d'un centre à valeur ajoutée qui prépare et transforme le bois en fonction de la demande en provenance des scieries, des usines de pâtes et papiers, de bois d'ingénierie, etc.
	Jean-François Audy	F-3 : Étude sur la collaboration pour mieux coordonner les activités de transport et en réduire les coûts.
	Pierre-Samuel Proulx	F-4 : Développement et utilisation d'un système d'information géographique pour déterminer l'emplacement des équipes de récolte selon les besoins de l'usine de transformation.
	Daniel Beaudoin	F-5 : Modèle de décision opérationnel pour l'allocation optimale des blocs de coupe aux usines selon les plans de demande.
	Véronique Coudé	F-6 : Amélioration de la planification des opérations forestières par une meilleure connaissance des inventaires forestiers et de leur localisation.
<i>Pâtes et papiers</i>	Philippe Marier	P.P.-1 : Analyse de l'utilisation d'un système d'optimisation pour l'approvisionnement en copeaux.
	Wissem M' Berek	P.P.-2 : Modèle de planification stratégique incluant les taux de change, les prix de cession interne et les impôts pour une multinationale des pâtes et papiers.
	Nadia Lehoux	P.P.-3 : Modèles d'aide à la décision basés sur sept schémas de collaboration selon les points de vue d'un fabricant de pâtes et papiers et de son client.
	Nafee Rizk	P.P.-4 : Modèle de planification de la production et de la distribution qui tient compte des économies d'échelle et des différents moyens de transport.
	Hanen Bouchriha	P.P.-5 : Optimisation des contrats entre les scieries et les compagnies de pâtes et papiers. +
		P.P.-6 : Modèle de planification de la production dans un contexte de campagnes de production à durée fixe.
	Satyaveer Singh Chauhan	P.P.-7 : Optimisation de l'assortiment de rouleaux parents en stock et leur allocation aux produits finis selon la demande.
	Glenn Weigel	P.P.-8 : Modèle de décision stratégique pour classer et allouer correctement la fibre selon la demande des clients.

Tableau 20
Projets d'étudiants et de professionnels du consortium de recherche FORAC (suite)

Chaîne logistique étudiée	Nom de l'étudiant ou du professionnel de recherche	Description du projet
<i>Bois d'œuvre</i>	Jonathan Gaudreault	L-1 : Développement d'une technique qui permet à des entreprises distinctes de créer ensemble un plan de production synchronisé.
	Luis Antonio De Santa-Eulalia	L-2 : Concept de simulation pour l'évaluation de stratégies de planification et de design du réseau de création de valeur.
	Pascal Forget	L-3 : Analyse des comportements d'un agent et les avantages d'une meilleure adaptation du réseau.
	Dhia Eddine Boughzala	L-4 : Cadre conceptuel pour aider les scieries à cerner leurs compétences et leurs faiblesses.
	Masoumeh Kazemi Zanjani	L-5 : Modèle de planification de la production pour des produits multiples qui tient compte de l'incertitude de la demande et de la productivité.
	Rodrigo Schalk Cambiaghi Azevedo	L-6 : Étude de la gestion du revenu et développement d'un mécanisme de gestion des commandes qui tient compte de la capacité de production ainsi que des ventes et des revenus.
	Sébastien Lemieux	L-7 : Développement d'un modèle multiagent pour simuler la demande client. +
	Jovani Jacques	L-8 : Évaluation du rendement d'une bille en relation selon son diamètre, sa longueur, son origine, etc.
	Didier Vila	L-9 : Cadre de modélisation relatif aux marchés et aux procédés de transformation du bois dans le but de faciliter les prises de décisions pour la forêt.
	François D'Amours	L-10 : Méthode générique pour le design de la chaîne du bois d'œuvre qui considère les ouvertures/fermetures d'usines, les investissements technologiques et les décisions de marché.
<i>Panneaux</i>	Yan Feng	Pn-1 : Développement et simulation de trois modèles de planification pour l'industrie des panneaux de copeaux orientés.
<i>Industrie du meuble</i>	Matheus Pinotti Moreira	VA-1 : Cadre conceptuel appliqué à l'industrie du meuble pour illustrer les compétences nécessaires à la mise en place de la personnalisation massive des produits.
	Mustapha Ouhimmou	VA-2 : Modèle de planification tenant compte de toutes les opérations, coûts de transport, capacités, etc. pour une entreprise intégrée.
<i>Maisons modulaires</i>	Marc Lapointe	VA-3 : Étude d'une stratégie de personnalisation de masse et utilisation d'un système de planification avancée dans l'environnement des maisons modulaires.
	Aurélia Lefaix-Durand	VA-4 : Analyse des relations possibles entre les fournisseurs de bois et les entreprises de maisons modulaires.
	Égide Karuranga	VA-5 : Exploration du marché chinois et des possibilités pour les entreprises canadiennes de produits forestiers.

10. Les applications logicielles pour l'industrie des produits forestiers

Cette section fait une revue des outils et des applications logicielles accessibles à l'industrie des produits forestiers. Pour la plus grande part, l'information provient des partenaires industriels et de recherche de FORAC, d'une revue de littérature et de recherches Internet. Une liste d'outils est dressée dans l'Annexe 2, et nous n'en présentons ici que les résultats.

Le principal objectif de cette revue est de faire une description générale de ce qui a été développé pour aider l'industrie des produits forestiers dans différents domaines, de la forêt aux usines puis aux clients, d'une perspective stratégique jusqu'à la planification opérationnelle des activités quotidiennes. Les logiciels génériques qui ne sont pas spécifiques à l'industrie (mais qui peuvent être utilisés par celle-ci) n'ont pas été pris en compte dans cette revue. Tel qu'énoncé par Carlsson *et al.* (2006), plusieurs suites logicielles commerciales offrent une aide à la décision et à la planification, mais elles ne peuvent pas faire face à toutes les problématiques de planification particulières à la chaîne logistique de l'industrie des produits forestiers.

Les logiciels et les outils sont regroupés en deux catégories : ceux développés et disponibles principalement en Amérique du Nord et ceux disponibles et utilisés dans les autres pays. La liste n'est pas exhaustive, puisque certains pays connus pour l'importance de leur industrie forestière (comme la Chine ou la Russie) ne sont pas représentés dans la liste. Ils possèdent probablement des logiciels spécifiques, mais l'information était soit non disponible sur Internet, soit ni en anglais ou en français. La liste donne tout de même une idée de ce qui est utilisé dans des pays comme le Chili, la Nouvelle-Zélande, la Finlande et la Suède.

10.1 Classification des logiciels

Les différents outils et technologies logicielles ont été classifiés selon les niveaux décisionnels et les domaines d'application dans l'industrie. Le tableau 21 montre la matrice de classification. Notez qu'un outil logiciel peut se retrouver à plusieurs niveaux de décisions et pour plus d'un champ d'application.

Tableau 21
Tableau utilisé pour classifier les outils logiciels

Niveau de décision	Domaines d'application								
	Gestion de la forêt	Récolte	Transport	Fabrication	Traçabilité	Relations fournisseur-client	Gestion de la chaîne logistique	Gestion des stocks	
Stratégique									
Tactique									
Opérationnel									

Dans la littérature, plusieurs définitions ont été créées pour différencier les niveaux de décision. Même s'il existe certains points communs entre ces définitions, il n'y en pas une qui soit plus largement acceptée que les autres. Dans le cadre de ce document, nous avons utilisé les critères simples suivants pour classifier les applications selon les niveaux de décision.

Opérationnel : l'application concerne le travail quotidien et peut inclure la collecte de données. La plupart du temps, l'utilisation de cette application est presque obligatoire pour obtenir une performance satisfaisante du travail.

Tactique : une application pour les décisions tactiques utilise les données du niveau opérationnel. Elle implique souvent de la simulation ou de la planification et peut être utilisée pour optimiser des paramètres opérationnels.

Stratégique : logiciel utilisé pour supporter les décisions impliquant de gros investissements ou des changements considérables, qui nécessitent une longue période d'implantation.

Sur l'autre axe, les domaines d'application se définissent de la manière suivante.

Gestion de la forêt : l'application gère les activités (de planification, de prise de décision ou opérationnelles) qui ont lieu avant la récolte comme telle.

Récolte : l'application gère les activités liées aux opérations de récolte. Par extension, cela inclut toutes les opérations effectuées en forêt à partir du moment où les arbres sont coupés jusqu'au moment où les billes sont ramassées par un camion sur le bord du chemin pour être acheminées à un parc ou à une usine. Ces opérations comprennent le classement, le tronçonnage et le déchiquetage. L'application peut planifier ces activités ou obtenir des données qui y sont relatives pour la gestion.

Transport : l'application gère les activités relatives au transport de la fibre entre la forêt et les usines, y compris le développement et l'entretien du réseau de chemins forestiers.

Fabrication : l'application gère les activités qui se déroulent à l'usine. Il peut s'agir de planification, d'établissement des calendriers, de surveillance ou d'acquisition de données.

Traçabilité : l'application possède la fonctionnalité de pouvoir retracer l'origine du bois.

Relations fournisseur-client : l'application gère les activités ou les données relatives aux clients et aux partenaires de la chaîne logistique, incluant les activités contractuelles.

Gestion de la chaîne logistique : l'application sert à coordonner le flux de produits ou le travail des détenteurs d'intérêts entre les différentes unités d'affaires.

Gestion des stocks : l'application tient le registre des volumes de bois et leur localisation. Le bois peut être situé en forêt ou dans un parc à grumes.

Plusieurs domaines d'application n'ont pas été pris en compte parce qu'ils ne subissent pas de contraintes qui soient spécifiques à l'industrie des produits forestiers. Les ventes, les finances, la comptabilité, etc. font partie de ces domaines.

Les logiciels et les outils sont de plus classifiés comme analytiques ou transactionnels. Ils sont transactionnels s'ils obtiennent ou surveillent des données des opérations quotidiennes.

Aux fins du présent rapport, la classification a été effectuée en se fiant uniquement aux descriptions de l'outil trouvées dans des articles de journaux, sur Internet ou dans la documentation fournie par le distributeur. Un examen plus approfondi aurait peut-être changé quelques résultats dans la classification, mais l'objectif était davantage de fournir un tour d'horizon des domaines et des niveaux de décision pour lesquels la plupart des outils actuels sont disponibles.

10.2 Les outils nord-américains

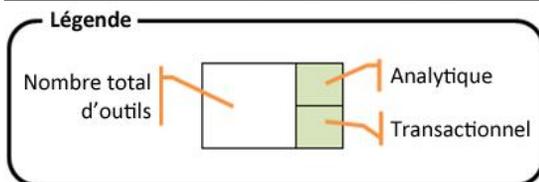
Cette liste comprend 140 outils. Notez toutefois que deux des outils de FPInnovations-Feric sont davantage des catalogues d'applications que des outils logiciels. TransITS rassemble les applications pour le transport, tandis que l'autre catalogue (sans nom) contient les

applications relatives à la détection des caractéristiques du bois et à sa mesure. De plus, certains des outils mentionnés en sont encore au stade de la recherche, ils ne sont donc pas encore disponibles pour être distribués. Le FMMT (*Forest Multimodal Transportation Model*) de FPInnovations-Feric, le SPE (*Simulation and Prototyping Environment*) de FORAC et le VTM en font partie.

La classification des outils faite dans le Tableau 22 montre que c’est pour la *Gestion de la forêt* que le plus d’outils stratégiques ont été créés. Pour les décisions tactiques, la *Gestion de la forêt* compte encore un bon nombre d’applications, suivie de près par la *Récolte* et le *Transport*. Plusieurs des outils qui s’intéressent à la *Récolte* d’un point de vue tactique se penchent aussi sur la *Gestion de la forêt*. Le grand nombre d’outils tactiques du domaine de la transformation est le résultat du développement par FPInnovations-Forintek de plusieurs applications pour déterminer les meilleurs paramètres opérationnels de procédés spécifiques.

Tableau 22
Outils d’optimisation de la chaîne logistique de la fibre de bois en Amérique du Nord

Niveau de décision	Domaines d’application															
	Gestion de la forêt		Récolte		Transport		Fabrication		Traçabilité		Relations fournisseur-client		Gestion de la chaîne logistique		Gestion des stocks	
Stratégique	25	25 0	1	1	1	1	3	3 0	0		0		4	4 0	0	
Tactique	18	16 2	16	14 2	15	14 1	23	22 1	0		3	2 1	10	9 1	2	0 2
Opérationnel	12	2 10	17	2 15	31	2 29	26	2 24	7	0 7	26	0 26	1	0 1	26	0 26



D’un point de vue opérationnel, les domaines des *Relations fournisseur-client* et de la *Gestion des stocks* sont bien pourvus. En gestion de la chaîne logistique, seulement 11 outils ont des fonctionnalités relatives à ce domaine. Les quatre outils conçus pour supporter les décisions stratégiques sont compris dans la liste des 10 outils proposant des solutions tactiques.

Il n’est pas surprenant de constater que pratiquement aucun outil ne s’attarde aux niveaux tactique ou stratégique de la *Traçabilité*, des *Relations fournisseur-client* et de la *Gestion des stocks*. La prise de décisions stratégiques ou tactiques dans ces domaines nécessite rarement un programme informatique, à l’exception peut-être de la *Gestion des stocks*. À ces échelles

décisionnelles, une bonne gestion des stocks implique de considérer l'ensemble de la chaîne logistique ; il s'agit alors davantage d'une problématique de chaîne logistique d'ordre tactique et stratégique.

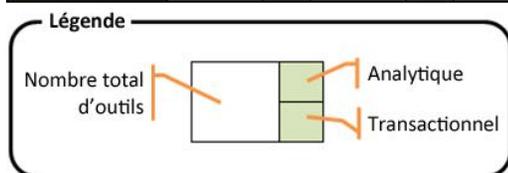
10.3 Des logiciels ailleurs dans le monde

Nous avons recensé 29 outils dans cette catégorie, principalement grâce à une revue de la littérature. Puisque la majeure partie de la littérature est consacrée à la *Gestion de la forêt*, c'est pour ce champ d'application particulier qu'on retrouve le plus d'outils. Cependant, la distribution générale des outils dans la matrice est très semblable à celle obtenue pour les outils nord-américains.

Plusieurs de ces outils émanent d'agences gouvernementales et de centres de recherche, et très peu proviennent d'entreprises privées. Il apparaît que le développement d'outils pour l'industrie des produits forestiers se fait selon le même patron que dans le reste du monde.

Tableau 23
Liste des logiciels développés pour l'industrie des produits forestiers
ailleurs dans le monde

Niveau de décision	Domaines d'application															
	Gestion de la forêt		Récolte		Transport		Fabrication		Traçabilité		Relations fournisseur-client		Gestion de la chaîne logistique		Gestion des stocks	
Stratégique	10	10 0	3	3 0	1	1 0	0		0		0		2	2 0	0	
Tactique	4	4 0	3	3 0	6	4 2	1	0 1	0		0		4	3 1	1	0 1
Opérationnel	3	1 2	2	0 2	7	0 7	2	0 2	0		2	0 2	1	0 1	2	0 2



10.4 Les logiciels et les modèles d'optimisation

Les modèles d'optimisation occupent un rôle clé dans les logiciels utilisés pour la *Gestion de la forêt*, peut-être en raison de leur facilité d'application et des gains importants attendus, étant donné qu'il fut un temps où il n'y avait pas d'outils disponibles pour cette tâche et

qu'il y avait un besoin criant pour de telles applications. Dans d'autres domaines comme le *Transport*, la *Transformation* ou la *Gestion de la chaîne logistique*, il existe des logiciels génériques qui peuvent être utilisés. Parfois, on utilise aussi des heuristiques et des méthodes d'approximation.

L'augmentation de la compétition et le coût croissant de l'approvisionnement et de la distribution des biens sont des incitatifs puissants à maximiser les profits en considérant des solutions plus près des valeurs optimales. La communauté scientifique a entrepris de développer les modèles nécessaires à l'industrie des produits forestiers, et certains sont intégrés dans des applications logicielles. Les effets de telles améliorations demeurent cependant limités, puisque la plupart des problèmes sont considérés indépendamment les uns des autres.

Davantage d'améliorations sont à venir grâce à la recherche en cours sur les modèles et les méthodes qui intègrent les diverses activités de nombreuses unités d'affaires interconnectées, mais restreintes par des procédés divergents. La planification de la chaîne logistique doit aussi faire l'intégration des prises de décision stratégiques, tactiques et opérationnelles.

Trois compagnies canadiennes de logiciels offrent des produits d'aide à la décision stratégique ou tactique qui utilisent des modèles de recherche opérationnelle et qui intègrent les activités des opérations forestières, du transport et de la transformation. Le premier produit est *Harvest Scheduler/Wood Flow* de Cengea (Vancouver & Winnipeg). Sans être explicite sur la technologie utilisée, la description du produit mentionne *outils d'optimisation*, ce qui est caractéristique des systèmes basés sur des modèles de recherche opérationnelle. Une autre fonctionnalité intéressante de ce système est sa capacité d'analyser les effets d'un changement de la quantité de bois et des usines de destination sur les calendriers de récolte. On fait aussi mention « *d'usines recevant un approvisionnement fiable de la bonne sorte de bois* », ce qui indique que le logiciel peut tenir compte de la demande et/ou de la capacité et des équipements de chaque usine, puisque différents équipements peuvent produire différents paniers de produits avec la même quantité et le même type de bois entrant dans l'usine.

Le second produit est *SawSim-LP* de Halco Software (Vancouver). Ce produit utilise la programmation linéaire pour aider à déterminer quelles billes devraient être sciées selon quels patrons de sciage afin d'obtenir le bon produit pour le bon client au bon moment. Même si la planification des opérations de récolte n'est pas intégrée dans le même modèle, le système *WoodMan* de la même compagnie, qui inclut *SawSim*, fournit une vision plus large de toutes les opérations.

Le troisième produit est *OperMAX* de Force/Robak Associates (Nouveau-Brunswick). Il utilise la programmation linéaire pour fournir un plan qui comprend les décisions de récolte,

de transport, de sylviculture, de construction de chemins, d'achats de bois, de niveaux des stocks des cours d'usines, de ventes en bordure de chemin et sous-licenciées ainsi que de livraisons de bois interusines. Le système peut aussi être utilisé pour analyser des décisions tactiques ou stratégiques comme une fermeture ou un agrandissement d'usine, de nouveaux marchés potentiels ou des caractéristiques de produits.

La recherche opérationnelle est également bien utilisée par ATLAS, une entreprise néo-zélandaise, dans sa suite logicielle. Plus particulièrement, *ATLAS Market Supply* utilise l'optimisation par la programmation linéaire mixte en nombres entiers pour améliorer la capacité à livrer la bonne bille au bon client au bon moment de la façon la plus avantageuse. Le système choisit quels blocs doivent être récoltés et quelles équipes devraient être assignées à chaque unité de récolte ; il détermine les patrons de tronçonnage optimaux et assigne les billes aux usines (du tronçonnage ou des stocks) selon leur demande.

10.5 La recherche actuelle et les lacunes du développement logiciel

Des problématiques s'étendant de la gestion stratégique à long terme de la forêt aux problèmes opérationnels à très court terme comme la planification en temps réel de la coupe ou du transport des billes/copeaux font présentement l'objet de recherches. On retrouve des solutions et des modèles développés grâce à ces études dans les logiciels actuels. Cependant, la majorité des modèles ont été développés en relation avec un environnement spécifique, et l'effort nécessaire à la généralisation de leur applicabilité et à leur intégration à des logiciels commerciaux est loin d'être négligeable.

De nombreuses possibilités d'intégrer des modèles capables de supporter la gestion/la prise de décisions/la planification dans différents domaines s'offrent aux entreprises qui œuvrent déjà dans le domaine des logiciels pour l'industrie des produits forestiers. Notre recherche sur les logiciels montre cependant que la disponibilité de suites logicielles est particulièrement limitée dans les domaines de la *Traçabilité*, de la *Gestion de la chaîne logistique*, des *Relations fournisseur/client* et de la *Gestion des stocks*. Puisque la certification forestière est un sujet d'actualité depuis plusieurs années, nous devrions voir davantage de logiciels ayant des fonctionnalités spécifiques de support à la *Traçabilité*.

Nous n'avons pas expressément considéré le champ d'application de la collaboration lors de la classification des outils, puisque très peu d'entre eux s'y réfèrent. Cependant, cela demeure un facteur important de la réussite de l'intégration de la chaîne logistique. Le système ERP (*Enterprise Resource Planning*), d'IPS, n'est pas spécifique à l'industrie des produits forestiers, mais il fournit des solutions collaboratives comme la gestion des stocks par le fournisseur (VMI), la planification collaborative et la gestion de projets collaborative ; il a été mis en place avec succès à quelques reprises dans l'industrie des pâtes et papiers.

11. Discussion et conclusion

L'objectif de ce document était de décrire le réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne. Nous avons d'abord expliqué ce qui constitue un réseau de création de valeur en termes d'unités d'affaires, de flux financiers, de produits et d'information. Nous avons ensuite détaillé la façon de modéliser un réseau de création de valeur afin de mieux comprendre les interactions entre les acteurs impliqués ainsi que les effets de changements sur le système. Différentes approches de modélisation et divers indicateurs de performance pour mesurer la valeur du réseau ont été décrits. La gestion du réseau de création de valeur a aussi été expliquée. Plus précisément, on a détaillé les processus d'affaires clés et les différents défis de planification, en plus de suggérer divers types de relations généralement utilisées pour synchroniser efficacement les activités du réseau. L'information a été fournie par des chercheurs nationaux et internationaux, ainsi que par les projets menés par les étudiants et les professionnels de recherche de FORAC. Enfin, le document passe en revue les différentes technologies qui peuvent être utiles pour faciliter le processus de prise de décision.

Les futurs travaux devraient s'intéresser à d'autres défis rencontrés par l'industrie. Une première problématique réside dans la nécessité de mieux intégrer les décisions relatives à la gestion et aux opérations de la forêt aux autres processus de prise de décisions de la chaîne logistique, situés en aval. Comme énoncé par Gunn (2009), le design de la chaîne logistique demande d'équilibrer les coûts d'acquisition du bois, les coûts de transport et les coûts des investissements. Cependant, pour plusieurs organisations et agences gouvernementales, tous les types de bois ont la même valeur, et l'objectif est la maximisation du volume sans remise. C'est pourquoi il est si crucial de comprendre ce qui constitue le réseau de création de valeur de la fibre de bois et les interactions présentes entre les différentes unités d'affaires et les procédés.

Une deuxième problématique clé concerne l'information. Des décisions de planification efficaces doivent être basées sur une bonne compréhension de ce qui est dans la forêt, des caractéristiques requises, des besoins du client, de la capacité disponible pour satisfaire ces besoins et de l'endroit où est rendu le produit à chacune des étapes du procédé de transformation. Une meilleure approche est nécessaire pour saisir, partager et utiliser ces connaissances. Cela sera possible si des technologies clés comme les SIG et des standards de communication comme papiNet sont mis en place dans le réseau de création de valeur. Par une meilleure anticipation des besoins du marché et de la valeur des produits, ainsi que des risques et de l'incertitude, l'industrie se placera en meilleure position pour effectuer une réingénierie efficace des chaînes logistiques du réseau de création de valeur de la fibre de bois.

La collaboration entre les membres du réseau est un autre défi. Les entreprises prêtes à partager ressources et information aussi bien que risques et bénéfices ont sans aucun doute tout à gagner à travailler ensemble. En outre, certaines barrières à la création de valeur sont spécifiques au secteur forestier. Par exemple, l'industrie forestière dépend de la capacité de ses effectifs, et il y a un réel besoin de travailleurs qualifiés. Selon le recensement de 2006 (Statistique Canada), presque 46 % des travailleurs de l'industrie des produits forestiers étaient âgés de 45 ans ou plus. D'autres désavantages compétitifs contribuent à limiter la création de valeur, dont les coûts de transport élevés pour atteindre la ressource forestière, la valeur croissante du dollar canadien par rapport au dollar américain ou le manque d'investissements en capitaux dans l'industrie. Il y a donc beaucoup de travail à faire pour aider l'industrie à gérer son réseau de façon « verte » et efficace.

Le présent document peut servir d'outil pour mieux comprendre le réseau de création de valeur de la fibre de bois canadienne et devenir plus familier avec : 1) le concept de réseau de création de valeur ; 2) les techniques de recherche opérationnelle utilisées pour analyser et résoudre les problèmes de planification ; 3) les problèmes typiques rencontrés par les entreprises dans une perspective à court, moyen ou long terme ; 4) les différentes stratégies pour gérer adéquatement le réseau de création de valeur ; et 5) les technologies et les outils présentement disponibles pour supporter les entreprises dans leurs efforts de planification. Toutes les parties intéressées de l'industrie des produits forestiers ont maintenant accès à une vision plus large du réseau de création de valeur de la fibre de bois et à une meilleure compréhension de leur rôle dans la création de valeur. Les méthodes et les stratégies décrites peuvent encourager certains acteurs clés à adopter de nouvelles méthodes leur permettant de faire meilleur usage de la ressource forestière. Elles peuvent aussi faciliter des discussions sur la planification de la forêt et des opérations entre des acteurs d'horizons différents. Ce document pourrait aussi être utilisé pour améliorer les relations entre le gouvernement et ses partenaires de l'industrie.

Par ailleurs, les lecteurs qui souhaitent en apprendre davantage à propos de la forêt, de la gestion de la chaîne logistique ou des processus d'affaires pourraient prendre connaissance de plusieurs références clés. Par exemple, le *Handbook of Operations Research in Natural Resources* est un livre très utile qui documente la façon dont la recherche opérationnelle et les sciences de la gestion ont été appliquées à des domaines comme l'agriculture, la foresterie et les mines. Pour ceux qui voudraient devenir plus familiers avec les concepts de gestion de la chaîne logistique et de réseau de création de valeur, le livre écrit par Simchi-Levi *et al.* (1999) est un incontournable. En outre, la notion de modélisation d'une chaîne logistique est clairement expliquée par Shapiro (2006). Enfin, le *Handbook of Operations Research and Management Science on Supply Chain Management* (voir Cachon dans la section des références) est un outil clé pour une meilleure compréhension des échanges d'information et de l'importance d'utiliser des incitatifs dans un réseau de création de valeur.

12. Références

- Akay A.E., Yilmaz M. et Tonguc F. (2006). Impact of mechanized harvesting machines on forest ecosystem : residual stand damage. *Journal of applied sciences*, vol. 6, n° 11, p. 2414-2419.
- Andalaf N., Andalaf P., Guignard M., Magendzo A., Wainer A. et Weintraub A. (2003). A problem of forest harvesting and road building solved through model strengthening and Lagrangean relaxation. *Operations Research*, vol. 51, n° 4, p. 613-628.
- Andersson G., Flisberg P., Liden B. et Rönnqvist M. (2007). RuttOpt – A decision support system for routing of logging trucks. *Scandinavian Working Papers in Economics*, NHH Discussion Paper 16/2007.
- Anupindi R., Chopra S., Deshmukh S.D., Mieghem J.A. et Zemel, E. (1999). *Managing business process flows*. Prentice-Hall. Upper Saddle River (NJ).
- APA, Glulam in golf resort construction,
http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=prd_glu_golf [consulté le 23 juin 2010].
- Audy J.-F., D'Amours S. et Rousseau L.-M. (2007). Collaborative planning in a log truck pickup and delivery problem. 6th Triennial Symposium on Transportation Analysis, 10-15 juin, Phuket Islande, Thaïlande, 6 p.
- Azevedo R.C., D'Amours S. et Rönnqvist M. (2008). Core supply chain management business processes – a literature-based framework proposition. Document de travail du CIRRELT, Université Laval, Québec (QC).
- Ballou R.H. (2004). *Business logistics/supply chain management*. Prentice-Hall. Upper Saddle River (NJ).
- Beudoin D. (2008). Distributed wood procurement planning within a multi-firm environment. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec (QC).
- Beudoin D., Frayret J.-M. et LeBel L.G. (2007). Negotiation-based distributed wood procurement planning within a multi-firm environment. Document de travail du CIRRELT, CIRRELT-2007-10, Université Laval, Québec (QC).
- Bélangier C. (2005). Parent rolls size optimization for Cornwall products. Rapport de stage FORAC, Université Laval, Québec (QC).

Bender P., Northup W. et Shapiro J. (1981). Practical modelling for resource management. *Harvard Business Review*, mars-avril, p. 163-173.

Bergman J., Flisberg P. et Rönnqvist M. (2002). Roll cutting at paper mills. *Proceedings of the Control Systems 2002*, 3-5 juin, Stockholm, Suède, p. 159-163.

Bnet, Business definition for simulation model,
<http://dictionary.bnet.com/definition/simulation+model.html> [consulté le 23 juin 2010].

Boardman B.S. et Malstrom E.M. (1999). Marketing of container-on-barge (COB) transportation to promote increased utilization of Arkansas waterways. *MBTC Report FR 1100-1*.

Bogataj D. et Bogataj M. (2007). Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. *International Journal of Production Economics*, vol. 108, p. 291-301.

Bredström D., Lundgren J.T., Rönnqvist M., Carlsson D. et Mann A. (2004). Supply chain optimization in the pulp mill industry – IP models, column generation and novel constraint branches. *European Journal of Operational Research*, vol. 156, p. 2-22.

Bredström D., Carlsson D. et Rönnqvist M. (2005). A hybrid algorithm for distribution problems based on a genetic algorithm and linear programming. *IEEE Intelligent Systems*, Special issue on Metaheuristic Methods in Transportation and Logistics, p. 19-25.

Briggs D.G. (1989). Tree value system: description and assumptions. *USDA Forest Service, General Technical Report PNW-239*, Portland (OR).

Broman H., Frisk M. et Rönnqvist M. (2006). Usage of OR tools for logistics support in forest operations at Sveaskog after the storm Gudrun. In *Information Control Problems in Manufacturing* (Eds. A. Dolgui, G. Morel, C. Pereira). *Proceedings volume from the 12th IFAC International Symposium, Saint-Étienne, France, 17-19 mai*, Elsevier Science, volume III Operations Research, p. 409-415.

Buehlmann, U., Kline D.E. et Wiedenbeck J.K. (1998). Understanding the relationship of lumber yield and cutting bill requirements: a statistical approach to the rough mill yield estimation problem. *Rencontre annuelle de la Forest Products Society. Session de présentations techniques*, Merida, Mexique, 23 juin.

Business dictionary, Decision support system,
<http://www.businessdictionary.com/definition/decision-support-system-DSS.html> [consulté le 23 juin 2010].

Cachon G.P. (2003). Supply chain coordination with contracts. In (Eds. A. G. de Kok et S. C. Graves) Handbooks in operations research and management science, vol. 11, p. 229-339, Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.

Canadian encyclopedia, Biomass energy, <http://www.thecanadianencyclopedia.com/index.cfm?PgNm=TCE&Params=A1SEC816934> [consulté le 23 juin 2010].

CanmetENERGY, Bioenergy systems, <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/eng/bioenergy/publications/200843.html> [consulté le 23 juin 2010].

Carlgren C.-G., Carlsson D. et Rönnqvist M. (2006). Log sorting in forest harvest areas integrated with transportation planning using back-hauling. Scandinavian Journal of Forest Research, vol. 26, n° 3, p. 260-271.

Carlsson D., D'Amours S., Martel A. et Rönnqvist M. (2006). Supply chain management in the pulp and paper industry. Document de travail du CIRRELT, DT-2006-AM-3, Université Laval, Québec (QC).

Carlsson D. et Rönnqvist M. (2007). Backhauling in forest transportation – models, methods and practical usage. Canadian Journal of Forest Research, vol. 37, p. 2612-2623.

Carnieri C., Mendoza G.A. et Luppold W.G. (1993). Optimal cutting of dimension parts from lumber with a defect: a heuristic solution procedure. Forest Products Journal, vol. 43, n° 9, p. 66-72.

Chauhan S., Martel A. et D'Amours S. (2008). Roll assortment optimization in a paper mill : an integer programming approach. Computer and Operations Research, vol. 35, n° 2, p. 614-627.

Church R.L. (2007). Tactical level forest management models. In (Eds.: Weintraub A., Romero C, BJORNDAL T. et Epstein R.). Handbook of operations research in natural resources, Springer, New York (NY).

Church, R., Murray A. et Barber K. (1994). Designing a hierarchical planning model for USDA Forest Service planning. In Proceedings of the Symposium on Systems Analysis and Forest Resources, 23, p. 401-409.

CN, Forest produits, <http://www.cn.ca/en/shipping-forest-products.htm> [consulté le 23 juin 2010].

Correia M.H., Oliveira J.F. et Ferreira J.S. (2004). Reel and sheet cutting at a paper mill. *Computer & Operations Research*, vol. 31, p. 1223-1243.

Cossens P. (1992). Planning and control of short-term log allocation in New Zealand. *Integrated decision-making in planning and control of forest operations. Actes de la conférence IUFRO, 27-31 janvier, Christchurch, Nouvelle-Zélande, New Zealand School of Forestry University of Canterbury, Christchurch, Nouvelle-Zélande*, p. 46-56.

Côté J.-F. (2008). Biomasse forestière et bioénergie. Saint-Irénée (QC), 25 septembre.

D'Amours F., D'Amours S. et Frayret J.-M. (2004). Collaboration et outils collaboratifs pour la PME manufacturière. Rapport technique du CEFRIO.

D'Amours S., Frayret J.-M., Rousseau A., Harvey S., Plamondon P. et Forget P. (2006). Agent-based supply chain planning in the forest products industry. *Basys' 06, Niagara Falls (ON)*, 4-6 septembre.

D'Amours S., Rönnqvist M. et Weintraub A. (2008). Using operational research for supply chain planning in the forest products industry. *INFOR 50th anniversary*.

Davis L.S., Johnson K.N., Bettinger P.S. et Howard T.E. (2001). *Forest management*. 4^e édition, McGraw-Hill, New York (NY).

Davis M.M., Heineke J. et Balakrishnan J. (2007). *Fundamentals of operations management*. Second edition, McGraw-Hill Ryerson, Whitby (ON).

DBRS (2008). Rating the forest products industry. Disponible sur le site Web de DBRS : <http://www.dbrs.com/research/217227>.

DecisionCraft Inc., Supply chain risk management, <http://www.decisioncraft.com/dmdirect/pdf/supplychainrisk.pdf> [consulté le 23 juin 2010].

Denault L. et Julien F.-S. (2003). The movement of heavy vehicles intercity in Quebec. *Ministry of Transport*, p. 1-8. Peut être commandé en ligne : http://www1.mtq.gouv.qc.ca/fr/banque_pub/requetedetail.asp?nodoc =2476.

Donald W.S., Maness T.C. et Marinescu M.V. (2001). Production planning for integrated primary and secondary lumber manufacturing. *Wood and Fiber Science*, vol. 33, n° 3, p. 334-344.

- Eng G., Daellenbranch H.G. et Whyte A.G.D. (1986). Bucking tree-length stems optimally. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 16, p. 1030-1035.
- Epstein R., Morales R., Seron J. et Weintraub A. (1999). Use of OR systems in the Chilean forest industries. *Interface*, vol. 29, n° 1, p. 7-29.
- Epstein R., Sapunar P., Nieto J., Sessions B., Sessions J., Bustamante F., Musante H. et Weintraub A. (2006). A combinatorial heuristic approach for solving real size machinery location and road design problems in forestry planning. *Operations Research*, vol. 54, n° 6, p. 1017-1027.
- Epstein R., Karlsson J., Rönnqvist M. et Weintraub A. (2007). Forest transportation, Chapter 20 in (Eds. A. Weintraub, C. Romero, T. Bjørndal et R. Epstein) *Handbook on Operations Research in Natural Resources*, Kluwer Academic Publishers, New York (NY).
- Eriksson J. et Rönnqvist M. (2003). Decision support system/tools: transportation and route planning : Åkarweb – a web based planning system. Actes de la 2^e Forest Engineering Conference, Växjö, Suède, p. 48-57, 12-15 mai.
- Eriksson L.O. et Björheden R. (1989). Optimal storing, transport and processing for a forest-fuel supplier. *European Journal of Operational Research*, vol. 43, p. 26-33.
- Everett G., Philpott A. et Cook G. (2000). Capital planning under uncertainty at Fletcher Challenge Canada. Actes de la 32^e conférence de ORSNZ.
- Everett G., Aoude S. et Philpott A. (2001). Capital planning in the paper industry using COMPASS, Actes de la 33^e conférence de ORSNZ.
- Farrell R.R. et Maness T.C. (2005). A relational database approach to a linear programming-based decision support system for production planning in secondary wood product manufacturing. *Decision Support Systems*, vol. 40, n° 2, p. 183-196.
- Fellenz M.R., Greene J. et Cholakova M. (2007). Reconsidering financial flows in supply chain management. Disponible en ligne à : <http://www.tara.tcd.ie/handle/2262/8693> [consulté le 23 juin 2010].
- Feng Y., D'Amours S. et Beauregard R. (2008). The value of sales and operations planning in oriented strand board industry with make-to-order manufacturing system: cross functional integration under deterministic demand and spot market recourse. *International Journal of Production Economics*, vol. 115, p. 189-209.

Flisberg P., Nilsson S. et Rönnqvist M. (2002). Optimized control of the bleaching process at pulp mills. Actes de la conférence Control Systems, 3-5 juin, Stockholm, Suède, p. 210-214.

Flisberg P. et Rönnqvist M. (2007). Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest areas. Canadian Journal of Forest Research, vol. 37, p. 2153-2163.

Flisberg P., Liden B. et Rönnqvist M. (2007). A hybrid method based on linear programming and tabu search for routing of logging trucks. Scandinavian Working Papers in Economics, Document de réflexion de NHH 14/2007.

FORAC–Consortium de recherche, <http://www.forac.ulaval.ca/> [consulté le 23 juin 2010].

Forest Products Association of Canada (2002). Forest sector renewal: putting the pieces together.

Forget P., D'Amours S., Frayret J.-M. et Gaudreault J. (2008). Design of multi-behavior agents for supply chain planning: an application to the lumber industry. Supply chains: theory and application (Ed. V. Kordic), I-TECH Education and Publishing, p. 551-568.

Forsberg M., Frisk M. et Rönnqvist M. (2005). FlowOpt – a decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry. International Journal of Forest Engineering, vol. 16, n° 2, p. 101-114.

Frayret J.-M., D'Amours S. et Montreuil B. (2004). Co-ordination and control in distributed and agent-based manufacturing systems. Production Planning and Control, vol. 5, n° 1, p. 1-13.

Frayret J.-M., D'Amours S., Rousseau A., Harvey S. et Gaudreault J. (2007). Agent-based supply chain planning in the forest products industry. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, vol. 19, n° 4, p. 358-391.

Frisk M., Karlsson J. et Rönnqvist M. (2006a). RoadOpt – A decision support system for road upgrading in forestry. Scandinavian Journal of Forest Research, vol. 21, suppl. 7, p. 5-15.

Frisk M., Jörnsten K., Göthe-Lundgren M. et Rönnqvist M. (2006b). Cost allocation in forestry operations. Proceedings of the 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 17-19 mai, Saint-Étienne, France.

Garcia O. (1990). Linear programming and related approaches in forest planning. New Zealand Journal of Forest Science, vol. 20, n° 31, p. 307-331.

- Gaudreault J., Forget P., Frayret J.-M., Rousseau A. et D'Amours S. (2009). Distributed operations planning in the lumber supply chain: models and coordination. Document de travail du CIRRELT, CIRRELT-2009-07, Université Laval, Québec (QC).
- Gauthier S. et Kneeshaw D. (2006). Accessibilité forestière accrue : panacée ou boîte de Pandore ? *Téoros, Revue de Recherche en Tourisme (UQAM)*, vol. 25, n° 3, p. 36-40.
- Gingras C., Cordeau J.F. et Laporte G. (2007). Un algorithme de minimisation du transport à vide appliqué à l'industrie forestière, *INFOR*, vol. 45, p. 41-47.
- Goycoolea M., Murray A.T., Barahona F., Epstein R. et Weintraub A. (2005). Harvest scheduling subject to maximum area restrictions: exploring exact approaches. *Operations Research*, vol. 53, n° 3, p. 490-500.
- Gronalt M. et Hirsch P. (2005). A tabu search based solution method to optimize round timber transport. *Proceedings of the MIC2005: The sixth Metaheuristic International Conference, Vienne, Autriche, 22-26 août.*
- Gronalt M. et Rauch P. (2007). Designing a regional forest fuel supply network. *Biomass & Bioenergy*, 31, p. 393-402.
- Gunn E.A. et Rai A.K. (1987). Modelling and decomposition for planning long-term forest harvesting in an integrated industry structure. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 17, p. 1507-1518.
- Gunn E.A. (1991). Some aspects of hierarchical production planning in forest management, In M. Buford (ed.), *Actes du symposium Systems Analysis in Forest Resources 1991*, Charleston, SC, É-U, 3-6 mars, USDA Forest Service, General Technical Report SE-74.
- Gunn E.A. (1996). Hierarchical planning processes in forestry: a stochastic programming – decision analytic perspective. In D.L. Martell, L.S. Davis et A. Weintraub (eds.), *Workshop on Hierarchical Approaches to Forest Management in Public and Private Organizations, Proceedings of a Workshop*. Toronto, ON, Canada, 25-29 mai 1992, Canada Forest Service, Petawawa National Forestry Institute, Information Report PI-X-124, p. 85-97.
- Gunn E.A. (2005). Sustainable forest management: control, adaptive ecosystem management, hierarchical planning. In: Bevers, Michael; Barrett, Tara M., tech. comps. 2005. *System analysis in forest resources: Proceedings of the 2003 symposium*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-656. Portland, OR, USA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, p. 7-14.

Gunn E.A. et Richards E.W. (2005). Solving the adjacency problem with stand-centred constraints. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, n° 4, p. 832-842.

Gunn E.A. (2007). Models for strategic forest management, Chapter 16 in (Eds. A. Weintraub, C. Romero, T. Bjørndal et R. Epstein) *Handbook on operations research in natural resources*, Kluwer Academic Publishers, New York (NY).

Gunn E.A. (2009). Some perspectives on strategic forest management models and the forest products supply chain. *INFOR*, vol. 47, n° 3, p.261-272.

Gunnarsson H., Rönnqvist M. et Lundgren J.T. (2004). Supply chain modelling of forest fuel. *European Journal of Operational Research*, vol. 158, p. 103-123.

Gunnarsson H., Rönnqvist M. et Carlsson D. (2006). A combined terminal location and ship routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, p. 928-938.

Gunnarsson H., Rönnqvist M. et Carlsson D. (2007). Integrated production and distribution planning for Södra Cell AB. *Journal of Mathematical Models and Algorithms*, vol. 6, n° 1, p. 25-45.

Haartveit E., Kozak R.A. et Maness T.C. (2004). Supply chain management mapping for the forest products industry: three cases from western Canada. *Journal of Forest Products Business Research*. Volume N° 1, Article 5.

Halco Software Systems Ltd, <http://www.halcosoftware.com/software/> [consulté le 12 janvier 2010].

Henningsson M., Karlsson J. et Rönnqvist M. (2007). Optimization models for forest road upgrade planning. *Journal of Mathematical Models and Algorithms*, vol. 6, n° 1, p. 3-23.

Hof J.G. et Pickens J.B. (1987). A pragmatic multilevel approach to large-scale renewable resource optimization: a test case. *Natural Resource Modelling*, vol. 1, p. 245-264.

Hoff K. (1997). Mathematical model for determining optimal lumber grade mix in a gang-rip-first system. *Wood and Fiber Science*.

Horizon Plywood Inc, Veneer cutting methods, http://www.hrzn.net/Grading/veneer_cutting_methods.htm [consulté le 23 juin 2010].

Hydro-Québec, La comparaison des options énergétiques selon une approche de cycle de vie http://www.hydroquebec.com/developpementdurable/documentation/comparaison_options.html [consulté le 23 juin 2010].

Hydro-Québec, Call for Tenders A/O 2009-01 – Biomass Cogeneration. <http://www.hydroquebec.com/distribution/en/marchequbécois/ao-200901/index.html> [consulté le 23 juin 2010].

IGGESUND, The paperboard process, <http://www.iggesund.com/Main.aspx?ID=a985f1f5-45b0-4e4c-ac77-f129eae1e578> [consulté le 23 juin 2010].

Industry Canada, Technology road map for forest operations in Canada technology, <http://www.ic.gc.ca/eic/site/ft-if.nsf/eng/oc01495.html> [consulté le 23 juin 2010].

Institute of Paper Science and Technology (IPST) at Georgia Institute of Technology and JACOBS (2006). Pulp and paper industry: energy bandwidth study. Report for American Institute of Chemical Engineers, Project Number 16CX8700.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 4th Assessment Report : Climate Change 2007 (AR4), http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm [consulté le 5 juillet 2010].

Jarmer C. et Sessions J. (1992). Logger PC-for improved logging planning (Eds. P. Schiess et J. Sessions). Proceeding of the Planning and Implementing Future Forest Operations, International Mountain Logging and 8th Pacific Northwest Skyline Symposium, 14-16 décembre. Bellevue, WA, USA. USDA, Published by University of Washington, Forestry Continuing Education Department, p. 241-247.

Jennings N.R. et Wooldridge M. (1998). Applications of agent technology. In (Eds. N.R. Jennings et M. Wooldridge) Agent technology: foundations, applications, and markets, Springer-Verlag.

Karlsson J., Rönnqvist M. et Bergström J. (2003). Short-term harvest planning including scheduling of harvest crews. International Transactions of Operations Research, vol. 10, p. 413-431.

Karlsson J., Rönnqvist M. et Bergström J. (2004). An optimization model for annual harvest planning. Canadian Journal of Forest Research, vol. 8, p. 1747-1754.

Keskinocak P., Wu F., Goodwin R., Murthy S., Akkiraju R., Kumaran S. et Derebail A. (2002). Scheduling solutions for the paper industry. Operations Research, vol. 50, n° 2, p. 249-259.

- Lee H.L., Padmanabhan V. et Whang S. (1997). Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. *Management Science*, vol. 43, n° 4, p. 546-558.
- Lehoux N., D'Amours S. et Langevin A. (2008). Dynamique des relations interentreprises : mécanismes, barrières et cas pratique. *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 27, n° 4.
- Lehoux N., D'Amours S. et Langevin A. (2009a). Collaboration and decision models for a two-echelon supply chain: a case study in the pulp and paper industry. *Journal of Operations and Logistics*, vol. 2, n° 4, VII.1-VII.17.
- Lehoux N., Audy J.-F., D'Amours S. et Rönnqvist M. (2009b). Issues and experiences in logistics collaboration. 10th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Thessaloniki, Grèce, 7-9 octobre.
- Lidén B. et Rönnqvist M. (2000). CustOpt – a model for customer optimized timber in the wood chain. *Proceedings of the 12th Annual Conference for Nordic Researchers in Logistics, NOFOMA 2000* (Eds. A. Thorstenson et P. Østergaard), 14-15 juin, Aarhus, Danemark, p. 421-441.
- Lohman C., Fortuin L. et Wouters M. (2004). Designing a performance measurement system: a case study. *European Journal of Operational Research*, vol. 156, p. 267-286.
- Louazel F. (2006). Ordonnancement de la production des poutrelles chez Anthony Domtar Inc. Rapport de stage FORAC, Université Laval, Québec (QC).
- Maness T.C. et Adams D.M. (1993). The combined optimization of log bucking and sawing strategies. *Wood and Fibre Science*, vol. 23, p. 296-314.
- Maness T.C. et Norton S.E. (2002). Multiple period combined optimization approach to forest production planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 17, n° 5, p. 460-471.
- Marier P., Gaudreault J. et D'Amours S. (2009). Network collaboration and optimisation: chip supply in an integrated pulp and paper company. 14th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, Anaheim (CA), 18-21 octobre.
- Marier P., Gaudreault J., Henri R. et D'Amours S. (2009). Integrated model for the design of a lumber mill and production strategy. 14th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, Anaheim (CA), 18-21 octobre.

- Marier P., Gaudreault J., Knapik M. et D'Amours S. (2009). Maximizing profits through sawmill specialization and supply chain design. 14th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice, Anaheim (CA), 18-21 octobre.
- Marinescu M.V. et Maness T.C. (2008). A multi-criteria timber allocation model integrating sawmilling decisions. *Journal of Forest Products Business Research*, vol. 5, n° 7.
- Marinescu M.V., Sowlati T. et Maness T.C. (2005). The development of a timber allocation model using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, n° 10, p. 2304-2315.
- Marshall H. (2007). Log merchandizing model used in mechanical harvesting. Chapter 19 in (Eds. A. Weintraub, C. Romero, T. Bjørndal et R. Epstein) *Handbook on operations research in natural resources*, Kluwer Academic Publishers, New York (NY).
- Martel A., Rizk N., D'Amours S. et Bouchriha H. (2005). Synchronized production-distribution planning in the pulp and paper industry. *Logistics systems: design and optimization*, Kluwer, p. 323-350.
- Martel A., M' Barek W. et D'Amours S. (2006). Influence des facteurs internationaux sur la compétitivité des réseaux de création de valeur multinationaux : le cas des compagnies canadiennes de pâtes et papiers. *Gestion*, vol. 31, n° 3, p. 85-96.
- Martel A. (2009). La gestion du risque dans les réseaux de création de valeur. Expo-conférence FORAC, Université Laval, Québec (QC).
- Martell D.L., Gunn E.A. et Weintraub A. (1998). Forest management challenges for operational researchers. *European Journal of Operational Research*, vol. 104, p. 1-17.
- McGill M.E., Rabin S.A. et Braze J. (2002). Harvest scheduling with area-based adjacency constraints. *Forest Science*, vol. 48, p. 631-642.
- McGuigan B.N. (1984). A log resource allocation model to assist the forest industry manager in process selection and location, wood allocation and transportation, and production planning. *APPITTA* vol. 37, n° 4, p. 289-296.
- Mendoza G.A. et Bare B.B. (1986). A two-stage decision model for bucking and allocation. *Forest Products Journal*, vol. 36, n° 10, p. 70-74.
- Menon S. et Schrage L. (2002). Order allocation for stock cutting in the paper industry. *Operations Research*, vol. 50, n° 2, p. 324-332.

- Moyaux T. (2004). Design, simulation and analysis of collaborative strategies in multi-agent systems: the case of supply chain management. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.
- Murphy G. (2003). Reducing trucks on the road through optimal route scheduling and shared log transport service. *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 27, n° 3, p. 198-205.
- Murray A. (1999). Spatial restrictions in harvest scheduling. *Forest Science*, vol. 45, p. 45-52.
- Murray A.T. et Weintraub A. (2002). Scale and unit specification influences in harvest scheduling with maximum area restrictions. *Forest Science*, vol. 48, p. 779-789.
- Murthy S., Akkiraju R., Goodwin R., Keskinocak P., Rachlin J., Wu F., Yeh J., Fuhrer R., Kumaran S., Aggarawal A., Sturzenbecker M., Jayaraman R. et Daigle R. (1999). Cooperative multiobjective decision support for the paper industry. *Interfaces*, vol. 29, n° 5, p. 5-30.
- Muzumdar M. et Fontanella J. (2006). The secrets to S&OP success. *Supply Chain Management Review*, January.
- National Forestry Database, Background – Silvicultural terms in Canada, http://nfdp.cfm.org/terms/intro_e.php [consulté le 23 juin 2010].
- New Brunswick Government, http://www1.gnb.ca/cnb/imagebank/display_f.asp?imageID=5260&version=f [consulté le 23 juin 2010].
- Ochterski J. (2004). Best management practices during a timber harvest. Cornell Cooperative Extension.
- Öhman K. et Eriksson L.O. (1998). The core area concept in forming contiguous areas for long-term forest planning. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 28, p. 1032-1039.
- Olsson L. (2004). Optimization of forest road investments and the roundwood supply chain. Thèse de doctorat, The Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden.
- Oregon Forest Resources Institute, OFRI forest facts sheets, <http://www.oregonforests.org/FactsAndResources/ForestFacts.html> [consulté le 23 juin 2010].
- Oregon Government, Forest road construction, http://www.oregon.gov/ODF/STATE_FORESTS/docs/management/roads_manual/RMSec4-Const.pdf [consulté le 23 juin 2010].

Ouhimmou M., D'Amours S., Beauregard R., Ait-Kadi D. et Singh Chauhan S. (2008). Furniture supply chain tactical planning optimization using a time decomposition approach. *European Journal of Operational Research*, vol. 189, p. 952-970.

Palander T. et Vaatainen J. (2005). Impacts of interenterprise collaboration and backhauling on wood procurement in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 20, n° 2, p. 177-183.

Palmgren M., Rönnqvist M. et Värbrand P. (2003). A solution approach for log truck scheduling based on composite pricing and branch and bound. *International Transactions of Operations Research*, vol. 10, n° 3, p. 433-448.

Palmgren M., Rönnqvist M. et Värbrand P. (2004). A near-exact method for solving the log-truck scheduling problem. *International Transactions of Operations Research*, vol. 11, n° 4, p. 447-464.

Paper Industry Web (PIW), <http://www.paperindustryweb.com/newwinder/rolls.jpg> [consulté le 23 juin 2010].

papiNet, papiNet data dictionary V2R31, www.papinet.org [consulté le 23 juin 2010].

Patten K., Fjermestad J., Whitworth B. et Mahinda E. (2005). Leading IT flexibility: anticipation, agility and adaptability. *Proceedings of the Eleventh Americas Conference on Information Systems*, 11-14 août, Omaha, États-Unis.

Philpott A. et Everett G. (2001). Supply chain optimisation in the paper industry. *Annals of Operations Research*, vol. 108, n° 1, p. 225-237.

Poulin D., Montreuil B. et Gauvin S. (1994). *L'entreprise réseau : Bâtir aujourd'hui l'organisation de demain*. Publi-Relais, Montréal.

Quirion-Blais O. (2008). Modélisation de la gestion de l'approvisionnement et de l'entreposage des copeaux et de la biomasse. Rapport de stage FORAC, Université Laval, Québec (QC).

Reinders M.P. (1993). Tactical planning for a cutting stock system. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 44, n° 7, p. 645-657.

Ressources naturelles Canada, <http://foretscanada.rncan.gc.ca/profilstats/ca> [consulté le 23 juin 2010].

Richards E.W et Gunn E.A. (2003). Tabu search design for difficult management optimization problems. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 33, p. 1126-1133.

Richards E.W et Gunn E.A. (2000). A model and tabu search method to optimize stand harvest and road construction schedules. *Forest Science*, vol. 46, p. 188-203.

Rizk N., Martel A. et D'Amours S. (2008). Synchronized production-distribution planning in a single-plant multi-destination network. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 59, n° 1, p. 90-104.

Rönnqvist M. et Ryan D. (1995). Solving truck despatch problem in real time. Proceedings of the 31th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, 31 août-1^{er} septembre, Wellington, Nouvelle-Zélande, p. 165-172.

Ross I. (2005). Tired of re-paving roads, forestry giant looks to technology: CTI systems can reduce wear on roads and tires, potentially slashing maintenance costs and even extending the harvesting season. *Northern Ontario Business*.

Santa-Eulalia L.A. (2009). Agent-based simulations for advanced supply chain planning: a methodological framework for requirement analysis and deployment. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec (QC).

Sarkar A.K. (1984). Mode selection for log transportation on the coastal water of B.C.: a transport – inventory cost model approach. Thèse de doctorat, University of British Columbia, Vancouver (BC).

Schlamadinger B., Spitzer J., Kohlmaier G.H. et Lüdeke M. (1995). Carbon balance of bioenergy from logging residue. *Biomass and Bioenergy*, vol. 8, n° 4, p. 221-234.

Schwab, O., Maness T.C, Bull G. et Roberts D. (2009). Modelling the effect of changing market conditions on mountain pine beetle salvage harvesting in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, p. 1806-1820.

Sessions J., Olsen E. et Garland J. (1989). Tree bucking for optimal stand value with log allocation constraints. *Forest Science*, vol. 35, p. 271-276.

Shapiro J.F. (2006). *Modelling the supply chain* (2^e édition). Duxbury/Thomson Learning.

Simchi-Levi D., Kaminsky P. et Simchi-Levi E. (1999). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and cases* (1^{re} édition). McGraw-Hill/Irwin, New York (NY).

Singer M. et Donoso P. (2007). Internal supply chain management in the Chilean sawmill industry. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 27, n° 5, p. 524-541.

Statistique Canada, <http://www.ic.gc.ca> [consulté le 23 juin 2010].

Sweeney E. et Haessler R.W. (1990). One-dimensional cutting stock decisions for rolls with multiple quality grades. *European Journal of Operational Research*, vol. 44, p. 224-231.

Todoroki C. et Rönnqvist M. (2002). Dynamic control of timber production at a sawmill with log sawing optimization. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 17, n° 1, p. 79-89.

Twito R., Reutebuch S., McGaughey R. et Mann C. (1987). Preliminary logging analysis systems (PLANS), Overview, USDA Forest Service. General Technical Report PNW-199, Portland (OR).

Upadhyay M. (2009). Making GIS work in forest management. Rapport technique, Institut de foresterie, Népal ,
http://www.forestrynepal.org/images/GIS%20and%20Forest%20Management_0.pdf.
[consulté le 9 mai 2012].

Uusitalo J. (2007). Forest-level bucking optimization including transportation cost, product demands and stand characteristics. 3rd Forest Engineering Conference, Mont-Tremblant (QC).

Vahid S. et Maness T.C. (2010). Modelling customer demand in forest products industry supply chains: a review of the literature. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, vol.6, n° 2, p. 103-114.

Vila D., Martel A. et Beauregard R. (2006). Designing logistics networks in Divergent Process Industries: A Methodology and its Application to the Lumber Industry. *International Journal of Production Economics*, vol. 102, p. 358-378.

Webopedia, Artificial intelligence,
http://webopedia.com/TERM/A/artificial_intelligence.html [consulté le 23 juin 2010].

Weigel G. (2005). A strategic planning model for maximizing value creation in pulp and paper mills. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec (QC).

Weintraub, A. et Cholaky A. (1991). A hierarchical approach to forest planning. *Forest Science*, vol. 37, p. 439-460.

Weintraub A., Epstein R., Morales R., Seron J. et Traverso P. (1996). A truck scheduling system improves efficiency in the forest industries. *Interfaces*, vol. 26, n° 4, p. 1-12.

Weintraub A., Romero C., Bjørndal T. et Epstein R. (2007). *Handbook on operations research in natural resources*, Kluwer Academic Publishers, New York.

Wiest R.L. (1998). A landowner's guide to building forest access roads. United States Department of Agriculture, Forest Service, NA-TP-06-98.

Wikipédia l'encyclopédie gratuite, <http://en.wikipedia.org> [consulté le 23 juin 2010].

Wooldridge M. (1998). Agents and software engineering. In *AI*IA Notizie XI(3)*, p. 31-37.

Zoundi M. (2006). *Projet d'optimisation de l'assortiment de rouleaux parents*. Présentation des stages FORAC, Université Laval, Québec (QC).

Annexe 1

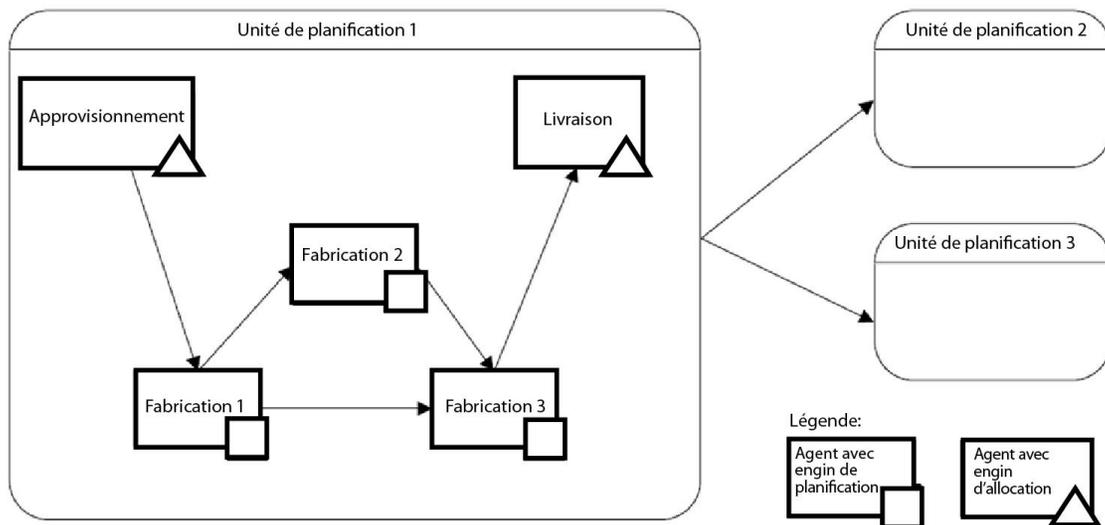
Le cas *Virtual Lumber*

Le cas *Virtual Lumber* est un banc d'essai d'entreprise qui consiste en gros en un modèle détaillé de la chaîne logistique d'une entreprise canadienne typique de bois d'œuvre. Il a été développé à partir de données sur les procédés de transformation, les produits et les ressources en transport de plusieurs scieries de l'est du Canada. La plateforme expérimentale de planification FORAC, un système multiagent distribué, a été utilisée pour tester et analyser le cas virtuel. L'objectif de l'étude était de simuler différentes conditions de marché et d'évaluer les effets de diverses stratégies de planification.

Description de la plateforme expérimentale de planification FORAC

La plateforme expérimentale de planification FORAC est constituée d'agents qui interagissent les uns avec les autres pour résoudre des problèmes de planification caractéristiques de la chaîne logistique du bois d'œuvre (Figure 78). La plateforme, à l'aide de protocoles de coordination et des différents comportements des agents, crée des calendriers de production détaillés pour satisfaire la demande des clients finaux en respectant les contraintes opérationnelles.

Figure 78
Aperçu de la plateforme expérimentale de planification FORAC



Quatre agents de base ont été développés : unité de planification, approvisionnement, fabrication et livraison. L'unité de planification dirige les agents dans un environnement global, aidant ainsi la communication avec les agents externes, c'est-à-dire les agents qui font

partie d'une autre unité de planification. Nous pourrions comparer cela à un site dans une entreprise. L'agent approvisionnement planifie l'approvisionnement en produits dont les autres agents de l'unité de planification ont besoin et les assigne au bon endroit. Les agents fabrication sont responsables de la planification des opérations de production des produits de leur unité de planification. Dans la chaîne logistique du bois d'œuvre, par exemple, ils incarnent des unités de sciage, de séchage et de finition. L'agent livraison gère les relations avec les clients et vend les produits finis. Chaque agent utilise des algorithmes de recherche opérationnelle pour planifier ses activités. Ceux-ci sont décrits en termes de fonction d'objectifs, de procédés, de paramètres de planification et de méthode d'optimisation (Tableau 24).

Tableau 24
Engins de planification pour chaque agent

	Agent Sciage	Agent Séchage	Agent Finition
Objectif : propagation de la demande	Minimiser les retards	Minimiser les retards	Minimiser les retards
Objectif : propagation de l'approvisionnement	Maximiser la valeur de la production	Maximiser la valeur de la production	Maximiser la valeur de la production
Caractéristiques des procédés	Flux de produits divergent ; coproduction ; choix de procédés alternatifs ; on ne peut exécuter dans le même quart de production que des procédés compatibles	Flux de produits divergent ; coproduction ; choix de procédés alternatifs	Flux de produits divergent ; coproduction ; choix de procédés alternatifs ; on ne peut exécuter dans le même quart de production que des procédés compatibles
Paramètres de planification	Calendrier de capacité des machines ; opérations en attente ; ventes maximales par produit ; coûts de stockage ; coûts des matières premières	Calendrier de capacité des machines ; opérations en attente ; coûts des opérations	Calendrier de capacité des machines ; opérations en attente ; mode d'exploitation dans l'arbre de solutions (pour la méthode d'optimisation) ; délais minimums de production par famille
Méthode d'optimisation	Programmation mixte en nombres entiers	Programmation par contraintes	Heuristique

Source : Santa-Eulalia, 2009.

L'agent sciage considère les stocks de billes et de produits sciés ainsi que la demande pour les produits sciés afin de déterminer le bon assortiment de types de billes à transformer.

L'agent séchage fait le traitement par lots et essaie de trouver à la fois le meilleur type de bois vert à assigner aux séchoirs ainsi que le meilleur procédé de séchage. Cette approche vise à atteindre une solution réalisable en peu de temps, mais lorsque le temps presse moins,

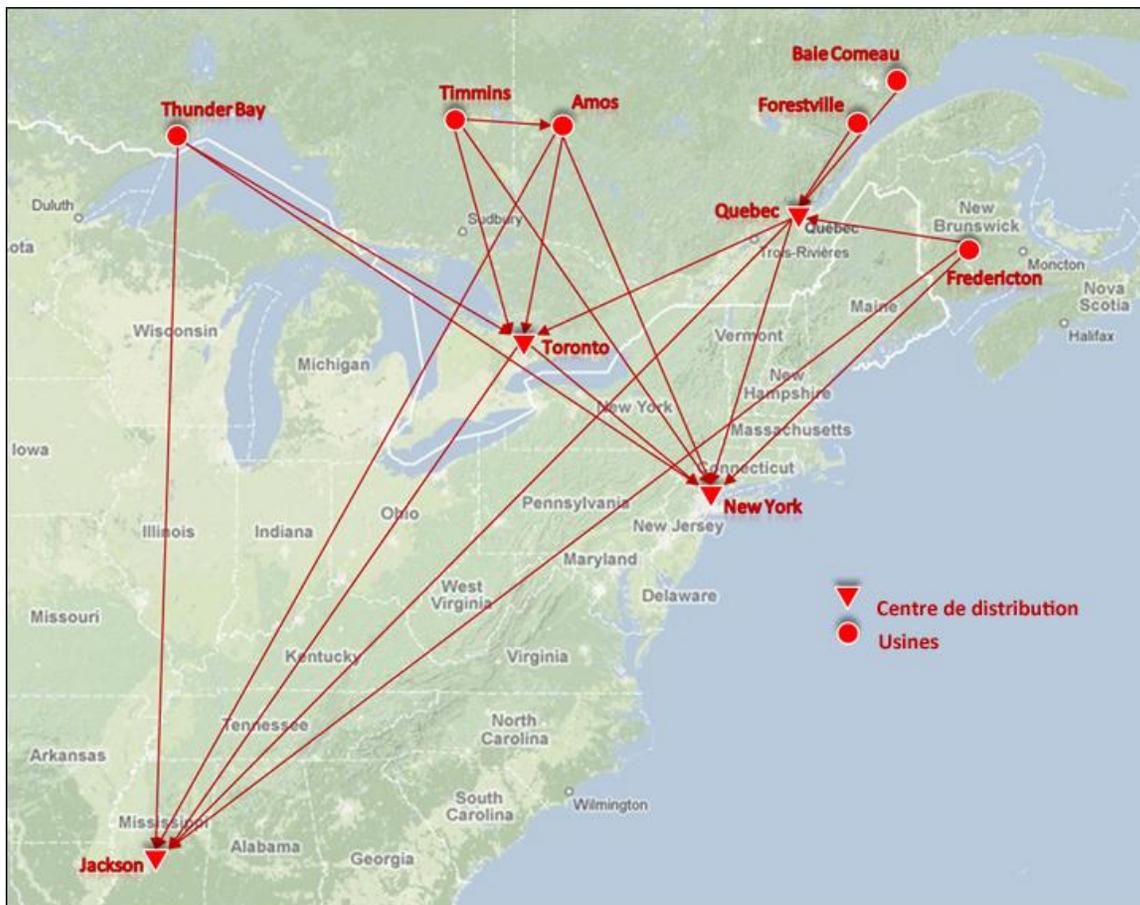
l'agent continuera sa recherche d'une meilleure solution en utilisant un algorithme à travers un arbre de solutions.

L'agent finition utilise une approche heuristique pour déterminer quel type de bois sec brut sera utilisé et la quantité qui sera rabotée selon les temps de réglage.

Les composantes de modélisation du cas *Virtual Lumber*

Afin d'analyser les effets de différentes stratégies de planification sur le système, un réseau de production et de distribution appelé *Virtual Lumber Inc.* a été modélisé dans la plateforme expérimentale de planification FORAC. Il s'agit d'un cas type complet d'une chaîne logistique où l'on peut effectuer des expérimentations pour une chaîne logistique de bois d'œuvre résineux. Il comprend 6 complexes de sciage (9 lignes de sciage, 47 séchoirs et 6 lignes de finition), 4 entrepôts et 141 produits pour les marchés américain et canadien (Figure 79).

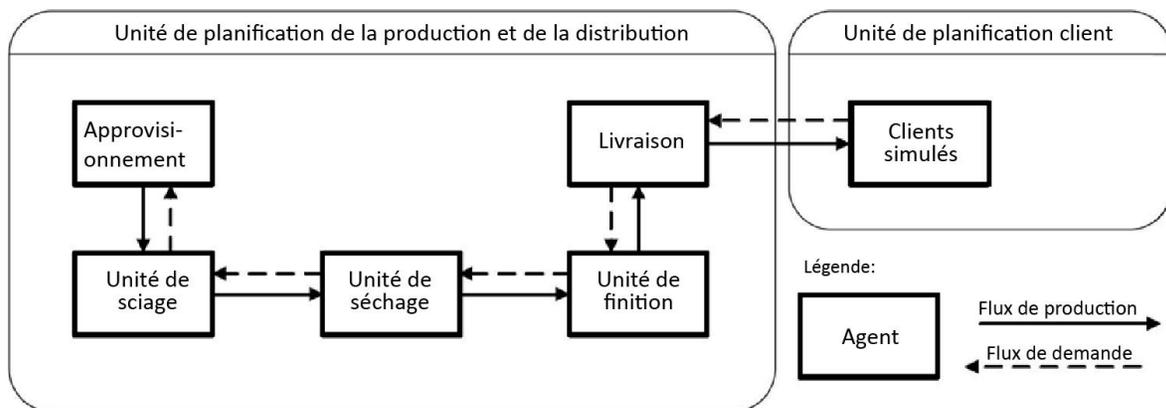
Figure 79
Réseau logistique du cas *Virtual Lumber*



Le cas *Virtual Lumber* comprend des complexes de sciages situés à Thunder Bay, Timmins, Amos, Fredericton, Forestville et Baie-Comeau. Chaque complexe de sciage possède sa chaîne logistique interne, qui peut comprendre des unités de sciage, de séchage et de finition ainsi qu'un entrepôt local (ou parc à bois débités). De grands entrepôts sont localisés à Toronto, Québec, New York et Jackson. Tous les entrepôts et les installations de sciage sont reliés par un réseau de transport routier et ferroviaire.

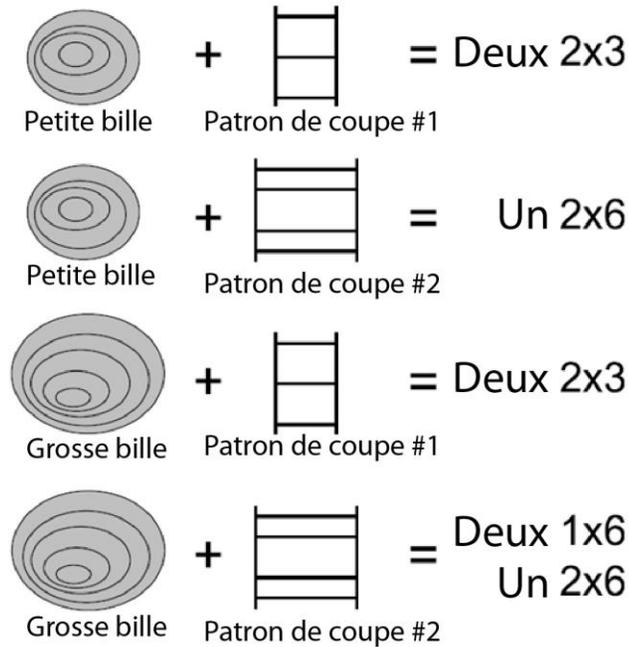
Dans un complexe de sciage donné, les opérations sont planifiées par tous les agents, de la réception des billes à la livraison finale, de l'agent approvisionnement jusqu'à l'agent livraison, puis jusqu'à l'agent de simulation du client (Figure 80).

Figure 80
Réseau de production et de distribution modélisé dans la plateforme expérimentale de planification FORAC



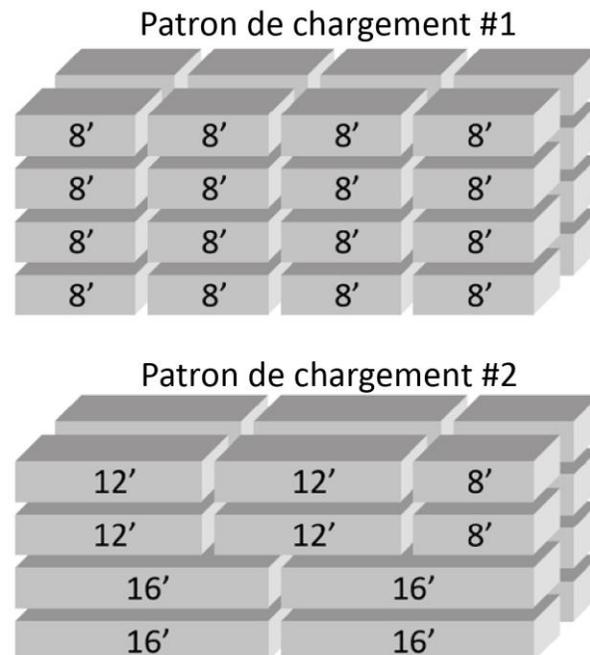
Les décisions de planification prises par chaque agent peuvent donc être décrites ainsi : l'agent approvisionnement, qui fournit les billes, envoie le plan d'approvisionnement à l'agent sciage. Ensuite, on choisit les volumes et les classes de billes à transformer à chaque quart de travail ainsi que les patrons de coupe (Figure 81).

Figure 81
Exemple d'une décision de sciage



Les résultats attendus des opérations de sciage servent ensuite à décider quels paquets de bois seront envoyés dans quel séchoir selon un patron de chargement spécifique (Figure 82).

Figure 82
Exemple de patrons de chargement possibles



L'agent finition détermine les caractéristiques finales des produits et établit le calendrier des procédés de finition à appliquer aux produits secs. L'agent livraison planifie les livraisons de produits finis aux clients finaux. Pour effectuer toutes ces opérations, les agents doivent gérer de l'information à propos des produits, des niveaux de stocks, des équipements et des activités de chacune des unités du réseau. Le Tableau 25 montre les caractéristiques du complexe de sciage utilisé dans la simulation.

Tableau 25
Définition des unités de sciage, de séchage, de finition et de livraison

	Sciage	Séchage	Finition	Livraison
Nombre de produits consommés	8	15	15	45
Nombre de produits fabriqués	15	15	45	45
Processeurs	1 ligne de sciage de 8' 1 ligne de sciage de 8'-16'	5 petits séchoirs 2 grands séchoirs Zone de séchage à l'air libre	1 ligne de finition	Non applicable
Procédés	37	180	15	Non applicable

Unité de sciage

L'unité de sciage est équipée de deux lignes de sciage et peut transformer huit différents types de billes. Pour chaque type de bille qui entre sur une ligne de sciage, plusieurs patrons de sciage sont possibles et le choix de celui-ci déterminera le mélange de produits sortants.

Unité de séchage

L'unité de séchage est le goulot d'étranglement du réseau. Elle peut sécher 15 produits à la fois dans l'un de ses 7 séchoirs, selon un patron de chargement choisi parmi les 180 disponibles.

Unité de finition

L'unité de finition peut transformer 15 produits entrants en 45 produits finis. Un ensemble de choix de procédés différents est disponible pour chaque produit entrant, et le choix sera fait selon les contraintes de demande, de stocks et de ressources.

Unité de livraison

L'unité de livraison est responsable de planifier et d'exécuter les livraisons aux clients finaux.

Afin de simuler différentes conditions de marché, un agent client a aussi été développé. Plus précisément, deux types de client ont été modélisés : un client sur le marché instantané et un client lié par contrat. Un générateur de nombres aléatoires a été développé pour simuler la demande.

Le client sur le marché instantané exprime sporadiquement ses besoins à certaines compagnies forestières à des intervalles aléatoires. Ensuite, le client et le fournisseur choisi négocient le prix final, le volume et la date de livraison. Les deux participants suivent leur propre comportement opportuniste, chacun essayant de prendre les décisions qui maximisent son propre profit plutôt que celui de l'ensemble du réseau.

Les clients liés par contrat effectuent leurs commandes de produits selon les termes définis par le contrat. Le contrat peut contenir plusieurs exigences comme des achats ou des livraisons garantis, des conditions de paiement ou de fixation des prix. La demande en provenance de ce type de client est plus régulière que celle du client sur le marché instantané.

Description des expérimentations

Des expérimentations ont été menées pour étudier les effets sur le système de deux stratégies de planification, soit une méthode basée sur l'approvisionnement et une méthode basée sur la demande. Les compagnies de bois d'œuvre nord-américaines utilisent généralement l'approche basée sur l'approvisionnement. Dans cette approche, le planificateur de la production de l'entreprise fixe d'abord des objectifs à chaque unité de production sous forme de cibles de rendement et de dosage de la production pour une période de temps donnée. Ensuite, le planificateur de la production de chaque unité utilise ces cibles pour établir les plans de production. Même si la demande change du côté du marché, la production ne change pas tant que le planificateur de l'entreprise ne revoit pas ses cibles.

Par ailleurs, avec une approche basée sur la demande, le planificateur doit tenir compte de la demande des clients finaux au premier stade de planification. Cela implique de trouver un compromis entre les demandes de tous les clients et le bois disponible dans la création d'un plan de production qui respecte les contraintes opérationnelles. Par conséquent, lorsqu'un scénario basé sur l'approvisionnement est testé, l'agent livraison est le seul à connaître la demande du client final. Lorsqu'on teste un scénario basé de la demande, au contraire, tous les agents ont accès à la demande finale et prennent celle-ci – ainsi que l'anticipation de la demande future – en considération dans leur planification. En conséquence, avant de répondre à la demande d'un client, l'agent vérifie que cette demande peut être satisfaite par des changements dans la production ou dans l'allocation sans nuire aux demandes déjà

acceptées. Les agents doivent aussi valider ou changer leurs plans jusqu'à ce que le meilleur plan synchronisé pour satisfaire la demande ait été trouvé.

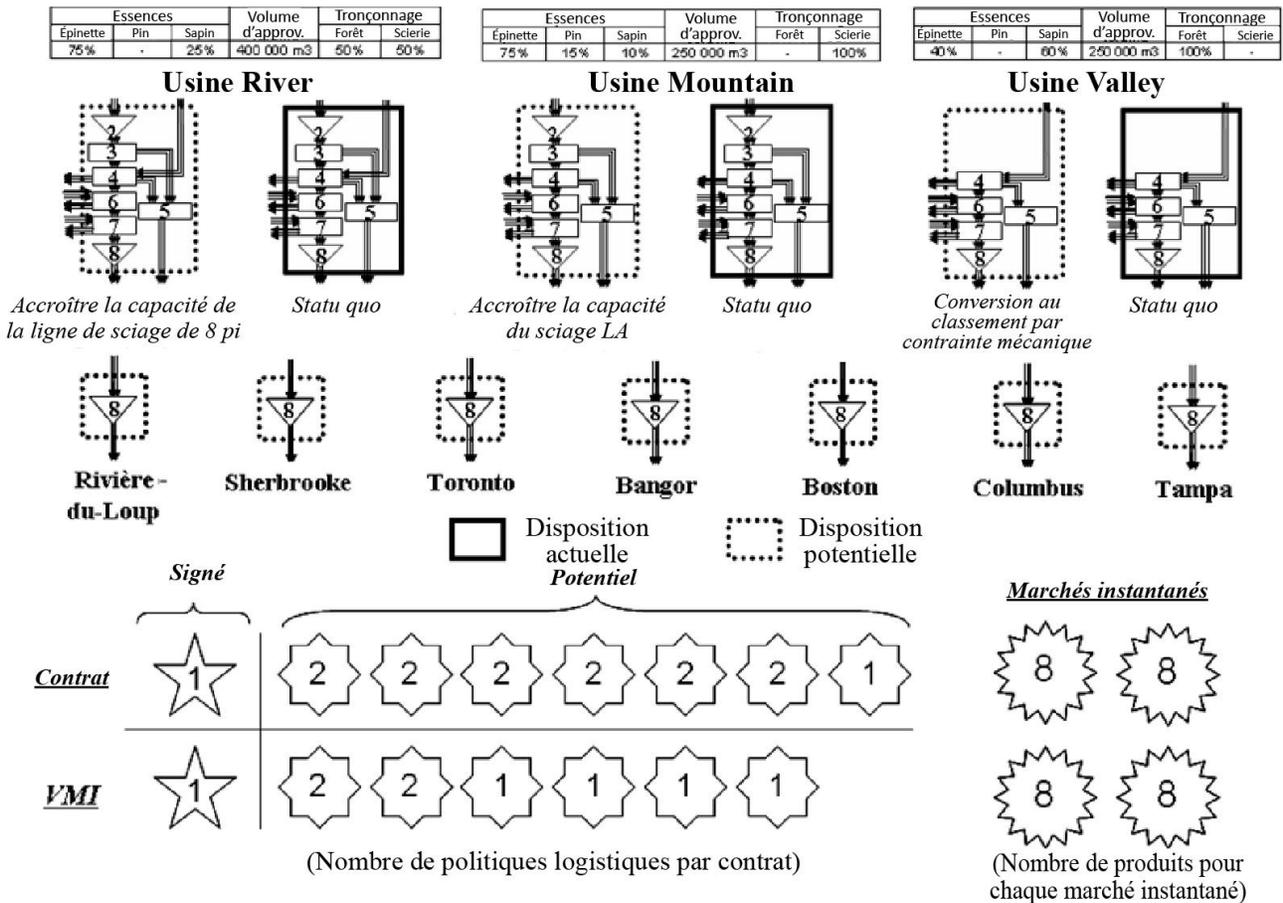
Les résultats des tests ont démontré que la méthode basée sur la demande permet d'augmenter le chiffre d'affaires. L'analyse plus poussée des résultats montre que la proportion optimale de ventes par contrat est d'environ 40 %, alors que la proportion optimale de ventes sur les marchés instantanés est de 60 %. S'il y a davantage de contrats établis, les revenus du réseau vont baisser.

Les effets des politiques forestières et des conditions de marché sur les décisions de planification

Le cas *Virtual Lumber* a aussi été utilisé pour analyser les effets sur les décisions de planification des contraintes qui sont hors du contrôle de l'entreprise, comme les politiques forestières et les conditions de marché. Pour ce faire, les unités d'affaires définies dans le cas *Virtual Lumber* ont été utilisées, mais en changeant leur nom.

Les chercheurs Vila *et al.* (2006) ont proposé une méthode générique de design de la chaîne logistique de l'industrie des produits forestiers qui tient compte de la spécificité des procédés de transformation divergents de l'industrie. Leur méthode permet la segmentation des marchés du bois d'œuvre, c'est-à-dire les quantités de bois vendues à contrat, sur les marchés instantanés et par les ententes VMI. Le cas étudié comprenait trois scieries (l'usine River, l'usine Mountain et l'usine Valley), sept centres de distribution potentiels (Rivière-du-Loup, Sherbrooke, Toronto, Bangor, Boston, Colombus et Tampa), quatre marchés instantanés, huit contrats potentiels (un de signé) et sept ententes potentielles VMI (une de signée) (Figure 83). Les probabilités d'obtenir les différents contrats/ententes possibles ont été générées aléatoirement.

Figure 83
Design d'un réseau de production-distribution de bois d'œuvre



Source : Vila, 2006.

La proportion des essences de bois en provenance de chacune des sources et le volume correspondant sont donnés à la Figure 83. La disposition actuelle de chaque site est considérée, ainsi qu'une disposition alternative possible. Par exemple, la disposition alternative de l'usine River accroîtrait la capacité de la ligne de sciage de 8', alors que celle pour l'usine Valley mettrait en œuvre le classement du bois par contrainte mécanique (MSR).

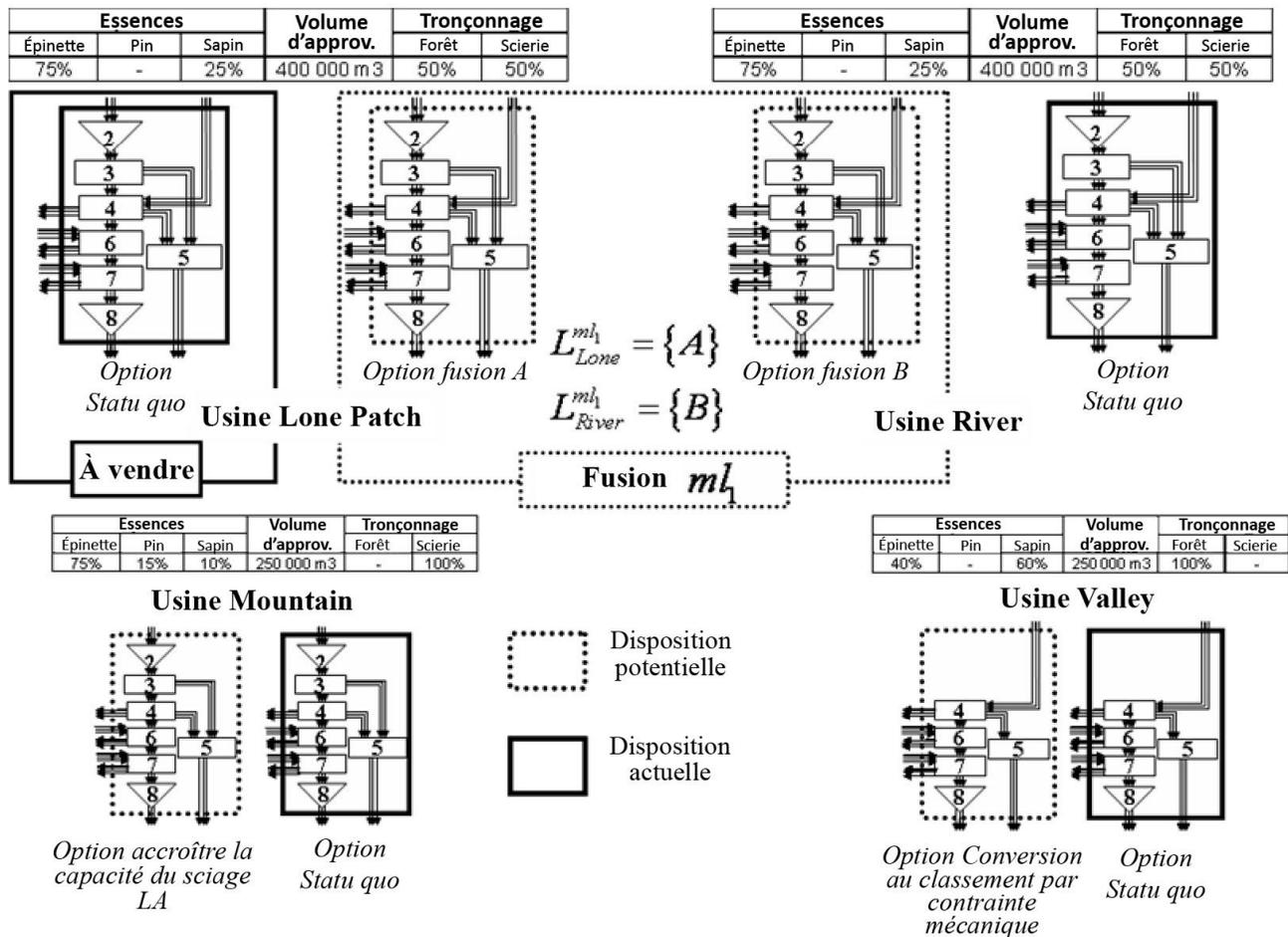
Pour modéliser les contraintes gouvernementales, les chercheurs assignent une valeur maximum à l'approvisionnement saisonnier et considèrent que chaque scierie doit consommer un volume annuel de bois minimum selon son entente d'approvisionnement avec le gouvernement.

Les résultats ont montré que la fermeture d'une usine (River) provoquait une hausse considérable des profits du réseau, puisque les coûts d'approvisionnement en bois étaient très élevés pour cette usine spécifique. La fermeture de l'usine a apporté des économies en

termes de coûts fixes annuels et saisonniers ainsi que de coûts opérationnels, ce qui a fait doubler les gains.

De plus, les auteurs ont observé que si les flux d'approvisionnement entre les usines étaient permis, l'acquisition d'une nouvelle scierie (l'usine Lone Patch dans l'étude de cas) et sa fusion avec l'usine River feraient augmenter significativement les profits du réseau (Figure 84).

Figure 84
Réseau de scieries et fusion



L'approvisionnement de l'usine River a été alloué à l'usine fusionnée Lone Patch parce que les deux usines étaient géographiquement proches et que les coûts logistiques n'interféraient pas. De plus, le prix plus élevé de l'approvisionnement de l'usine River était contrebalancé par une réduction des coûts fixes et des coûts variables.

Le modèle décrit par Vila *et al.* (2006) apparaît comme un outil puissant pour la gestion des acquisitions et la rationalisation dans l'industrie fragmentée du bois d'œuvre. L'étude a

démontré que, sous certaines conditions, des économies importantes peuvent découler de l'arrêt ou de la fermeture d'une usine. Le partage de la fibre disponible entre plusieurs usines semble également une façon efficace d'obtenir plus de flexibilité pour les planificateurs.

Annexe 2

Outils et applications logicielles pour l'industrie des produits forestiers

Outils nord-américains

Outils	Organisations	Applications
<i>Allocation Optimizer</i>	Remsoft	Allocation de la fibre
<i>BAM</i>	USDA Forest Service, Land Management Planning	Planification à court terme de la forêt
<i>bisTrack</i>	Progressive Solutions	ERP spécialisé
<i>BUCKPRO</i>	Halco Software	Système d'amélioration du tronçonnage
<i>Contractor/Settlements</i>	Cengea	Gestion des contrats
<i>Cruise Wizard</i>	JRP Consulting Ltd	Cueillette de données d'inventaire
<i>CTL-Sim</i>	Halco Software	Programme de simulation de récolte en bois courts
<i>CTS</i>	Force/Robak Associates Ltd	Contrôle des activités forestières
<i>Custody Manager</i>	ALDATA Software	Pistage de l'origine de chaque chargement de bois
<i>Control systems for automated equipment</i>	Opertech	Conception, développement et installation de systèmes de contrôle pour l'équipement automatisé
<i>DTAILS</i>	Dtails : Cooperative Lumber Management Software	Logiciel de contrôle des stocks
<i>eLIMBS</i>	elimbs	Gestion du bois d'œuvre (stocks et pistage)
<i>Enfor Appraisals</i>	Enfor consultants Ltd	Prédiction du rendement du bois sur pied
<i>EvaluTree</i>	FPIInnovations	Attributs de la forêt
<i>Felix EBOL</i>	Exact Modus	Connaissances électroniques
<i>Felix Harvesting</i>	Exact Modus	Gestion des ententes avec les entrepreneurs forestiers
<i>Felix Hauling</i>	Exact Modus	Gestion des paiements aux transporteurs forestiers
<i>Felix Lumber Sales</i>	Exact Modus	Stocks et suivi des commandes
<i>Felix Mass/Scaling</i>	Exact Modus	Outil supportant la gestion du mesurage des bois par échantillons
<i>Felix Scaling</i>	Exact Modus	Gestion des données de mesurage du bois
<i>Felix Tally</i>	Exact Modus	Informatisation du décompte des sciages
<i>Felix Weighing</i>	Exact Modus	Automatisation du pesage des camions
<i>Fiber Manager</i>	Lanworth	Système intégré de gestion de l'information de la chaîne logistique et de l'environnement

Outils	Organisations	Applications
<i>Fiber Track</i>	Progressive Solutions	Approvisionnement en billes et gestion des stocks
<i>FIS</i>	Force/Robak Associates Ltd	Système d'inventaire forestier
<i>Flaking</i>	FPIinnovations	Paramètres des machines qui influencent la qualité des copeaux
<i>FMMT</i>	FPIinnovations	SSD qui évalue les choix de transport multimodal
<i>Forest Age Map</i>	Lanworth	Identification de l'âge et des essences de la forêt sur des zones étendues
<i>Forest Product Sector Model of Canadian Forests</i>	Essa Technologies	Rôle du bois récolté dans le bilan carbone des forêts
<i>ForMAX</i>	Force/Robak Associates Ltd	Planification stratégique à long terme des forêts et des propriétés forestières
<i>FORPLAN</i>	USDA Forest Service	Outils de planification stratégique autonomes
<i>FSOS</i>	Forest Ecosystem Solutions Ltd	Logiciel de planification spatiale
<i>GeoFor 2006</i>	FPIinnovations	Surveillance d'équipement de récolte ou de sylviculture
<i>GFB</i>	Balance Bourbeau	Pesage, mesurage, stocks, consommation
<i>Harvesting spreadsheet</i>	FPIinnovations	Récolte
<i>Harvest Scheduler/Wood Flow</i>	Cengea	Logiciels de flux de bois intégré
<i>Horsepower Calculator</i>	FPIinnovations	Évaluation de la puissance nécessaire pour les scies circulaires, les scies à ruban et les déchiqueteuses
<i>IFMS</i>	Force/Robak Associates Ltd	Gestion de la forêt
<i>Interface 2003</i>	FPIinnovations	Systèmes de récolte et de remise en production
<i>Interface MAP 2007</i>	FPIinnovations	Opérations forestières et approvisionnement des usines
<i>ISIS</i>	ISIS Wood Product Solutions	Logiciel pour la production, le stockage et la vente de panneaux et de bois d'œuvre
<i>Kiln Drying Planing Tool</i>	FORAC	Planification tactique du séchage du bois
<i>LIMS</i>	3 Log Systems Inc.	Système de gestion et d'inventaire des billes
<i>LISA</i>	LISA Lumber Systems	ERP, industrie des produits forestiers
<i>Logcon</i>	FPIinnovations	Simulation du conditionnement des billes
<i>LogLink</i>	MOORE Software Solutions	Gestion des stocks et de l'approvisionnement en billes
<i>Log Pro Software</i>	Primus Partners Inc.	Gestion des stocks et de l'approvisionnement en billes
<i>LOGSIM</i>	Halco Software	Programme de simulation du tronçonnage
<i>Log Sort Optimizer</i>	MPM Engineering Ltd	Tri des billes
<i>Lumbergear</i>	Unique Data Solutions	ERP sans comptabilité ni planification
<i>LumberLink</i>	MOORE Software Solutions	Gestion des stocks de bois d'œuvre

Outils	Organisations	Applications
<i>Lumber-Net</i>	Lumber-Net Software Solutions	Gestion des stocks et de la production
<i>Lumber Sorter</i>	MPM Engineering Ltd	Tri du bois d'œuvre
<i>Lumber Track</i>	Progressive Solutions	ERP spécialisé
<i>MatForm</i>	FPIInnovations	Optimisation de paramètres de production des panneaux à copeaux orientés par la simulation
<i>MatPress</i>	FPIInnovations	Optimisation de paramètres de production des panneaux à copeaux orientés par la simulation
<i>MaxTour</i>	FPIInnovations	Transport des produits forestiers
<i>MGM</i>	Department of Renewable Resources, University of Alberta	Modèle de croissance des peuplements de la forêt boréale basé sur des arbres individuels
<i>MSR Toolkit</i>	FPIInnovations	Outil d'aide à la décision : classement mécanique
<i>MultiDAT</i>	FPIInnovations	Enregistreur électronique de données
<i>OASiS</i>	FPIInnovations	Simulation de séchage du bois
<i>Operandi</i>	Exact Modus	Stockage, approvisionnement et traçabilité du bois
<i>OperMAX</i>	Force/Robak Associates Ltd	Système pluriannuel d'optimisation de la planification des opérations
<i>OP-PLAN</i>	Force/Robak Associates Ltd	Planification des opérations forestières
<i>Opti-Grade</i>	FPIInnovations	Enregistreur de données ; construction de chemins
<i>OPTIONS</i>	D.R. Systems Inc.	Outil de planification de la gestion des terres
<i>Optitek</i>	FPIInnovations	Simulation du procédé de sciage
<i>OSB Processing</i>	FPIInnovations	Évaluation des effets des paramètres de pressage sur les propriétés des panneaux OSB
<i>OTTO</i>	FPIInnovations	Transport ; simulation
<i>OXY</i>	Génisys	Gestion du séchage du bois
<i>PanelSim</i>	Halco Software	Simulation et optimisation d'une usine de panneaux
<i>PASCAL</i>	FPIInnovations	Équipement de récolte
<i>Patchworks</i>	Spatial Planning Systems	Planification spatiale
<i>PEP</i>	FPIInnovations	Analyse des dépenses en capital pour le procédé de transformation du bois
<i>Phoenix</i>	D.R. Systems Inc.	Systèmes de pistage des activités forestières
<i>PlaniRoute</i>	FPIInnovations	Récolte
<i>Planner/Resources/TFM</i>	Cengea	Planification et pistage des opérations forestières
<i>Planning rail, car loads</i>	FORAC	Chargement des wagons
<i>Plant Wizard</i>	JRP Consulting Ltd	Logiciel d'administration pour la plantation d'arbres
<i>PlantWizard.com</i>	JRP Consulting Ltd	Stocks de semis
<i>Private Woodland Planner</i>	Enfor Consultants Ltd	Évaluation de la valeur des produits forestiers
<i>PrognosisBC</i>	BC Ministry of Forests and Range	Modèle informatique de croissance et de rendement

Outils	Organisations	Applications
<i>Provue 2005</i>	FPIInnovations	Récolte, équipement forestier
<i>RELMdss</i>	USDA Forest Service, Land Management Planning	Planification de la forêt
<i>RoadLogger</i>	Softree	Cueillette de données de terrain sur les chemins forestiers
<i>SawSim</i>	Halco Software	Programme de simulation d'une scierie
<i>SawSim-LP</i>	Halco Software	Système de planification et d'optimisation de la production d'une scierie
<i>Scale Boss</i>	ALDATA Software	Système de gestion des échelles de mesurage
<i>Scaler/Tester</i>	Cengea	Gestion et pistage des bois mesurés
<i>ScaleWiz</i>	3 Log Systems Inc.	Mesurage des billes
<i>Scoopsoft</i>	GFI Solutions d'affaires	ERP, industrie des produits forestiers
<i>SELES</i>	Gowlland Technologies Ltd	Simulateur d'événements spatiotemporels
<i>SFMM</i>	Ontario Ministry of Natural Resources	Modèle de gestion stratégique de la forêt
<i>SILVIRR</i>	D.R. Systems Inc.	Système de taux de retour des investissements en sylviculture
<i>SilviScan</i>	FPIInnovations	Attributs de la forêt
<i>Smart Lumber Grading</i>	Exact Modus	Solution de classement du bois
<i>SNAP</i>	U.S. Forest Service Cooperative Research	Planification tactique de la forêt
<i>SPE</i>	FORAC	Design de chaîne logistique
<i>SPEC+</i>	FPIInnovations	Transport
<i>Spectrum</i>	USDA Forest Service	Outils autonomes de planification stratégique
<i>Stanley</i>	Remsoft	Planification spatiale de la récolte
<i>Survey Wizard</i>	JRP Consulting Ltd	Logiciel d'estimation de la sylviculture
<i>Sylva II</i>	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec	Simulation des possibilités de coupe annuelles
<i>SYLVER</i>	BC Ministry of Forests and Range	Système pour les peuplements
<i>TAGASIS</i>	ALDATA Software	Contrôle des déplacements et des coûts de l'équipement mobile
<i>TallyWorks</i>	TradeTec Computer Systems Inc.	Gestion des stocks et des ventes de bois d'œuvre
<i>TASS-TIPSY</i>	Stand Development Modelling Group, BC Ministry of Forests and Range	Outils de modélisation de la croissance et du rendement
<i>Terrain Tools — Forest Engineer</i>	Softree	Fonctions de mappage, inventaire forestier et analyse du débardage par câble
<i>The Cutting Edge</i>	Caribou Software	Logiciel de gestion des billes
<i>The Logger Tracker</i>	BCS Woodlands System	Gestion des opérations de tronçonnage

Outils	Organisations	Applications
<i>The Logger's Edge</i>	Caribou Software	Tronçonnage
<i>The Mill Tracker</i>	BCS Woodlands System	Gestion de la production
<i>The ScaleHouse Tracker</i>	BCS Woodlands System	Enregistrement des activités de la guérite de pesage
<i>The Trucker's Edge</i>	Caribou Software	Gestion d'une opération de débardage
<i>The Woodlands Tracker</i>	FPInnovations	Optimisation de paramètres de production des panneaux à copeaux orientés par la simulation
<i>TIMBER</i>	Edoc Systems Group	Logiciel de planification et de production forestières
<i>TimberWeight</i>	Pacific Software	Cueillette de données de pesage
<i>TOPS/4</i>	Enterprise Code Works	Intégration des balances automatisées, contrats d'achat, de vente et d'échange, pistage des stocks, tests de qualité, frais de transport et marchandises payables et à recevoir, rapports de gestion et d'exportation, accès Web pour les partenaires de la chaîne logistique
<i>TPCS Fuel Estimator</i>	FPInnovations	Transport
<i>TransITS</i>	FPInnovations	Catalogue d'applications de transport
<i>VDYP</i>	BC Ministry of Forests and Range	Prédiction de la production à densité variable
<i>VGrader</i>	FPInnovations	Description des liens entre les caractéristiques du bois et du placage et les propriétés finales
<i>Visual Landscape Planner</i>	Enfor consultants Ltd	Visualisation de la forêt
<i>Vpeel</i>	FPInnovations	Optimisation des réglages de la dérouleuse en vue de la production de placage résineux et feuillu
<i>VTM</i>	FORAC et FPInnovations	Transport
<i>VYield</i>	FPInnovations	Simulation de l'effet de diverses caractéristiques des billes sur le rendement en placage
<i>WALL2D</i>	FPInnovations	Prévision de la résistance au feu des murs
<i>WeighWiz</i>	3 Log Systems Inc.	Pesage des billes
<i>Wood characteristics identification & measure</i>	FPInnovations	Liste des outils pour mesurer les paramètres et détecter les défauts du bois
<i>Woodlot for Wondows</i>	Enfor Consultants Ltd	Gestion des lots de bois
<i>WoodMan</i>	Halco Software	Optimisation de scierie
<i>WoodManager</i>	Pacific Software	Stocks de bois et grumes, ventes, production et achats
<i>WoodResource</i>	Pacific Software	Achats de fibre et de grumes, transactions, stocks et ventes
<i>WoodScan</i>	Pacific Software	Cueillette de données des flux d'usines à l'aide de codes-barres
<i>WoodSim</i>	Halco Software	Simulation de l'approvisionnement en grumes
<i>Woodstock</i>	Remsoft	Modélisation de la forêt
<i>WoodWork</i>	Timber Soft	Solutions logicielles pour l'industrie du placage

Outils	Organisations	Applications
<i>WPMS</i>	Workflow automation solution	Solution d'automatisation des flux de travaux
<i>Yard Boss</i>	ALDATA Software	Approvisionnement et stocks de fibre
<i>Yard inventory</i>	Cengea	Gestion des stocks
<i>DashBoard</i>	Opertech	Affichage de données opérationnelles

Outils internationaux

Outils	Organisations	Applications
<i>Åkarweb</i>	Holmen Skog	Planification Web du débardage
<i>ASICAM</i>	Epstein R., Morales R., Seron J., Weintraub A. (University of Chile)	Optimisation du camionnage dans les opérations forestières
<i>ATLAS Cruiser</i>	ATLAS Technology	Logiciel d'inventaire forestier
<i>ATLAS Forecaster</i>	Forest Research Stand Growth Modelling Co-operative	Gestion de la forêt
<i>ATLAS GeoMaster</i>	ATLAS Technology	Information sur le terrain et la forêt
<i>ATLAS Harvest Manager</i>	ATLAS Technology	Gestion des plans de récolte
<i>ATLAS Harvest Scheduler</i>	ATLAS Technology	Plan de récolte avec analyse des scénarios
<i>ATLAS Market Supply</i>	ATLAS Technology	Plan de récolte pour satisfaire la demande
<i>ATLAS Permanent Sample Plots</i>	ATLAS Technology	Gestion de la forêt
<i>ATLAS Roading Manager</i>	ATLAS Technology	Gestion des chemins forestiers
<i>CPLAN</i>	De : http://web.unbc.ca/~garcia/publ/handbook.pdf	Systèmes de gestion de la forêt LP-linear programming
<i>FlowOpt</i>	Skogforsk	Logistique des flux de travaux
<i>FOLPI</i>	Forest Research Institute, New Zealand Forest Service	Planification de la gestion de la forêt
<i>Forest Information and Planning System — FIPS</i>	PFOLSEN	ERP
<i>Forest Management Planning Package</i>	Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Forestry Uppsala	Gestion de la forêt
<i>IFS</i>	New Zealand Forest Research Institute	Simulation interactif de domaines forestiers
<i>IFS Forest system</i>	IFS Industrial & Financial Systems	ERP
<i>Integration and coordination in forestry transportation planning</i>	Skogforsk	Coordination du transport
<i>MARVL (& GroMARVL)</i>	New Zealand Forest Research Institute	Système d'inventaire prérecolte
<i>MEDFOR</i>	Epstein R., Morales R., Seron J., Weintraub A. (University of Chile)	Outils autonomes de planification stratégique
<i>MELA & JLP</i>	Finish Forest Research Institute (Metla)	Systèmes d'inventaire forestier et de planification
<i>OFSIM</i>	H. K. Koesmarno School of Forestry, University of Canterbury, Christchurch	Simulation de la structure du peuplement pour la gestion

Outils	Organisations	Applications
<i>OPTICORT</i>	Epstein R., Morales R., Seron J., Weintraub A. (University of Chile)	Système de planification à court terme pour les compagnies forestières
<i>OPTIMED</i>	Epstein, R., University of Chile	Outil de planification tactique de la forêt
<i>PLANEX</i>	Epstein, R., Weintraub A. (University of Chile)	Conception de chemins et localisation de l'équipement de récolte
<i>RegRAM-I</i>	Tasman Forestry Ltd	Calendrier de récolte et allocation des billes
<i>RMSBO ; RMS80/RMS85</i>	NZ Forest Products Limited	Récolte et planification de la gestion de la forêt
<i>RuttOpt</i>	Skogforsk	SSD pour les itinéraires des grumiers
<i>YTGen</i>	Silmetra Ltd	Table de rendements

Liste des acronymes

AASA	=	Aserraderos Arauco Sociedad Anónima
B2B	=	Commerce interentreprises (<i>Business to Business</i>)
CIRRELT	=	Centre interuniversitaire sur les réseaux d'entreprises, la logistique et le transport
CPFR	=	Collaboration dans la planification, les prévisions et le réapprovisionnement (<i>Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment</i>)
ERP	=	Planification des ressources de l'entreprise (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
FMMT	=	Modèle de transport forestier multimodal (<i>Forest Multimodal Transportation Model</i>)
GSCF	=	Forum mondial de la chaîne logistique (<i>Global Supply Chain Forum</i>)
MBF ou Mpmp	=	Millier de pieds-planche
MDF	=	Panneau de fibres à densité moyenne
MMpmp	=	Million de pieds-planche (pied mesure de planche)
OSB	=	Panneau à copeaux orientés
S & OP	=	Planification des opérations et des ventes (<i>Sales & Operations Planning</i>)
SCOR	=	Modèle de référence pour les opérations de la chaîne logistique (<i>Supply Chain Operations Reference-model</i>)
SIG	=	Système d'information géographique
SPE	=	Environnement de simulation et de prototypage (<i>Simulation and Prototyping Environment</i>)
SSD	=	Système de support à la décision
UGS	=	Unité de gestion de stock
VMI	=	Gestion des stocks par le fournisseur (<i>Vendor Managed Inventory</i>)
VTM	=	Gestionnaire virtuel de transport (<i>Virtual Transportation Manager</i>)
XML	=	Langage de balisage extensible

Glossaire

Agent

Composante logicielle ayant son propre comportement qui représente une entité et qui peut interagir avec des entités semblables.

Agrégation

Tout processus dans lequel l'information est rassemblée et exprimée sous forme de résumé. Dans la modélisation de systèmes, l'agrégation peut être relative à différents sujets (produits, temps et localisation) et échelles pour un sujet. Par exemple, le produit peut être agrégé à l'échelle de l'essence ou de la famille ; le temps peut aller de dizaines d'années à quelques secondes pour certaines applications ; la localisation peut être très large (une province ou une ville) ou plus précise (un étage dans une usine ou un endroit précis dans l'usine).

Algorithme heuristique

Algorithme qui ignore si la solution trouvée est optimale, mais qui produit généralement une bonne solution ou résout un problème plus simple qui contient, en tout ou en partie, la solution d'un problème plus complexe. Les heuristiques sont généralement utilisées lorsqu'il n'y a pas de façon connue de trouver la solution optimale, ou lorsque la recherche de cette dernière n'est pas compatible avec les limites de temps d'exécution.

Approvisionnement

Totalité du processus d'acquisition de biens et services, de la préparation et du traitement d'une réquisition jusqu'à la réception et à l'approbation de la facture pour paiement.

Avantage compétitif

Circonstance qui permet à une compagnie d'opérer de façon plus efficace ou plus souhaitable que ses concurrents, ce qui accroît les bénéfices de cette compagnie.

Bobine de papier

Rouleau compact de longueur ou de diamètre précis qui peut être coupé ou vendu directement au client.

Bobine mère ou rouleau jumbo

Bobine de papier provenant directement de la machine à papier, enroulée sur le tambour d'une enrouleuse, à la différence des bobines qui ont été coupées et rembobinées sur des mandrins.

Biocarburant

Carburant fabriqué à partir de la biomasse, c'est-à-dire de sources biologiques, comme le bois, qui ont complété leur cycle de vie. Le biocarburant peut se présenter sous forme liquide, solide ou gazeuse.

Biomasse forestière

Toutes les parties au-dessus du sol d'un arbre, comme les cimes, les branches, le feuillage, etc., qui peuvent être utilisées pour produire de l'énergie.

Bois d'ingénierie

Le bois d'ingénierie, aussi appelé bois composite ou bois manufacturé, inclut un éventail de produits dérivés du bois qui sont fabriqués en liant ensemble des copeaux, des particules, des fibres ou des placages de bois à l'aide d'adhésifs, pour former des matériaux composites. Ces produits sont conçus selon des spécifications très précises et testés pour répondre aux standards nationaux ou internationaux.

Bois d'œuvre

Produit du bois obtenu par le sciage et, généralement, le rabotage des quatre faces sciées, de billes de bois.

Carton

Feuille monocouche ou multicouche, rigide, épaisse et lourde. Pour certains usages, les matériaux de grammage inférieur à 150 g/m sont considérés comme étant des papiers et ceux d'un grammage égal ou supérieur à 150 g/m comme des cartons. Toutefois, la différenciation entre papier et carton est principalement basée sur les caractéristiques du matériau et, dans certains cas, sur son utilisation.

Centre de distribution

Entité entre le fournisseur et les clients qui reçoit, entrepose et expédie les produits.

Certification par une tierce partie

Ensemble précis de critères et de procédés qui gouvernent les plans de gestion et les actions sur le terrain, tel que vérifié par un organisme tiers. Les forêts peuvent être certifiées par plusieurs agences reconnues différentes.

Chemin forestier

Route construite dans la forêt pour atteindre les zones de récolte du bois.

Coentreprise

Entente à long terme liant ensemble deux ou plusieurs parties pour réaliser un projet particulier. Les parties s'accordent pour partager les profits et les pertes de la coentreprise.

Cogénération

Procédé dans lequel une installation industrielle utilise ses rebuts pour produire de la chaleur et de l'électricité.

Collaboration dans la planification, les prévisions et l'approvisionnement (CPFR)

Procédé de collaboration par lequel les partenaires commerciaux de la chaîne logistique peuvent planifier conjointement les activités clés de la chaîne, de la production et la livraison des matières premières jusqu'à la production et la livraison des produits aux clients finaux. La collaboration englobe la planification d'affaires, la prévision des ventes et toutes les opérations requises pour le réapprovisionnement en matières premières et en produits finis.

Commande

Instruction qui précise un besoin précis d'une unité d'affaires précise à un moment précis. Il y a plusieurs sortes de commandes, chacune offrant des conditions différentes.

Comportement opportuniste

Fait référence à l'idée qu'un décideur peut chercher inconditionnellement son propre intérêt, et qu'un tel comportement ne peut pas nécessairement être prédit.

Consortium

Forme d'alliance établie entre les partenaires pour créer un ensemble donné de compétences ; elle nécessite un investissement en termes de capital, de ressources et de technologies.

Contrat

Entente en termes précis entre deux ou plusieurs personnes ou entités dans laquelle il y a promesse d'exécution d'une tâche en échange d'un bénéfice connu comme rétribution.

Contrat à quantités flexibles

Méthode de coordination des flux d'information et de matériaux dans une chaîne logistique opérant dans des environnements dynamiques. L'acheteur doit s'engager pour une quantité minimale, mais peut ajuster la commande lorsque de l'information plus précise sur la demande devient disponible.

Contrat de partage des revenus

Incitatif de la chaîne de valeur dans lequel le manufacturier baisse le prix de gros pour un acheteur en échange du partage des revenus générés par cet acheteur.

Contreplaqué

Sorte de bois manufacturé fait de minces feuilles appelées plis ou placages. Les couches sont collées ensemble, le grain de chacune à angle droit avec ses voisines pour une meilleure résistance et une meilleure stabilité.

Coproduit

Produit possédant une certaine valeur qui résulte de la fabrication du produit principal.

Coût de réglage

Coût de préparation des équipements ou des machines pour accomplir une tâche, incluant le nettoyage, les réglages, etc., mais excluant le coût du produit lui-même.

Coût en capital

Mesure du retour que l'investisseur espère obtenir sur son investissement.

Débit

Vitesse à laquelle quelque chose peut être traité, ou à laquelle des données sont transférées à travers un système électronique.

Décisions de planification

Procédé continu et systématique au cours duquel les gens prennent des décisions à propos des résultats futurs attendus, de comment atteindre ces résultats et de la façon dont le succès sera mesuré et évalué.

Délai

Temps qui s'écoule entre la réception d'une commande et l'expédition du produit ou du service au client.

Déterministe

Événement qui ne possède pas d'aspect aléatoire ou probabiliste, qui se produit donc de façon totalement prévisible.

Distributeur

Entreprise qui vend ou livre des marchandises aux clients, comme les magasins de vente au détail. Les distributeurs agissent comme intermédiaires entre les fabricants et les détaillants. Ils exploitent un entrepôt de marchandises, qui sont souvent achetées à différents fabricants, pour être ensuite revendues (ou distribuées) à plusieurs détaillants.

Données du point de vente

Données recueillies au lieu et au moment de la vente.

Durabilité

État ou processus qui peut être maintenu indéfiniment. Les principes de la durabilité intègrent trois éléments étroitement reliés : l'environnement, l'économie et le contexte social, dans un système qui peut être maintenu indéfiniment dans un état bien portant.

Échange de données électroniques

Transfert électronique, entre deux ou plusieurs entités, d'information dans un format standard.

Entente de prix

Prix chargé au client par le fournisseur pour coordonner le système.

Entente de rachat

Incitatif basé sur les retours de produits, qui permet au détaillant (ou aux marchands, aux clients, etc.) de retourner une partie ou la totalité des articles invendus en échange d'une compensation.

Entreprise intégrée

Forme d'organisation d'entreprise dans laquelle toutes les étapes impliquées dans la fabrication d'un produit commercial – de l'achat de la matière première jusqu'à la vente au détail du produit fini – sont contrôlées par une entreprise.

Évaluation du risque

Activités qui permettent aux gestionnaires de la chaîne logistique de cerner, d'évaluer et de mesurer les risques dans le réseau de création de valeur.

Fabricant

Entité qui fabrique un produit par un procédé impliquant des matières premières, des composantes ou des assemblages, généralement sur une grande échelle, ainsi que différentes opérations réparties entre plusieurs centres de machinerie et travailleurs.

Flux de produits

Mouvement des produits d'un fournisseur jusqu'au client final, incluant les retours des clients et les besoins du service.

Flux d'information

Processus par lequel l'information est échangée le long de la chaîne logistique, soit de haut en bas vers les fournisseurs de matière première ou de bas en haut vers le client final.

Flux financier

Ensemble des transactions monétaires entre les unités d'affaires d'un réseau de création de valeur, comme les paiements, les crédits, les prix de cession interne, les coûts de transaction, etc.

Fournisseur de logistique de tierce partie (3PL)

Un fournisseur de logistique de tierce partie est une société qui propose un service externalisé ou « de tierce partie » de logistique à d'autres organisations. Les fournisseurs de logistique de tierce partie se spécialisent généralement dans les services d'entreposage et de transport intégrés qui peuvent être personnalisés selon les besoins du client.

Gestion de la chaîne logistique

Ensemble des activités, des outils et des logiciels qui permettent à une compagnie d'intégrer plus étroitement la production entre les partenaires d'affaires d'un réseau de création de valeur.

Gestion de la forêt

Planification scientifique et administration des ressources forestières dans des buts de récolte durable, d'usages multiples, de régénération et de maintien d'une communauté biologique saine.

Gestion des stocks par le fournisseur (VMI)

Approche de collaboration dans laquelle le fournisseur gère les stocks de ses produits pour ses clients. Le fournisseur est responsable de la totalité du processus de réapprovisionnement et possède l'autorité nécessaire pour le faire.

Goulot d'étranglement

Département, installation, machine ou ressource fonctionnant à pleine capacité, qui ne peut donc absorber la demande additionnelle. Aussi appelé ressource critique, un goulot d'étranglement limite le débit des ressources qui y sont associées.

Grossiste

Entreprise qui achète de grandes quantités de biens de plusieurs producteurs ou de vendeurs, et qui les revend à des détaillants ou à des marchands plutôt qu'au client final.

GSCF

Modèle de chaîne logistique introduit par le *Global Supply Chain Forum*. Il s'appuie sur huit processus d'affaires clés qui sont à la fois interfonctionnels et interentreprises de nature. Chaque processus est géré par une équipe interfonctionnelle, qui comprend des gens de la logistique, de la production, des achats, des finances, du marketing et de la recherche et développement. Bien que chaque processus soit connecté avec les clients et les fournisseurs

clés, les processus de gestion des relations avec le client et des relations avec le fournisseur demeurent les liens critiques de la chaîne logistique.

Horizon de planification

Durée de temps qu'une organisation examine lorsqu'elle dresse un plan.

Information asymétrique

Partie qui n'est pas dans la même position que les autres, ignorant – étant dans l'impossibilité d'observer – de l'information essentielle au processus de prise de décision.

Marchand

Organisation qui achète des produits de différentes sources et les revend ensuite aux clients, sans transformer le produit.

Matériau lignocellulosique

Matière organique produite par les plantes sur Terre, qu'on retrouve dans les arbustes, les graminées, les arbres et les cultures agricoles.

Matière première

Substances physiques utilisées comme intrants pour la production ou la transformation.

Matière recyclée

Bien retransformé pour constituer un nouveau produit.

Mesure de la performance

Processus d'évaluation de la qualité de la gestion des organisations et de la valeur qu'elles livrent aux clients et aux autres détenteurs d'intérêts.

Méthode de fabrication pour stockage

Système de production manufacturière dans lequel les produits finis sont fabriqués et stockés avant la réception d'une commande.

Méthode de fabrication sur commande

Système de production manufacturière mis en place pour satisfaire la demande client seulement après qu'une commande a été reçue.

Niveau de service

Probabilité de pouvoir satisfaire toute commande pendant le cycle normal de commandes à partir du stock en mains.

Opérations forestières

Travail effectué en lien avec la sylviculture ou la récolte des arbres, incluant la construction des voies d'accès et le transport des arbres récoltés jusqu'à une installation où ils seront transformés ou de laquelle ils seront expédiés.

Optimisation du tronçonnage

Procédé de transformation des tiges d'arbres en billes de la plus grande valeur possible.

Panneau à copeaux orientés

Sorte de panneau de particules composé de copeaux longs qui sont alignés de façon à augmenter la résistance et la rigidité du panneau, ainsi que sa stabilité dimensionnelle, par rapport à un panneau dont les copeaux sont orientés aléatoirement.

Panneau de fibres à densité moyenne

Produit de bois composite (ou manufacturé) obtenu en combinant de fines particules et des résines (adhésifs) sous pression pour produire des feuilles qui sont vendues en formats standards et non standards.

Panneau de particules

Panneau composé de petites particules et de fibres de bois liées ensemble à chaud et sous pression avec des résines adhésives synthétiques.

Papetière

Usine consacrée à la fabrication de papier à partir de pâte de bois et d'autres ingrédients.

papiNet

Standard de communication globale XML pour les industries du papier et des produits forestiers.

Parc de transfert

Lieu de transit pour les billes avant qu'elles ne soient envoyées à leur destination finale.

Pâte au sulfite

Pâte chimique dans laquelle des sulfites ou des bisulfites sont utilisés comme produit chimique principal.

Pâte kraft

Papier à haute résistance fait de pâte au sulfate non blanchie (kraft), habituellement de couleur brune.

Pâte mécanique de raffineur

Pâte mécanique obtenue par le déchiquetage de copeaux de bois entre les disques d'un raffineur.

Pâte mécanique sous pression

Pâte mécanique obtenue en traitant les billes à la vapeur avant leur défibrage sous pression sur meule de défibreux.

Pâte thermomécanique (PTM)

Pâte obtenue par étuvage des copeaux avant et pendant le raffinage, un procédé qui donne un meilleur rendement et de la pâte plus résistante que la pâte mécanique standard.

Placage

Minces feuilles de bois qui sont généralement assemblées à l'aide d'un adhésif pour former des feuilles de contreplaqué (voir « Contreplaqué »). Elles peuvent aussi être collées sur une âme constituée d'un panneau de particules ou de particules à densité moyenne (MDF) pour améliorer leur apparence et accroître leur valeur.

Plan

Ensemble d'information définissant quand, où et comment les différentes activités seront accomplies dans une unité d'affaires ou dans un ensemble d'unités d'affaires.

Planification distribuée

Procédé qui permet à plusieurs organisations de participer au développement d'un plan commun intégré.

Point de découplage

Procédé/lien où la commande du client pénètre dans la chaîne.

Point de demande

Endroit où il y a une demande pour un produit. Selon le modèle, le point de demande peut être un entrepôt, un distributeur ou une autre installation.

Prévision des ventes

Prédiction, projection ou estimation des ventes attendues pour une période de temps définie dans le futur.

Prix de cession interne

Prix demandé pour les produits et les services fournis à une portion de la compagnie par une autre portion de la même compagnie, afin de calculer séparément les profits et les pertes de chaque division.

Procédé de négociation avec le client

Ensemble des activités comprises entre la requête initiale du client et le moment où la requête devient une commande.

Procédé de retour des produits

Ensemble d'opérations pour recevoir, classer et analyser un retour de produit par le client. La procédure est complétée avec la mise au rebut du produit.

Processus d'affaires

Ensemble coordonné de tâches et d'activités – comme la planification, la production et les ventes – accomplies par des gens et des équipements, qui ont pour but l'atteinte d'objectifs organisationnels précis.

Processus de planification des opérations et des ventes (S & OP)

Ensemble de technologies et de processus d'affaires qui permettent à une entreprise de répondre efficacement à la variation de la demande et de l'approvisionnement par un aperçu sur le déploiement optimal du marché et sur l'organisation optimale de la chaîne de valeur.

Processus de planification stratégique

Processus de prise de décision relié à la mission à long terme et aux objectifs d'une organisation, aux ressources utilisées pour atteindre ces objectifs ainsi qu'aux politiques et aux lignes directrices qui gouvernent l'acquisition, l'utilisation et la mise au rebut des ressources impliquées.

Processus de proposition de valeur

Utilité pour les clients créée par les compagnies, à partir du prix et des fonctionnalités des produits ou des services jusqu'à la commodité, à la rapidité et à la fiabilité de la livraison, à l'amabilité du service à la clientèle et au prestige ou l'image associé au produit ou service.

Processus de reconstitution des stocks

Processus d'affaires au cours duquel les prévisions sont mises à jour, les niveaux de stocks sont mesurés, les opérations d'approvisionnement et de fabrication sont planifiées et les stocks sont distribués.

Processus de satisfaction de la demande

Séquence des étapes du traitement d'une commande à la satisfaction du client et des changements nécessaires dans les registres d'inventaire.

Production

Méthodes et procédés employés pour transformer des intrants tangibles (matières premières, produits semi-finis ou sous-ensembles) et intangibles (idées, information, savoir-faire) en biens et services.

Produit forestier

Tout matériau commercial dérivé de la forêt, tels le bois d'œuvre, le papier et les panneaux.

Programmation linéaire

Technique mathématique utilisée pour trouver le maximum et le minimum de fonctions linéaires pour plusieurs variables sujettes à des contraintes. La programmation linéaire est plus particulièrement utilisée pour déterminer la façon d'atteindre le meilleur résultat (comme le profit maximum ou le plus bas coût) dans un modèle mathématique donné, selon une liste d'exigences représentées par des équations linéaires.

Programmation linéaire mixte en nombres entiers

Programmation linéaire avec des contraintes additionnelles, dont celle que certaines variables doivent prendre des valeurs entières.

Programmation mathématique

Application de techniques de programmation mathématique et logicielle à la construction de modèles déterministes, principalement pour les affaires et l'économie. Pour les modèles qui ne nécessitent que des équations d'algèbre linéaire, les techniques sont appelées programmation linéaire ; pour les modèles requérant des équations plus complexes, on l'appelle programmation non linéaire. Dans les deux cas, les modèles comprennent souvent des centaines ou des milliers d'équations.

Recherche opérationnelle

Application de méthodes et de techniques scientifiques aux problèmes de prise de décisions. Un problème de prise de décision se produit lorsque deux ou plusieurs lignes de conduite sont possibles, chacune d'entre elles menant à un résultat final différent et parfois inconnu. La recherche opérationnelle est également utilisée pour maximiser l'usage de ressources limitées. L'objectif est de choisir la meilleure option, c'est-à-dire celle qui mène au résultat le plus avantageux.

Remise de quantité

Réduction du prix unitaire, un incitatif aux achats en grandes quantités.

Réseau de création de valeur

Toutes les activités impliquées dans la livraison d'un produit à partir de la matière première jusqu'à la livraison au client final, incluant l'approvisionnement en matières premières et en

pièces, la transformation et l'assemblage, l'entreposage et le pistage des stocks, l'entrée des commandes et leur gestion, la distribution à travers tous les canaux, la livraison au client, ainsi que tous les systèmes d'information requis pour surveiller toutes ces activités.

Résineux

Bois de conifère, comme le pin ou l'épinette.

Risque de chaîne logistique

Variation potentielle des résultats qui influence à la baisse la valeur ajoutée de toute cellule d'activité dans une chaîne, les résultats étant définis comme le volume et la qualité des biens en tous lieux et à tout moment dans un flux de chaîne logistique.

Rotation des stocks

Rapport entre la valeur des ventes d'un article et la valeur du stock moyen correspondant.

Scierie

Usine dans laquelle des machines (principalement des scies) sont utilisées pour transformer des billes (ou grumes) en bois d'œuvre ou d'autres produits forestiers.

SCOR

Modèle de référence des processus développé par le *Supply Chain Council*, qui vise à intégrer les concepts bien connus de la réingénierie des processus d'affaires, des analyses comparatives et de la mesure des processus dans un cadre interfonctionnel.

Séchage à l'air libre

Procédé de séchage du bois d'œuvre au grand air en le protégeant du soleil et de la pluie avec des panneaux de protection ou un hangar à côté ouvert. Le séchage à l'air avant le séchage en séchoir est parfois requis pour certaines essences.

Séchage au séchoir

Méthode artificielle de séchage du bois qui consiste à forcer de l'air chauffé à circuler autour du bois d'œuvre dans une bâtisse fermée.

Sous-produit

Produit secondaire ou accessoire découlant d'un procédé manufacturier, d'une réaction chimique ou biochimique, et qui n'est pas le produit primaire fabriqué.

Stochastique

Situations ou modèles contenant un élément aléatoire, par conséquent imprédictible, sans ordre ou patron stable. Par exemple, tous les événements naturels sont des phénomènes stochastiques.

Structure de coordination

Patron de prise de décision et de communication entre un ensemble d'acteurs qui accomplissent un ensemble de tâches pour atteindre des buts.

Sylviculture

L'art et la science de contrôler l'établissement, la croissance, la composition, la santé et la qualité des forêts afin de répondre aux divers besoins et aux valeurs de plusieurs propriétaires ou utilisateurs des forêts, des sociétés et des cultures.

Système d'information géographique (SIG)

Système informatique intégré de cartographie et de gestion de base de données spatiales qui possède plusieurs fonctions pour les données géographiques, incluant la récupération des enregistrements, la gestion, l'analyse et l'affichage.

Système de distribution

Ensemble du système de procédures, de méthodes, d'équipements et d'installations conçus et interreliés pour faciliter et contrôler le flux de produits et de services de la source au client final.

Système de support à la décision (SSD)

Classe spécifique de système d'information informatique qui supporte les activités de prise de décisions d'affaires et organisationnelles. Un SSD bien conçu est un système logiciel interactif qui a pour but d'aider les décideurs à extraire de l'information utile de données brutes, de documents, de connaissances personnelles et de modèles d'affaires pour cerner et résoudre les problèmes et pour prendre des décisions.

Temps de cycle

Temps qui s'écoule entre le début et la fin d'un procédé.

Transformation du papier

Traitement, modification ou quelque autre manipulation du papier ou du carton fini pour le transformer en produits pour le client final.

Usine de pâte

Installation manufacturière qui transforme des copeaux de bois et d'autres sources de fibres végétales en un épais panneau de fibre qui peut être expédié à une papetière pour la suite de la transformation. La pâte peut être fabriquée en utilisant des méthodes mécaniques, semi-chimiques ou chimiques (procédés kraft et au sulfite). Le produit fini peut être blanchi ou non blanchi, selon les exigences du client.

Valeur ajoutée

Bénéfice additionnel apporté par une activité ou un service.

Valeur économique ajoutée

Instrument de mesure du profit économique plutôt que comptable créé par une entreprise, après que le coût de toutes les ressources, incluant à la fois la dette et les capitaux propres, a été pris en compte.

XML

Façon flexible de créer des formats d'information communs, et de partager à la fois le format et les données sur le Web, l'Intranet ou ailleurs.