

# Rapport

---

## Révision du régime forestier

### Optimisation des coûts d'approvisionnement par l'utilisation des logiciels Woodstock et FPInterface

Présenté au :  
**Ministère des Ressources  
naturelles et de la Faune**

Préparé par :



Centre d'enseignement et de recherche  
en foresterie de Sainte-Foy inc.

Martin Béland, ing.f.  
Daniel Beaudoin, ing.f., M.B.A., Ph.D.  
Jean-Denis Grenier, ing.f.  
Dominic Toupin, ing.f., M.Sc.



Sébastien Lacroix, ing.f., M.Sc.  
Dave Lepage, ing.f., M.Sc.  
Jean Favreau, ing.f., M.Sc.É.

---

Novembre 2009



# Table des matières

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>II</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METHODOLOGIE .....</b>	<b>3</b>
2.1. TERRITOIRE A L'ETUDE ET SOURCES D'INFORMATION .....	3
2.1.1. <i>Portrait du territoire</i> .....	3
2.2. INTERACTION ENTRE MRNF, CERFO ET FPIINNOVATIONS .....	8
2.3. EXPERIENCE .....	9
2.3.1. <i>Plan réalisé</i> .....	10
2.3.2. <i>Plan optimisé</i> .....	10
2.3.3. <i>Plan optimisé relaxé</i> .....	10
2.3.4. <i>Plan optimisé élargi</i> .....	11
2.4. COMPARAISONS ENTRE LES PLANS .....	12
2.5. MODELE.....	13
2.6. COUTS D'APPROVISIONNEMENT.....	13
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>16</b>
3.1. PLAN REALISE.....	17
3.2. PLAN OPTIMISE .....	21
3.3. PLAN OPTIMISE RELAXE .....	25
3.4. PLAN OPTIMISE ELARGI .....	29
3.5. COMPARAISON ENTRE LES PLANS PRODUITS .....	34
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>39</b>
4.1. IMPACT DE L'OPTIMISATION SUR LE PROCESSUS DE PLANIFICATION.....	39
4.2. INTERACTION FPIINTERFACE – WOODSTOCK .....	39
4.3. AMELIORATION DU PROCESSUS DE PLANIFICATION FORESTIERE .....	40
4.4. DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES .....	43
4.5. QUALITE DE LA DONNEE.....	44
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE 1.....</b>	<b>48</b>
<b>ANNEXE 2.....</b>	<b>49</b>

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Demandes totales par produit pour chaque année .....	4
Tableau 2. Superficies totales récoltées (ha) durant les années 2004 à 2006.....	5
Tableau 3. Superficies récoltées (ha) par production prioritaire durant les années 2004 à 2006.....	5
Tableau 4. Proportion de la dimension des blocs de récolte selon l'article 74 du RNI.....	5
Tableau 5. Plan réalisé .....	17
Tableau 6. Plan optimisé .....	21
Tableau 7. Plan optimisé relaxé.....	25
Tableau 8. Plan optimisé élargi.....	29
Tableau 9. Proportion de la dimension des blocs de récolte selon l'article 74 du RNI pour le plan optimisé élargi .....	29
Tableau 10. Superficies récoltées (ha) par production prioritaire durant les années 2004 à 2006.....	30
Tableau 11. Comparaison des coûts pour le système bois court .....	34
Tableau 12. Comparaison des coûts pour le système bois long.....	35
Tableau 13. Comparaison des autres indicateurs.....	35

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1. Emplacement des chantiers et des usines retenus pour l'étude .....	7
Figure 2. Schéma de l'interaction entre le MRNF, le CERFO et FPInnovations .....	8
Figure 3. Variation du coût d'entretien en fonction de la longueur de chemin et du volume moyen passant.....	16
Figure 4. Plan réalisé pour l'année 2004 .....	18
Figure 5. Plan réalisé pour l'année 2005 .....	19
Figure 6. Plan réalisé pour l'année 2006 .....	20
Figure 7. Plan optimisé pour l'année 2004 .....	22
Figure 8. Plan optimisé pour l'année 2005 .....	23
Figure 9. Plan optimisé pour l'année 2006 .....	24
Figure 10. Plan optimisé relaxé pour l'année 2004 .....	26
Figure 11. Plan optimisé relaxé pour l'année 2005 .....	27
Figure 12. Plan optimisé relaxé pour l'année 2006 .....	28
Figure 13. Plan optimisé élargi pour l'année 2004 .....	31
Figure 14. Plan optimisé élargi pour l'année 2005 .....	32
Figure 15. Plan optimisé élargi pour l'année 2006 .....	33
Figure 16. Représentation simplifiée du processus de planification actuel .....	41
Figure 17. Représentation simplifiée d'un processus de planification avec support d'outils d'aide à la décision .....	43

## RÉSUMÉ

---

En se basant sur le document de travail « L'occupation du territoire forestier québécois et la constitution des sociétés d'aménagement des forêts », déposé le 19 juin 2008, le gouvernement du Québec propose des modifications au régime forestier actuel. L'une de ces modifications vise à confier aux directions générales en région la responsabilité de la planification et de l'allocation des secteurs d'interventions aux entreprises détentrices de droits.

La présente étude a pour principal objectif de quantifier les économies potentielles découlant de l'intégration et de la coordination des activités d'approvisionnement forestier de plusieurs industriels partageant les mêmes territoires d'approvisionnement. L'évaluation porte plus spécifiquement sur l'optimisation des coûts de récolte, de transport, d'entretien de chemins et de déplacement des équipements forestiers.

Le territoire à l'étude couvre les aires communes 04303 et 04304 de la région de la Maurice pour les années 2004, 2005 et 2006. Les résultats indiquent qu'une plus grande coordination entre les industriels, la considération des facteurs à court et long terme et l'utilisation d'outils d'optimisation dans le processus décisionnel permettraient de développer des plans d'approvisionnement plus efficaces. Ensemble, ces éléments ont permis le développement d'un plan nécessitant 1 023 km de chemin en moins à entretenir, résultant en une diminution du coût d'entretien de chemin et de déplacement des équipements de l'ordre de le 0,56 \$/m<sup>3</sup> (27 %) et 0,41 \$/m<sup>3</sup> (69 %) respectivement.

Au total, l'étude identifie des économies potentielles du coût d'approvisionnement de l'ordre de 1,52 \$/m<sup>3</sup> annuellement. Ces économies pourraient atteindre 1,90 \$/m<sup>3</sup> à l'échelle régionale.

# INTRODUCTION

---

Depuis quelques années, l'industrie forestière, les gouvernements et le public en général s'intéressent de plus en plus à la forêt à la fois comme source de matières premières, de commodités et de récréation. Ces désirs d'exploitation, de préservation et de conservation de la forêt ont grandement complexifié la gestion forestière (Weintraub et Davis 1996).

La planification des approvisionnements forestiers est une tâche complexe qui requière la prise en compte d'une multitude de facteurs. Elle l'est d'autant plus dans un contexte où plusieurs centres de transformation s'approvisionnent à partir des mêmes territoires d'approvisionnement caractérisés par des peuplements mélangés. Cette complexité dans la tâche de planification des approvisionnements forestiers se traduit souvent en un temps de réalisation prohibitif et s'appuie généralement sur des politiques ou procédures administratives. Ce temps de réalisation empêche la génération, l'évaluation et la comparaison de plusieurs plans. Dans ce contexte, il est difficile pour un décideur d'évaluer la qualité de ses décisions et il doit s'en remettre à son expérience et à son intuition (Beaudoin *et al.* 2007 ; Beaudoin *et al.* 2008).

Malgré la très grande quantité de facteurs et d'intervenants qui doivent être prises en considération lors du processus de planification des approvisionnements forestiers, la majorité des entreprises québécoises de l'industrie des produits forestiers n'utilisent pas de technologies d'aide à la décision, comme en témoigne un sondage conduit par FOR@C<sup>1</sup> auprès d'entreprises du secteur. Ce sondage révèle que 84 % des entreprises utilisent un système informatique pour la gestion comptable mais que moins de 4 % d'entre elles utilisent de tels systèmes pour la gestion des opérations, des approvisionnements ou des inventaires (Karuranga *et al.* 2005). Pourtant, l'utilisation de tels systèmes permettraient d'améliorer la prise de décision tout en allégeant le processus de planification.

---

<sup>1</sup> Consortium de recherche sur les affaires électroniques dans l'industrie des produits forestiers.

En se basant sur le document de travail « L'occupation du territoire forestier québécois et la constitution des sociétés d'aménagement des forêts », déposé le 19 juin 2008, le gouvernement du Québec propose des modifications au régime forestier actuel. L'une de ces mesures vise à confier aux directions générales en région la responsabilité de la planification et de l'allocation des secteurs de récolte aux détenteurs de droits qui cadre dans un processus de concertation des intérêts et des préoccupations des acteurs d'un territoire forestier.

Ce projet fait suite à une étude des impacts financiers associés à l'intégration et l'optimisation des opérations forestières présentée au ministère des Ressources naturelles et de la Faune en juillet 2008. Des économies d'environ 6 % (0,82 \$/m<sup>3</sup>) du coût de transport avaient été mesurées dans le cas où l'allocation des approvisionnements se réaliserait à l'échelle d'une région administrative. Il avait également été constaté qu'un même chantier pouvait être récolté sur plusieurs années ce qui entraînait un entretien récurrent des mêmes tronçons de chemin. Ce constat permettait d'entrevoir des économies potentielles pour une meilleure coordination des activités forestières. La présente étude vise donc à évaluer la pertinence d'intégrer et de coordonner les activités d'approvisionnement forestier et ainsi de générer des économies supplémentaires.

# 1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

---

Cette étude a pour principal objectif de quantifier les économies potentielles découlant de l'intégration et de la coordination des activités d'approvisionnement forestier de plusieurs industriels partageant les mêmes territoires d'approvisionnement. L'évaluation porte plus spécifiquement sur les coûts de récolte, de transport, d'entretien de chemins et de déplacement des équipements forestiers.

L'étude a pour second objectif d'évaluer la possibilité d'utiliser conjointement le progiciel FPInterface de calcul des coûts d'opérations de FPInnovations et le progiciel d'optimisation Woodstock de Remsoft comme technologie d'aide à la décision dans un contexte de planification des approvisionnements forestiers.

## 2. MÉTHODOLOGIE

---

### 2.1. TERRITOIRE À L'ÉTUDE ET SOURCES D'INFORMATION

#### 2.1.1. Portrait du territoire

Le territoire retenu pour cette étude se trouve dans la région de la Mauricie (04). Plus précisément, le territoire est composé des aires communes 04303 et 04304 situées à l'ouest et au nord-ouest de la ville de La Tuque. Ces deux aires communes totalisent une superficie de 4 860 km<sup>2</sup>. Le territoire est desservi par deux routes principales, soit la route 25 à l'ouest de La Tuque et la route 1 à l'ouest du pont de Rivière-aux-Rats qui surplombe la rivière Saint-Maurice.

#### ***Demande des usines***

Les années ciblées pour réaliser l'étude étaient de 2004-2005 à 2006-2007. Au cours de ces périodes, le cadre fonctionnel de la gestion du territoire se réalisait à partir de la délimitation des aires communes et non des unités d'aménagement forestier.

Des données sur la facturation des livraisons de bois des 15 usines bénéficiaires de CAAF couvrant les aires communes 04303 et 04304 pour les trois années ciblées ont été obtenues des relevés de mesurage produits par le MRNF. Ces données de consommation par usine ont été utilisées en tant que demande (volume) de bois par produit pour chacune des périodes.

Le tableau 1 présente les demandes totales par produit pour chaque année. Au cours des trois périodes à l'étude, les bénéficiaires ont reçu un total de 1 869 515 m<sup>3</sup> de bois. Le tableau complet est présenté à l'annexe 1. Environ 60 % de ces livraisons étaient composées du groupement d'essence SEPM, 20 % de peuplier faux-tremble et 13 % de bois de pâte. Une diminution évidente des livraisons se constate de la période 1 vers la période 3. Cette variation peut s'expliquer par la crise forestière actuellement en cours et par les modifications des attributions suite à une baisse marquée de la possibilité forestière en 2005.

**Tableau 1. Demandes totales par produit pour chaque année**

Produits	Volumes (m <sup>3</sup> )			Total
	2004	2005	2006	
SEPM	456 284	380 735	313 393	1 150 412
PET	133 320	122 261	113 929	369 510
PÂTE FEUILLUE	95 272	83 768	77 158	256 198
PIR	9	3	83	95
PIB	2 259	3 706	1 843	7 808
ERS_AB	384	170	0	554
ERS_C	464	135	0	599
BOP_AB	7 679	3 548	3 215	14 442
BOP_C	22 116	18 088	11 749	51 953
BOJ_AB	5 573	2 961	1 261	9 795
BOJ_C	3 675	2 472	1 208	7 355
AUTR	56	679	59	794
<b>Total</b>	<b>727 091</b>	<b>618 526</b>	<b>523 898</b>	<b>1 869 515</b>

### **Secteurs**

La délimitation des secteurs de récolte provient des rapports annuels des saisons de récolte 2004-2005 à 2006-2007 pour les deux aires communes. Le tableau 2 montre la superficie totale récoltée par aire commune au cours de ces trois années.

**Tableau 2. Superficies totales récoltées (ha) durant les années 2004 à 2006**

Aire commune	Période			Total
	2004	2005	2006	
04303	2 035	1 443	1 227	4 705
04304	2 428	2 411	1 902	6 741
<b>Total</b>	<b>4 463</b>	<b>3 854</b>	<b>3 129</b>	<b>11 446</b>

On s'aperçoit que les superficies récoltées diminuent année après année pour les raisons évoquées précédemment.

Le tableau 3 présente les superficies récoltées par production prioritaire. On constate que près de 60 % de la superficie forestière récoltée est composée des productions prioritaires feuillus et mixtes.

**Tableau 3. Superficies récoltées (ha) par production prioritaire durant les années 2004 à 2006**

Production prioritaire	Superficie récoltée (ha)	Proportion
BOP	1 906	17 %
BOU	774	7 %
MIXTE	4 555	40 %
PEU	1 224	11 %
SEPM	2 987	26 %
<b>Total</b>	<b>11 446</b>	<b>100 %</b>

La récolte forestière réalisée dans cette partie du territoire respecte les dispositions législatives concernant la coupe mosaïque et la dimension des blocs de coupe. Le tableau 4 présente le détail de la dimension des blocs de coupe avec protection de la régénération et des sols.

**Tableau 4. Proportion de la dimension des blocs de récolte selon l'article 74 du RNI**

Dimension des blocs selon l'article 74 du RNI	Superficie récoltée (ha)	Cible du RNI	Proportion des RAIF
<b>CPRS</b>			
50 ha et moins	8 814	>= 70 %	83 %
100 ha et moins	10 608	>= 90 %	100 %
150 ha et moins	10 608	= 100 %	100 %
<b>CP</b>	838		
<b>Total</b>	<b>11 446</b>		

La figure 1 montre l'emplacement des secteurs de récolte, des usines et du réseau routier principal de la Mauricie. Il est à noter que 13 usines sont situées dans la région de la Mauricie. Les deux autres usines se retrouvent dans les régions de la Capitale-Nationale et en Estrie.

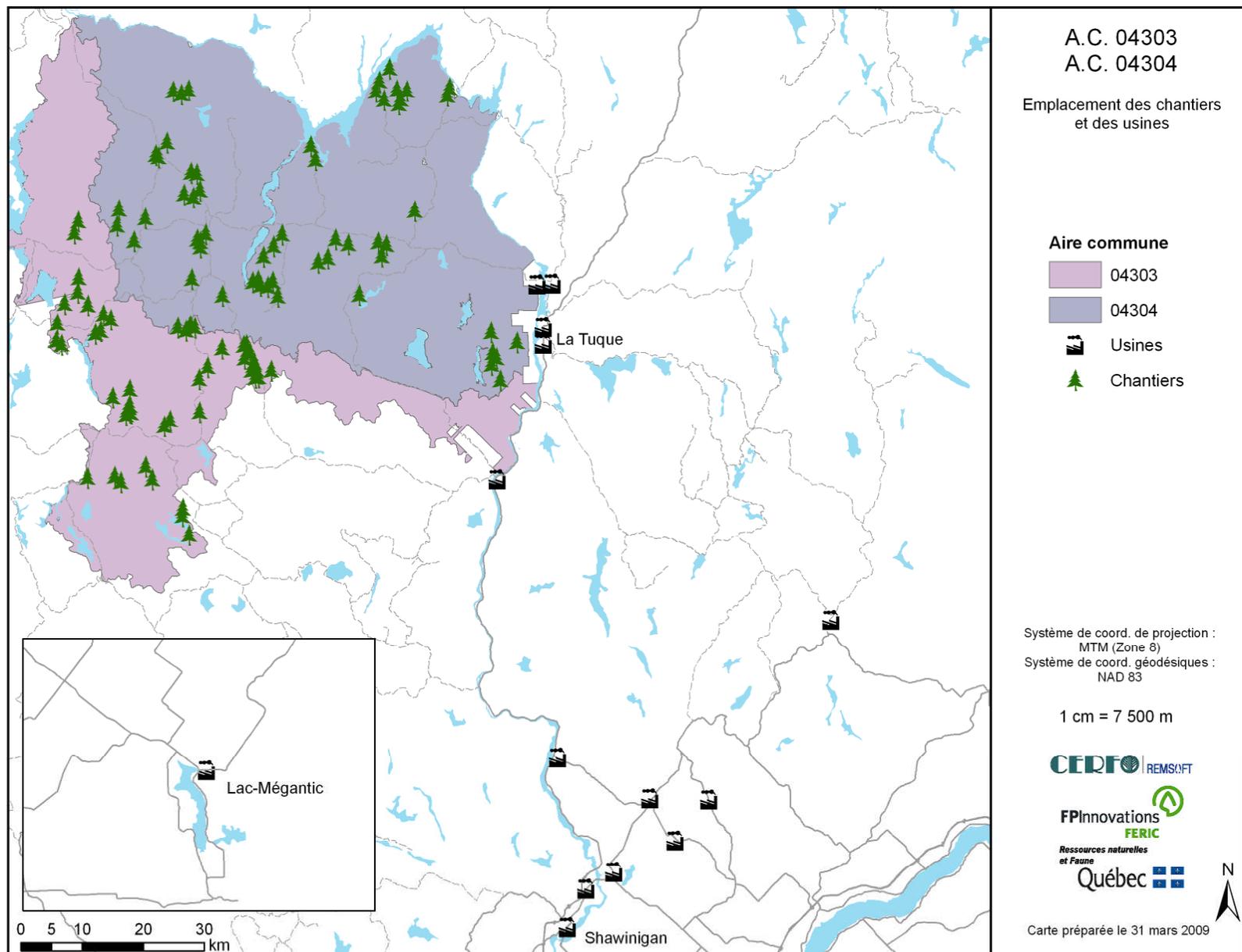


Figure 1. Emplacement des chantiers et des usines retenus pour l'étude

## 2.2. INTERACTION ENTRE MRNF, CERFO ET FPIINNOVATIONS

Un processus de collaboration entre le MRNF, le CERFO et FPIinnovations a permis de réaliser cette étude. La figure 2 montre ce processus ainsi que le flux d'informations entre les trois acteurs du projet.

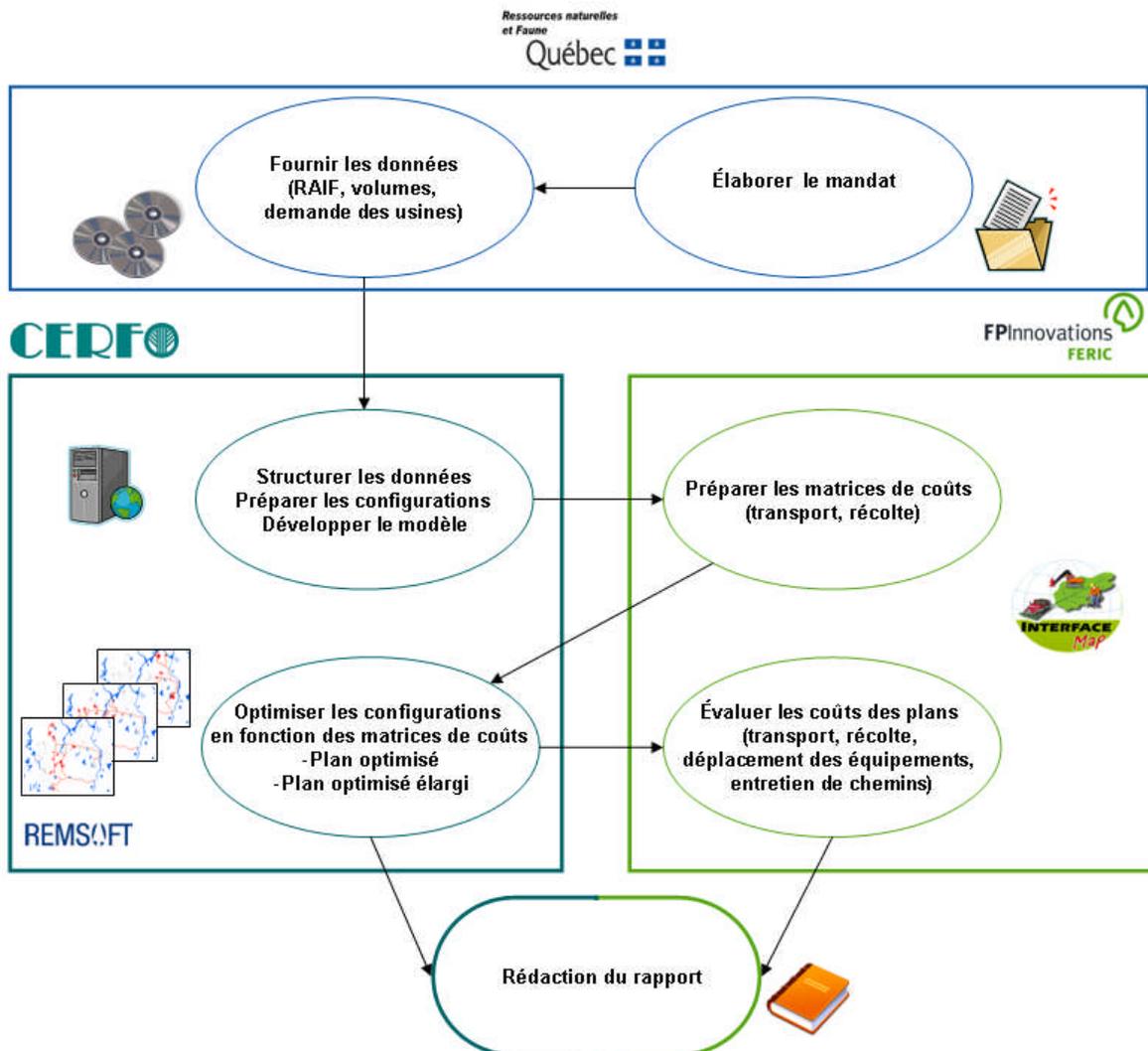


Figure 2. Schéma de l'interaction entre le MRNF, le CERFO et FPIinnovations

Suite à l'élaboration du mandat et à la sélection du territoire par le MRNF, le personnel du CERFO a procédé à la structuration des données nécessaires aux analyses et développé un modèle d'optimisation à l'aide du progiciel Woodstock de Remsoft. La structuration consiste à déterminer le réseau routier à utiliser pour les fins du projet, à s'assurer de l'intégrité spatiale de l'information, à intégrer les rapports annuels et à calculer les volumes par produit pour chacun

des blocs de récolte. FPIinnovations a, par la suite, produit des matrices de coûts de récolte et de transport à partir de l'ensemble des informations sur le réseau routier et des blocs de récoltes fournis par le CERFO qui ont servis d'intrants à l'optimisation. Plusieurs plans ont été produits par le CERFO afin de résoudre les diverses configurations élaborées. Les coûts d'approvisionnement de ces différents plans ont finalement été calculés par FPIinnovations à l'aide du logiciel FPIinterface.

### **2.3. APPROCHE UTILISÉE**

La quantification des gains potentiels associés à un processus de planification favorisant une meilleure coordination des approvisionnements s'est faite en comparant la performance du processus actuellement en usage à celle d'un processus optimisé. Le résultat du processus de planification correspond à un plan d'approvisionnement et sa performance est définie par son coût. Pour le cas à l'étude, un plan d'approvisionnement correspond à un plan triennal spécifiant les secteurs à récolter pour chacune des années.

L'expérience s'est déroulée en quatre étapes :

1. Développement et validation d'un modèle d'optimisation des approvisionnements forestiers qui considère les coûts de récolte, de transport et d'entretien des chemins forestiers.
2. Développement de plans d'approvisionnement par optimisation.
3. Évaluation du coût des activités tel que prévu aux plans d'approvisionnement.
4. Évaluation des gains potentiels résultant de l'utilisation de routines d'optimisation par rapport au processus en usage.

#### **Configurations**

Quatre configurations ont été utilisées afin de développer les plans d'approvisionnement servant à l'évaluation. Une configuration comprend un processus de planification, c'est-à-dire le moyen utilisé pour développer un plan, et un ensemble de données définissant l'étendue du problème de planification. La résolution de chaque configuration résulte en un plan d'approvisionnement forestier. Pour fin de comparaison, on distingue quatre plans : réalisé, optimisé, optimisé relaxé et optimisé élargi.

### **2.3.1. Plan réalisé**

La configuration 1 vise à refléter non pas le processus décisionnel des industriels, mais plutôt le plan d’approvisionnement obtenu par leur processus de planification. Le *plan réalisé* a été défini d’après les informations disponibles dans les rapports annuels d’aménagement forestier pour les années 2004-2005, 2005-2006 et 2006-2007. Ce plan résulte du processus de planification actuellement en usage par les industriels de la région. Le coût du *plan réalisé* sert de référence pour l’évaluation des gains résultant de l’usage de routines d’optimisation dans le processus de planification des approvisionnements forestiers. L’allocation des bois a été déterminée au prorata des volumes facturés aux usines. L’allocation annuelle tient compte de la provenance des bois (aire commune et zone de tarification) et des différents produits livrés.

### **2.3.2. Plan optimisé**

La configuration 2 s’appuie sur un processus basé sur l’optimisation par programmation linéaire mixte<sup>2</sup> pour le développement d’un plan d’approvisionnement qui se nomme le *plan optimisé*. La configuration 2 utilise les mêmes données que la configuration 1; seul le processus de planification diffère. Dans ce cas, le processus de planification prend en considération l’impact opérationnel des décisions prises au niveau tactique. Le processus de planification intègre donc des considérations à moyen et à court terme.

### **2.3.3. Plan optimisé relaxé**

La configuration 3 s’appuie elle aussi sur un processus basé sur l’optimisation par programmation linéaire mixte pour le développement d’un plan d’approvisionnement qui se nomme *plan optimisé relaxé*. La configuration 3 utilise les mêmes données que les deux configurations précédentes. Tout comme la configuration 2, le processus de planification intègre des considérations à moyen et à court terme. La configuration 3 diffère de la configuration 2 en ce qui a trait au traitement des demandes. Seules les demandes des usines utilisant les essences SEPM, PET et Pâte sont contraintes à être respectées intégralement. Pour toutes les autres usines, le volume annuel leur étant livré est contraint pour correspondre à leur demande. Cependant, les volumes peuvent provenir d’une essence équivalente. Pour une usine donnée, les essences

---

<sup>2</sup> En mathématiques, les problèmes de **programmation linéaire** (PL) sont des problèmes d’optimisation où la fonction objectif et les contraintes sont toutes linéaires. Le terme « mixte » réfère à l’inclusion de variables binaires dans le problème.

équivalentes sont celles auxquelles l'usine a droit d'après son relevé de facturation. Cet assouplissement au niveau de l'essence et de la qualité correspond aux situations où certaines usines reçoivent des volumes lorsqu'ils sont générés dans les opérations. À titre d'exemple, si une usine avait droit à 3000 m<sup>3</sup> de bois pour une année donnée, et que ce volume se composait de bouleau jaune de qualité A et B, de bouleau jaune de qualité C et d'érable de qualité A et B, alors l'usine recevait 3000 m<sup>3</sup> de bois, mais la proportion de ces trois essences auxquelles elle avait droit pouvait varier. Cette modélisation reflète davantage la pratique courante.

#### **2.3.4. Plan optimisé élargi**

La configuration 4 s'appuie sur le même processus d'optimisation que la configuration 3. Le plan résultant se nomme *plan optimisé élargi*. La configuration 4 compte davantage de superficies éligibles à la récolte que les configurations précédentes. Les superficies éligibles à la récolte incluent les 616 blocs des configurations précédentes auxquels s'ajoutent 517 blocs pour un total de 1 133 blocs de coupe. Ces blocs de coupe ont été sélectionnés en marge des rapports annuels de 2004 à 2007. Leur délimitation a été faite en tenant compte d'une récolte en coupe en mosaïque et respecte donc les contraintes fixées par le règlement sur les normes d'intervention en forêt (RNI).

Pour les trois premières configurations, les superficies éligibles à la récolte correspondent à la demande des usines pour la période à l'étude. Les superficies éligibles utilisées pour la configuration 4 correspondent à près de 6 années de consommation des usines.

Le processus de planification de la configuration 4 intègre des considérations à long, moyen et court terme. Dans cette configuration, le plan d'approvisionnement forestier prend en considération l'impact des décisions prises à moyen terme sur le long et le court terme. Le processus de planification assure : (1) que le plan développé ne défavorise pas les opérations futures, en récoltant les peuplements les moins dispendieux aujourd'hui et en repoussant la récolte des peuplements les plus dispendieux pour le futur, et (2) que des synergies visant à limiter la fragmentation des opérations forestières maintenant et dans le futur maintiennent les coûts liés à l'approvisionnement le plus bas possible.

## 2.4. COMPARAISONS ENTRE LES PLANS

La comparaison de la performance des plans d'approvisionnement développés permet d'évaluer les gains résultant de l'utilisation d'algorithmes d'optimisation et de divers degrés d'intégration et de coordination entre les considérations à long, moyen et court terme. Trois comparaisons ont été retenues dans le cadre de l'expérience : (1) *plan réalisé – plan optimisé*, (2) *plan réalisé – plan optimisé relaxé*, et (3) *plan réalisé – plan optimisé élargi*. Dans les trois comparaisons, l'écart de la performance observée entre deux plans permet d'apprécier la perte d'opportunité engendrée par le processus de planification des approvisionnements forestiers actuellement en usage.

### ***Plan réalisé – plan optimisé***

Une condition imposée lors du développement du *plan optimisé* était d'effectuer les mêmes livraisons, par produit et aux diverses usines, que celles du *plan réalisé*. Donc, les variations de coûts pouvant être observées résultent simplement d'une remise en question du partage des bois entre bénéficiaires et de l'année de récolte des blocs de coupe. Autrement dit, cette comparaison met en lumière l'impact d'une plus grande intégration et de coordination entre les bénéficiaires partageant les mêmes territoires d'approvisionnement.

### ***Plan réalisé – plan optimisé relaxé***

Le développement du *plan optimisé relaxé* s'est effectué dans un contexte de planification utilisant la règle où les demandes de certaines usines ne sont pas strictes en termes de produits livrés. Ainsi, des volumes leur sont livrés lorsqu'ils sont générés à travers les opérations. La relaxation de cette contrainte pour quelques usines reflète davantage le contexte dans lequel le *plan réalisé* fût développé. Par conséquent, l'écart de performance évalué ici est davantage représentatif des gains pouvant être générés en situation de planification des approvisionnements forestiers.

### ***Plan réalisé – plan optimisé élargi***

L'analyse du plan triennal réalisé sur le territoire a permis de constater que plusieurs peuplements admissibles à la récolte et en marge des PAIF étaient laissés sur pied. Le développement du *plan optimisé élargi* prend en considération ces peuplements. L'écart de la performance observé entre ces deux plans permet de constater la perte d'opportunité résultant de cette pratique. L'évaluation

qui est faite ne tient compte que des bénéfices à court terme. La quantification des bénéfices à moyen et long terme nécessiterait une analyse qui excède la période triennale couverte dans cette étude. Par conséquent, l'expérience sous-évalue les bénéfices entre ces deux plans.

## 2.5. MODÈLE

Le modèle d'optimisation a été développé et validé à l'aide du progiciel Woodstock de la firme Remsoft. L'objectif poursuivi par le modèle vise à satisfaire les besoins des usines tout en minimisant les coûts de récolte, de transport et d'entretien de chemins. Les principales contraintes imposées au modèle touchent la satisfaction des demandes des usines et l'entretien des tronçons de chemins requis par les opérations de transport.

Le même modèle a été utilisé pour le développement des plans *optimisé*, *optimisé relaxé* et *optimisé élargi*, mais avec quelques variantes. Dans le cas du développement du *plan optimisé relaxé*, les contraintes de satisfaction de demande par produit, pour certaines usines, ont été modifiées pour contraindre le volume sur la période triennale seulement. Pour ce qui est du *plan optimisé élargi*, le modèle a été ajusté pour prendre en compte les années futures dans l'horizon de planification. Cet ajustement vise à comprendre l'impact de nos décisions sur le comportement des coûts futurs, donc à ne pas pénaliser les opérations futures. D'autre part, cette dernière planification assure qu'il n'y ait pas d'écart avec les objectifs visés par la stratégie d'aménagement des deux aires communes. De plus, l'ensemble des blocs de coupe ajoutés respectent l'article 74 du RNI et les règlements législatifs concernant la coupe mosaïque. Ce dernier élément permet d'affirmer que le plan élargi respecte l'harmonisation des usages à l'échelle tactique.

## 2.6. COÛTS D'APPROVISIONNEMENT

Les items de coût retenus dans le calcul des coûts d'approvisionnement sont : la récolte, le transport, l'entretien des chemins et le déplacement des équipements forestiers. Les items de coût suivants ont été exclus et jugés non pertinents pour rencontrer les objectifs de l'étude: construction de chemins, frais indirects, sylviculture, redevances.

En fait, le détail des coûts à prendre en considération dépend du type de planification qui doit être réalisé. Dans cette étude, le niveau de planification était tactique. Ce niveau vise à donner des orientations précises sur l'année de récolte et la destination des bois de chacun des chantiers. Par conséquent, les coûts de récolte, de transport, d'entretien des chemins, et le déplacement des équipements ont une influence sur les orientations de récolte à cette échelle. On peut donc considérer que la planification quinquennale et la planification annuelle sont des plans tactiques. Pour faire une distinction entre les différents niveaux de plan, un plan général d'aménagement forestier est quant à lui un plan stratégique. C'est à ce niveau que les orientations générales sont prises à long terme et qu'elles précisent les volumes de bois pouvant être prélevés annuellement, sans indiquer où exactement. Les paramètres économiques à considérer sont toutefois moins détaillés et peuvent tenir compte, par exemple, des coûts de sylviculture, de l'amortissement des infrastructures et des revenus tirés des redevances forestières, tandis qu'un plan opérationnel touche particulièrement l'exécution des travaux. À ce niveau, on peut penser aux calendriers d'opération qui précisent la semaine ou le mois où un chantier sera récolté, qui coordonnent le transport avec les besoins des usines à chaque semaine. Un plan opérationnel est très précis et les coûts à tenir en compte le sont également. En plus des coûts considérés au niveau tactique, on peut considérer le coût d'entreposage, le coût de chargement et déchargement et le coût de détérioration des bois suite à la manutention.

### ***Coût de récolte***

Les coûts de récolte pour deux systèmes de récolte ont été évalués (bois long et bois court). Le coût de récolte inclus le coût des activités d'abattage, de débardage et de façonnage dans le cas d'un système en bois court. L'activité de façonnage est exclue du coût de récolte dans le cas d'un système en bois long.

Le coût de récolte de chaque bloc de coupe est évalué séparément en tenant compte du type de coupe, du type de peuplement et de la distance de débardage. Des valeurs moyennes représentatives du territoire sous étude ont été utilisées pour les autres conditions de récolte (conditions de terrain, branchéité, nombre de produits, longueur des billes, etc.). Le coût unitaire du carburant a été évalué à 0,85\$/litre pour l'évaluation du coût de récolte.

### **Coût de transport**

Le coût de transport comprend le chargement des bois, le transport aller-retour, le déchargement à l'usine ainsi que des temps d'attente moyens en forêt et à l'usine. L'évaluation du coût de transport tient compte de la distance et de la vitesse moyenne de transport en charge et à vide par classe de chemin pour un camion semi-remorque 4 essieux. Le facteur masse-volume de chaque produit a été pris en considération (voir annexe 2). La consommation de carburant a été évaluée en fonction des distances parcourues par classe de chemin à vide et en charge et à partir d'un coût unitaire de 0,85\$/litre.

### **Coût d'entretien des chemins**

Le coût d'entretien des chemins comprend le nivelage, le resurfaçage, le déblaiement de la neige, le sablage et la réfection de tronçons de chemin. Le coût d'entretien varie en fonction de deux facteurs : la longueur des chemins à entretenir et le volume moyen passant par kilomètre de chemin. La figure 3 illustre la variation de ce coût en fonction des deux facteurs, peu importe la classe de chemin. Cette figure exprime que le coût d'entretien n'est pas un coût fixe. Par conséquent, plus il y a une concentration des opérations et plus la quantité de chemins à entretenir diminue. Toutefois, le volume moyen passant augmente, et par conséquent, la fonction de coût de chemins se déplace vers le haut. Cette variation peut être bénéfique, car en concentrant les opérations forestières, il est possible de réduire l'entretien de 900 km à 300 km de chemins, d'augmenter le volume moyen passant de 30 000 m<sup>3</sup>/km à 110 000 m<sup>3</sup>/km et donc de réduire le coût d'entretien de 2 \$/ m<sup>3</sup> à 1,45 \$/m<sup>3</sup>.

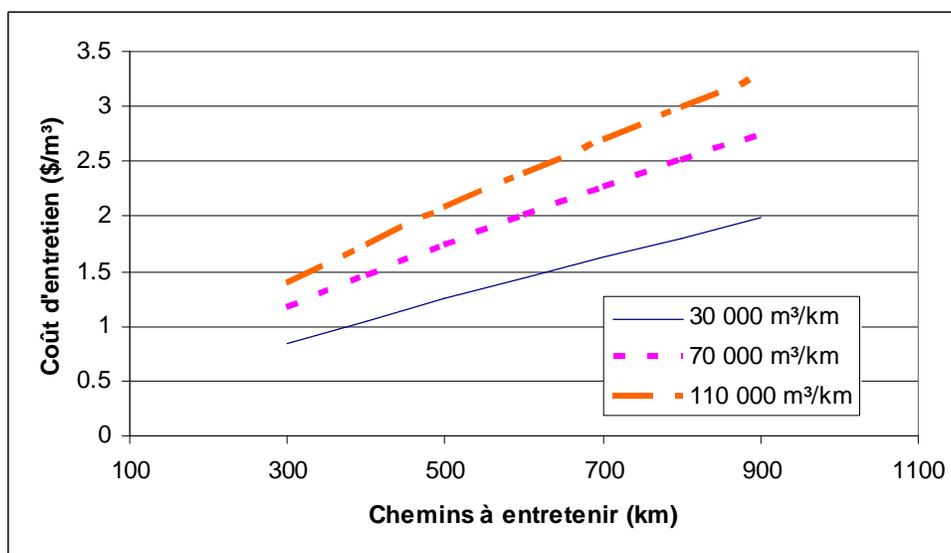


Figure 3. Variation du coût d'entretien en fonction de la longueur de chemin et du volume moyen passant

### Coût de déplacement des machines forestières

Le coût de déplacement des équipements forestiers comprend les déplacements intra-chantier et les déplacements inter-chantiers à l'aide d'un fardier. Le nombre de machines forestières requis pour récolter le volume de chaque plan a été pris en compte pour obtenir le coût de déplacement par système de récolte. Le coût de déplacement est évalué à l'aide d'un indice de dispersion représentant la dispersion des aires de coupe au plan (Favreau *et al.* 2004).

## 3. RÉSULTATS

Les tableaux 5 à 8 présentent les coûts d'opérations et diverses statistiques pour les plans *réalisé*, *optimisé*, *optimisé relaxé* et *optimisé élargi* respectivement. La partie supérieure des tableaux rapporte le coût des activités de récolte, de déplacement des équipements, d'entretien de chemins et de transport pour chacune des trois années du plan. La moyenne pondérée du coût en fonction des volumes est également présentée pour la durée du plan triennal. La partie inférieure des tableaux présente des statistiques pertinentes à l'analyse des résultats. Le nombre de kilomètres de chemins à entretenir nous informe sur la longueur du réseau qui est nécessaire aux activités de transport. L'indice de dispersion réfère au nombre de m<sup>3</sup> récoltés par kilomètre de chemin utilisé et permet de donner un indicateur de la concentration des chantiers d'opérations. Le volume

passant moyen nous informe sur le nombre moyen de m<sup>3</sup> qui est transporté par kilomètre de chemin. Il représente l'intensité des activités de transport sur le réseau utilisé. En général, plus le nombre de kilomètres à entretenir est élevé, plus faible est le volume transporté par kilomètre utilisé.

Les différents plans d'approvisionnement sont également présentés visuellement à l'aide de cartes. Pour chaque plan, trois cartes, une pour chaque année du plan, présentent les chantiers qui doivent être récoltés et le réseau routier à entretenir pour supporter les activités de transport. Les figures 4 à 6 représentent le *plan réalisé*, les figures 7 à 9 représentent le *plan optimisé*, les figures 10 à 12 représentent le *plan optimisé relaxé* et les figures 13 à 15 représentent le *plan optimisé élargi*.

### 3.1. PLAN RÉALISÉ

Tableau 5. Plan réalisé

Items de Coût - \$/m <sup>3</sup>	2004		2005		2006		Triennal	
	Bois court	Bois long						
Récolte	15,59	14,62	15,36	14,72	15,10	14,60	15,38	14,65
Déplacement de machines	0,47	0,61	0,47	0,61	0,42	0,54	0,45	0,59
Entretien de chemins	2,18	2,18	1,98	1,98	1,92	1,92	2,04	2,04
Transport	16,81	16,81	16,09	16,09	16,54	16,54	16,50	16,50
<b>Total</b>	<b>35,05</b>	<b>34,22</b>	<b>33,90</b>	<b>33,40</b>	<b>33,98</b>	<b>33,60</b>	<b>34,37</b>	<b>33,78</b>
<b>Autres indicateurs</b>								
Chemins entretenus <sup>1</sup> - km	631		618		655		1 904	
Indice de dispersion - m <sup>3</sup> /km	885		886		951		904	
Volume passant moyen - m <sup>3</sup> /km	85 544		69 194		57 123		72 170	

Note<sup>1</sup> : sans réseau public pavé et réseau terminal classe 4 et 5

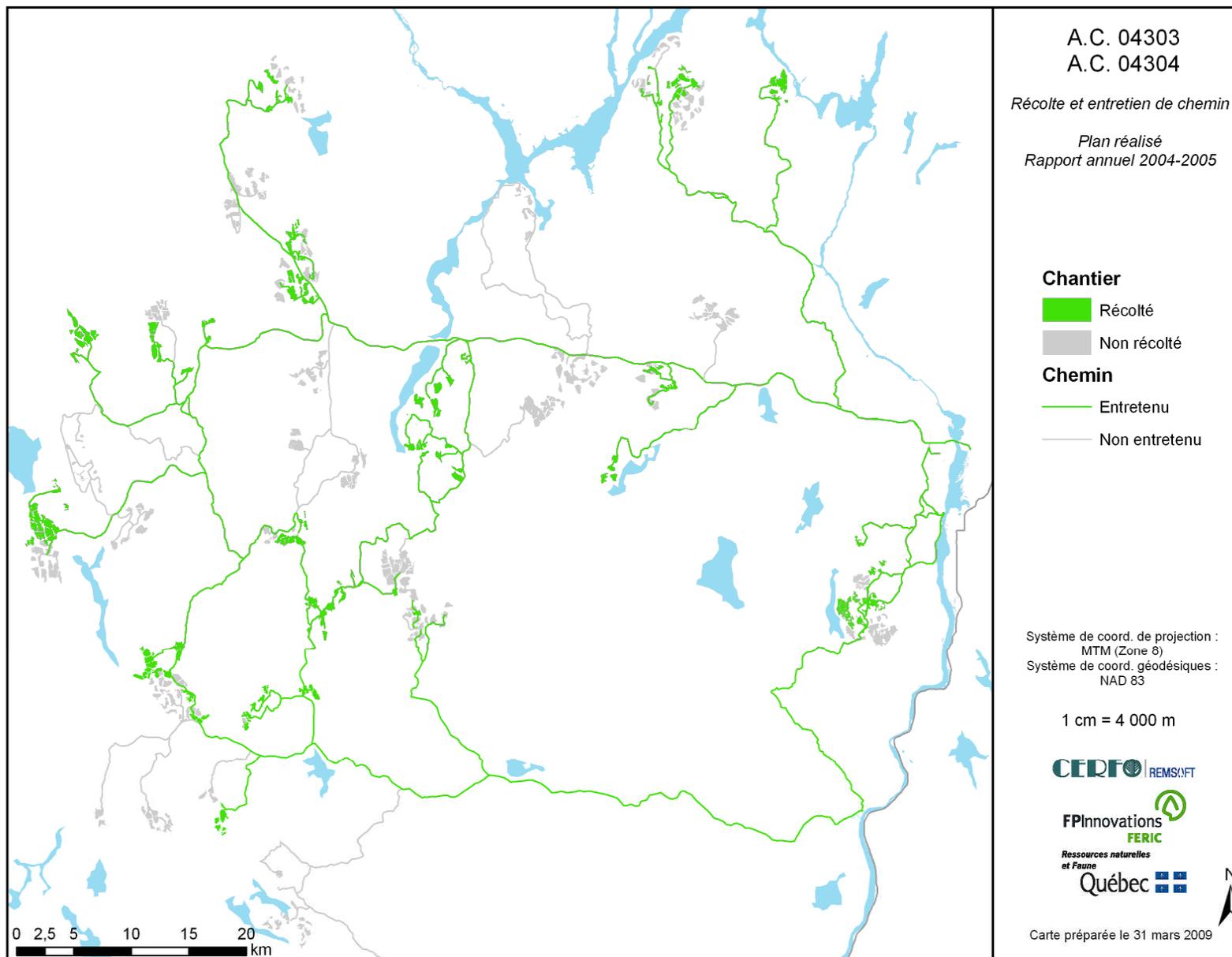
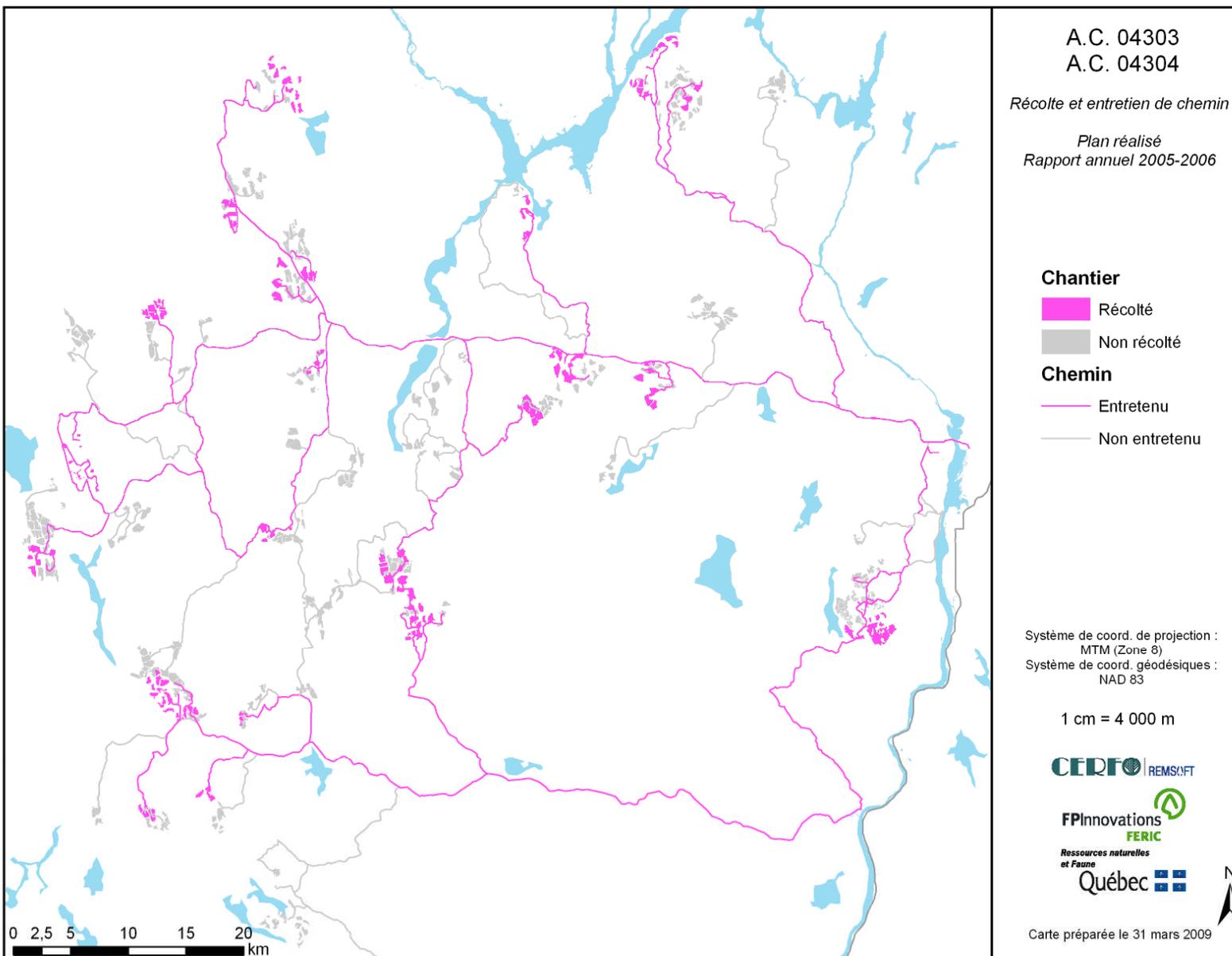


Figure 4. Plan réalisé pour l'année 2004



**Figure 5. Plan réalisé pour l'année 2005**

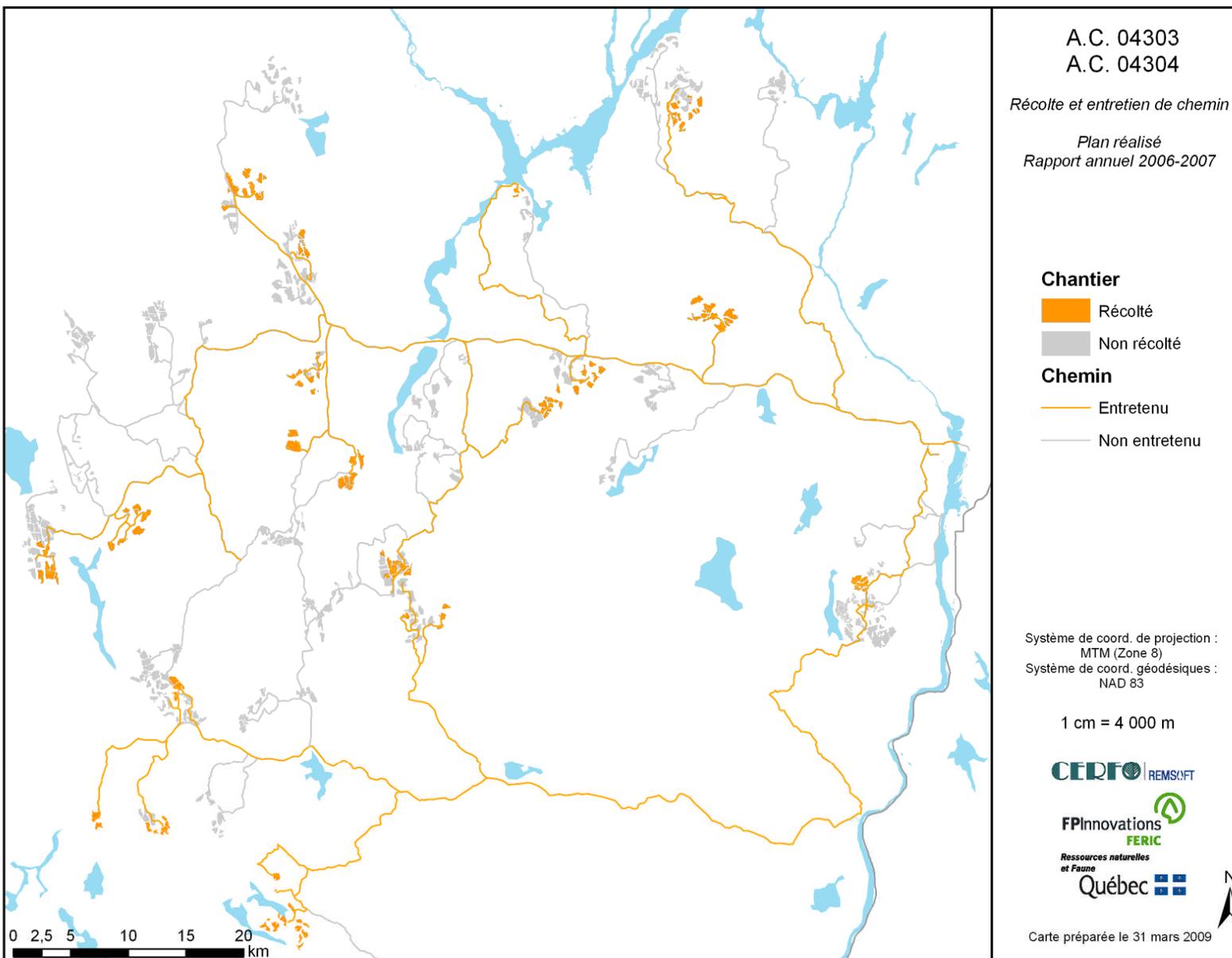


Figure 6. Plan réalisé pour l'année 2006

## 3.2. PLAN OPTIMISÉ

Tableau 6. Plan optimisé

Items de Coût - \$/m <sup>3</sup>	2004		2005		2006		Triennal	
	Bois court	Bois long						
Récolte	15,16	14,38	15,47	14,96	15,59	14,64	15,38	14,65
Déplacement de machines	0,17	0,22	0,22	0,28	0,19	0,25	0,19	0,25
Entretien de chemins	1,85	1,85	1,87	1,87	1,35	1,35	1,71	1,71
Transport	16,17	16,17	17,43	17,43	16,33	16,33	16,64	16,64
<b>Total</b>	<b>33,35</b>	<b>32,62</b>	<b>34,99</b>	<b>34,54</b>	<b>33,46</b>	<b>32,57</b>	<b>33,92</b>	<b>33,25</b>
<b>Autres indicateurs</b>								
Chemins entretenus <sup>1</sup> - km	440		430		343		1 213	
Indice de dispersion - m <sup>3</sup> /km	1 594		1 399		1 482		1 496	
Volume passant moyen - m <sup>3</sup> /km	115 644		126 084		84 896		110 450	

Note1 : sans réseau public pavé et réseau terminal classe 4 et 5

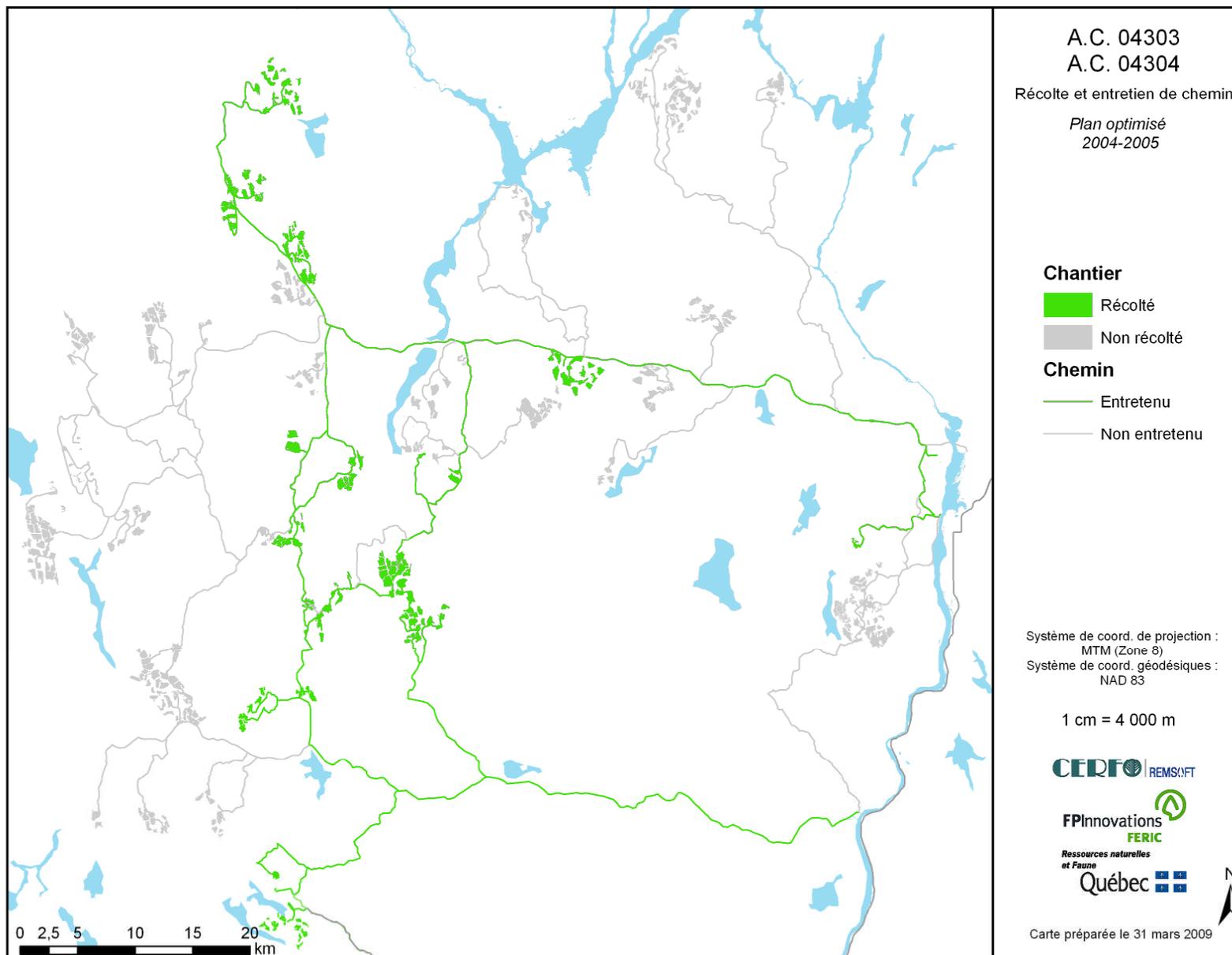


Figure 7. Plan optimisé pour l'année 2004

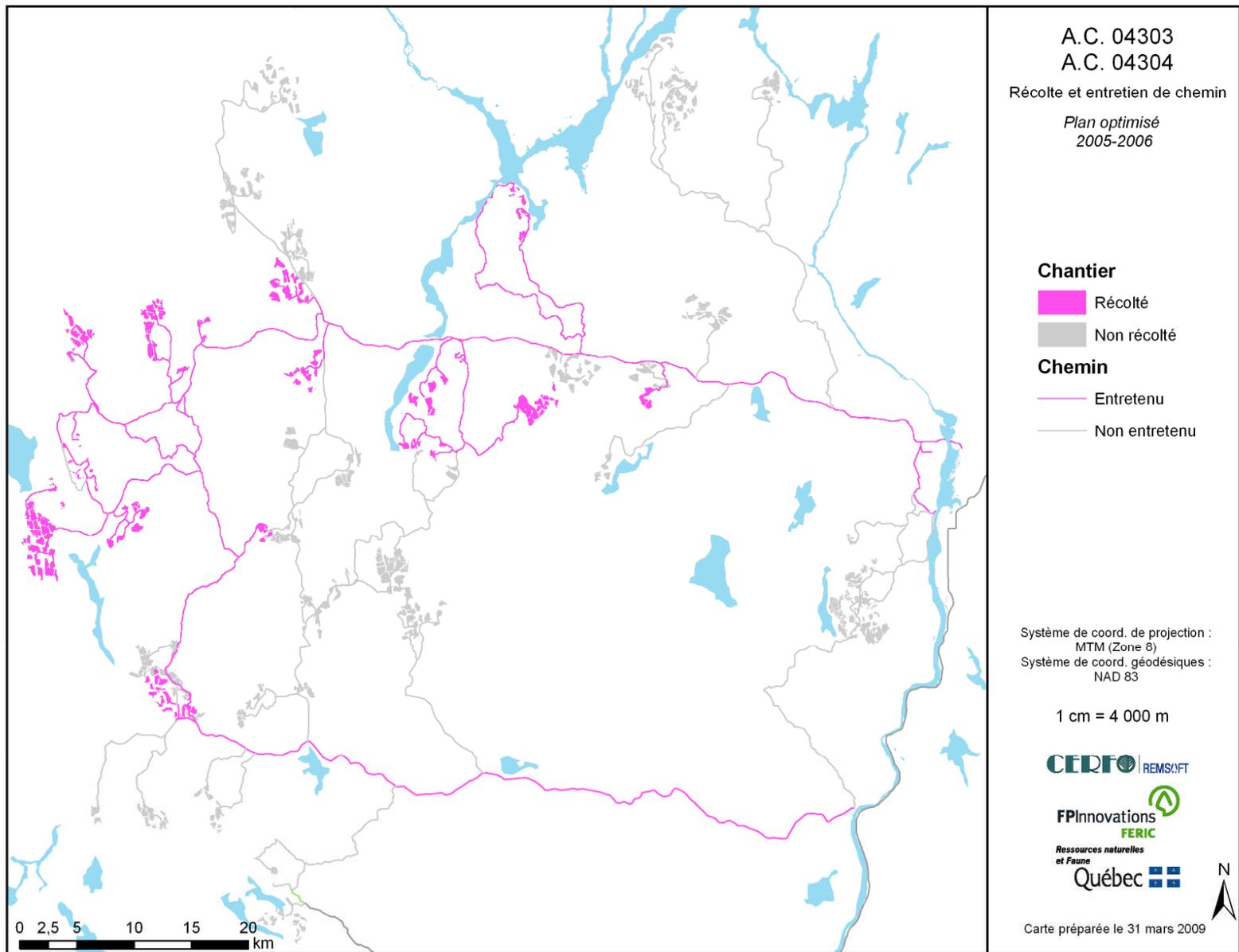


Figure 8. Plan optimisé pour l'année 2005

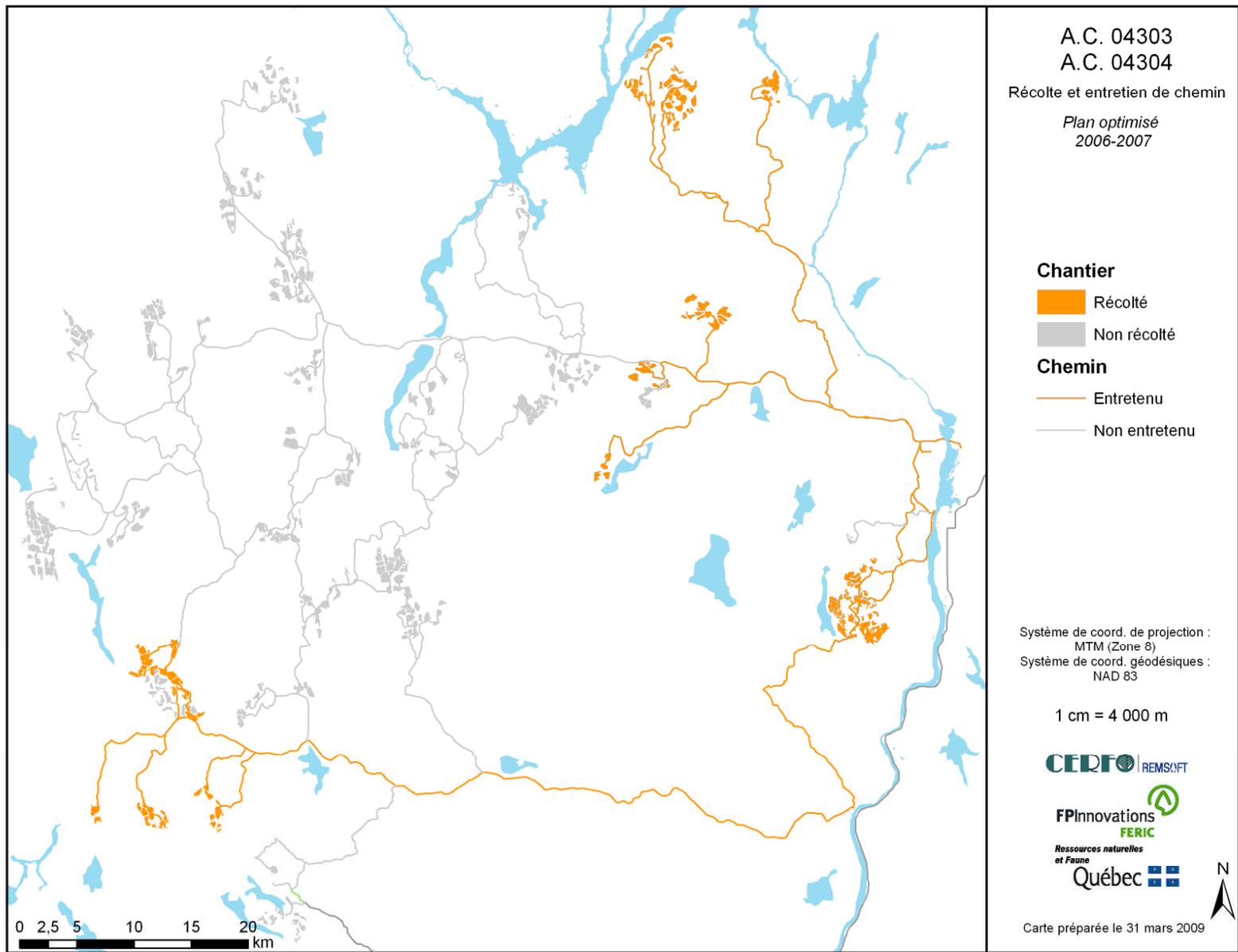


Figure 9. Plan optimisé pour l'année 2006

### 3.3. PLAN OPTIMISÉ RELAXÉ

Tableau 7. Plan optimisé relaxé

Items de Coût - \$/m <sup>3</sup>	2004		2005		2006		Triennal	
	Bois court	Bois long						
Récolte	15,37	14,75	15,28	14,68	15,52	14,49	15,38	14,65
Déplacement de machines	0,12	0,16	0,20	0,26	0,15	0,19	0,16	0,20
Entretien de chemins	1,72	1,72	1,93	1,93	1,30	1,30	1,67	1,67
Transport	15,60	15,60	17,63	17,63	15,97	15,97	16,38	16,38
<b>Total</b>	<b>32,81</b>	<b>32,23</b>	<b>35,04</b>	<b>34,50</b>	<b>32,94</b>	<b>31,95</b>	<b>33,59</b>	<b>32,90</b>

#### Autres indicateurs

Chemins entretenus <sup>1</sup> - km	375	502	280	1 157
Indice de dispersion - m <sup>3</sup> /km	1 922	1 441	1 751	1 714
Volume passant moyen - m <sup>3</sup> /km	133 697	99 606	116 865	117 615

Note1 : sans réseau public pavé et réseau terminal classe 4 et 5

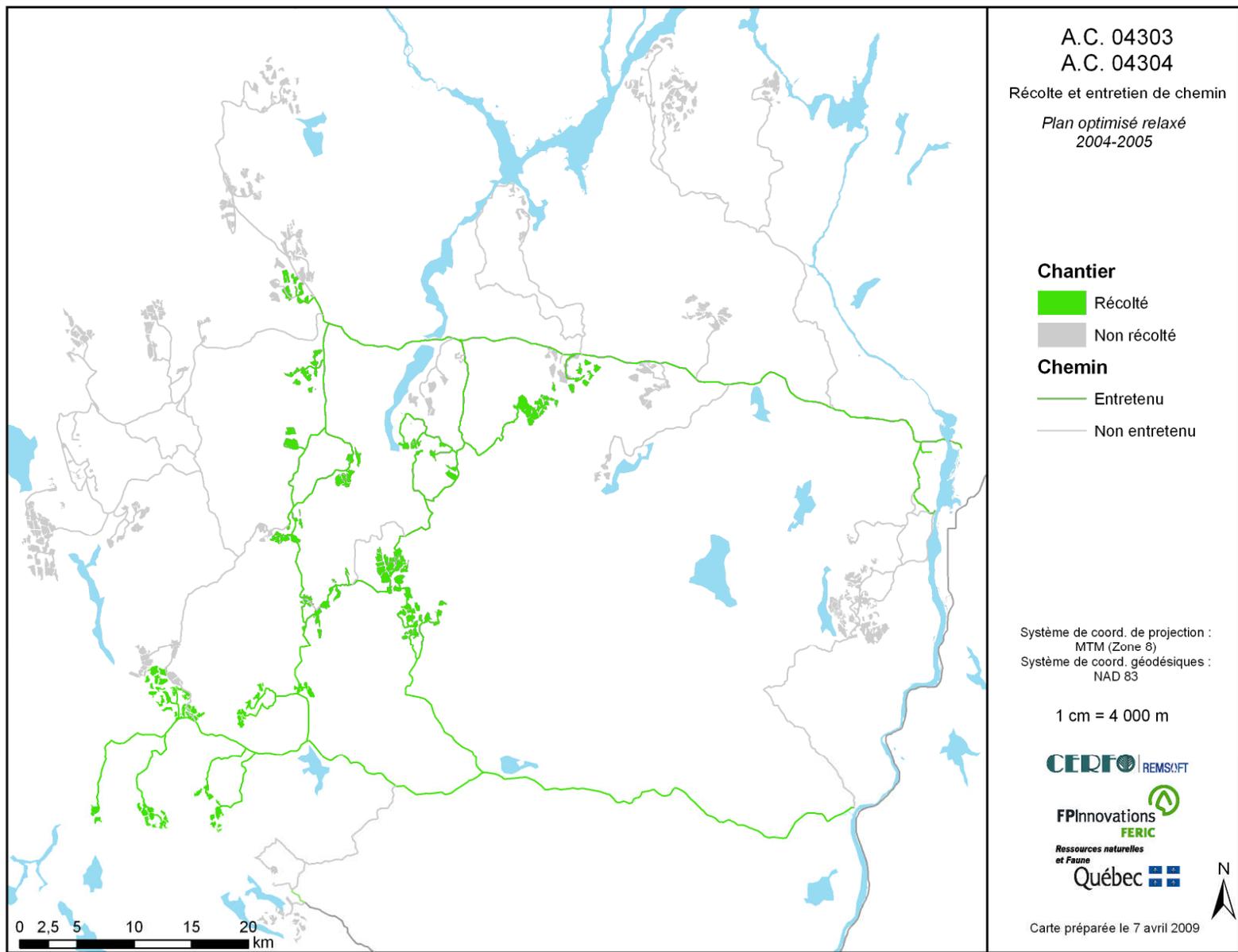


Figure 10. Plan optimisé relaxé pour l'année 2004

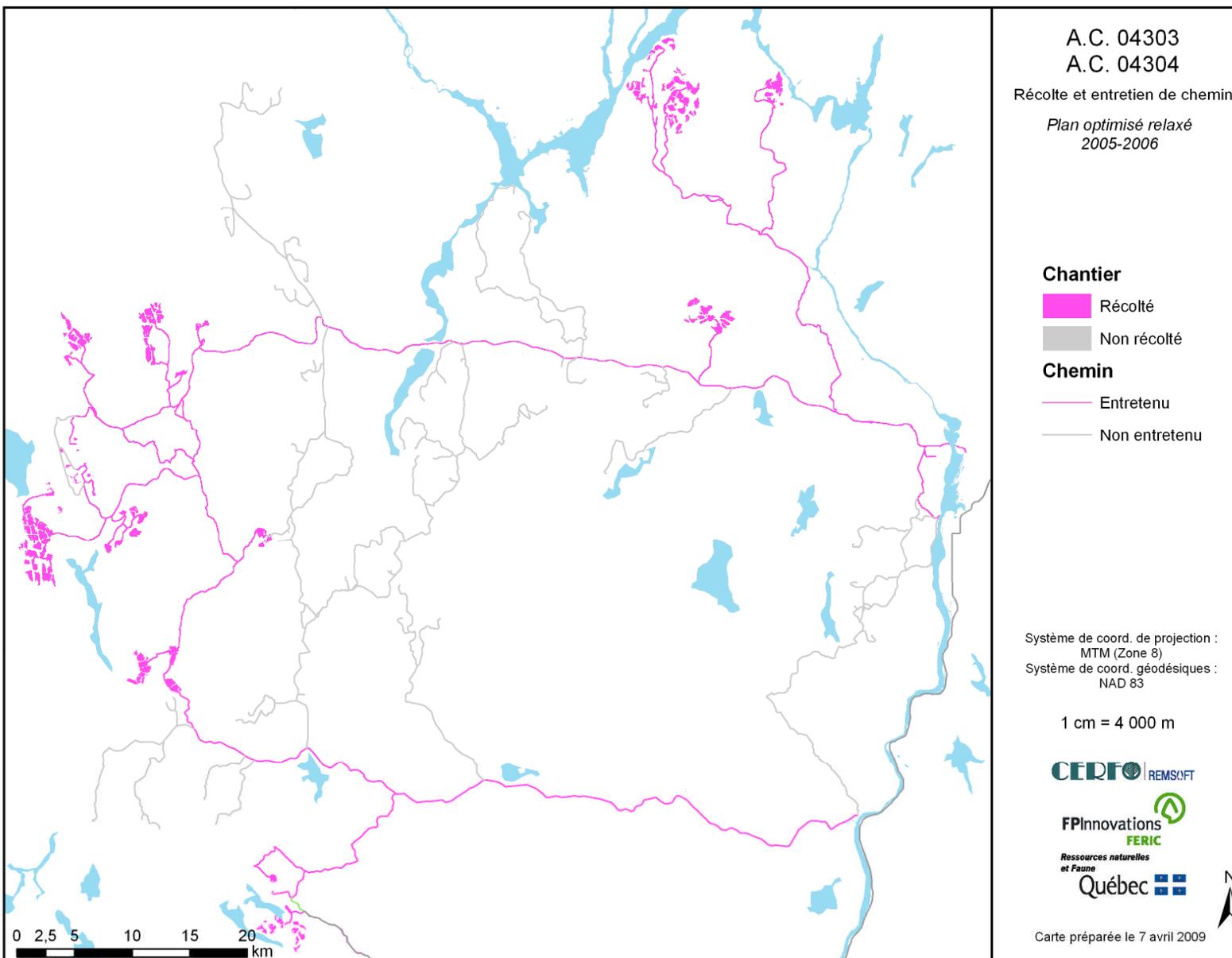


Figure 11. Plan optimisé relaxé pour l'année 2005

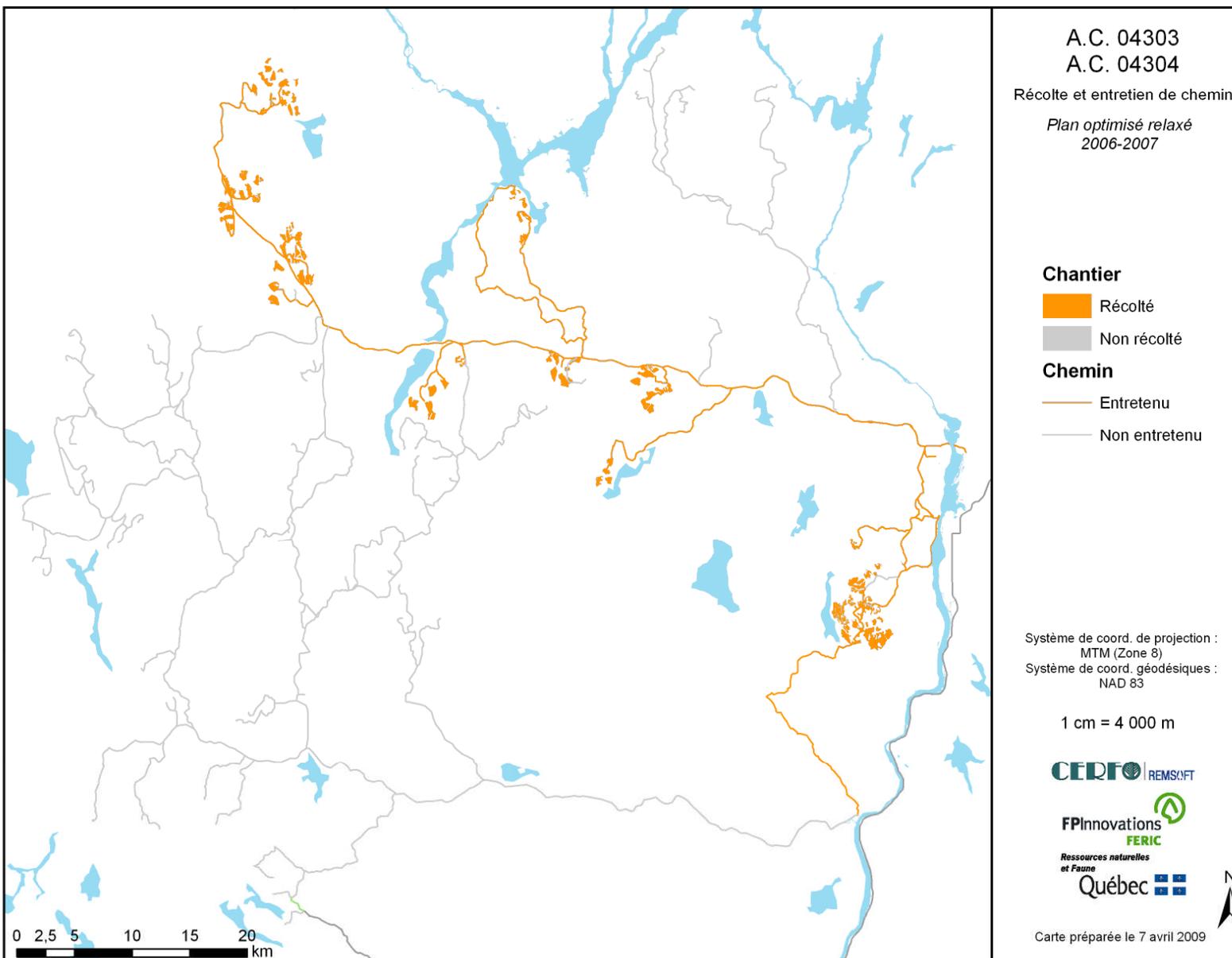


Figure 12. Plan optimisé relaxé pour l'année 2006

### 3.4. PLAN OPTIMISÉ ÉLARGI

Tableau 8. Plan optimisé élargi

Items de Coût - \$/m <sup>3</sup>	2004		2005		2006		Triennal	
	Bois court	Bois long						
Récolte	15,52	14,43	15,21	14,56	15,17	14,69	15,32	14,55
Déplacement de machines	0,16	0,20	0,15	0,19	0,10	0,14	0,14	0,18
Entretien de chemins	1,64	1,64	1,56	1,56	1,18	1,18	1,48	1,48
Transport	15,90	15,90	16,16	16,16	16,13	16,13	16,05	16,05
<b>Total</b>	<b>33,22</b>	<b>32,17</b>	<b>33,08</b>	<b>32,47</b>	<b>32,58</b>	<b>32,14</b>	<b>32,99</b>	<b>32,26</b>
<b>Autres indicateurs</b>								
Chemins entretenus <sup>1</sup> - km	344		318		220		882	
Indice de dispersion - m <sup>3</sup> /km	1 773		1 757		2 059		1 849	
Volume passant moyen - m <sup>3</sup> /km	139 893		145 725		146 986		143 837	

Note1 : sans réseau public pavé et réseau terminal classe 4 et 5

Le tableau 9 montre que le plan optimisé élargi respecte l'article 74 du RNI.

Tableau 9. Proportion de la dimension des blocs de récolte selon l'article 74 du RNI pour le plan optimisé élargi

Dimension des blocs selon l'article 74 du RNI	Superficie récoltée (ha)	Cible du RNI	Proportion
<b>CPRS et CP<sup>3</sup></b>			
50 ha et moins	8 594	>= 70 %	79 %
100 ha et moins	10 741	>= 90 %	99 %
150 ha et moins	10 860	= 100 %	100 %
<b>Total</b>	<b>10 860</b>		

<sup>3</sup> Selon la procédure d'optimisation utilisée, il n'est pas possible de séparer les coupes totales des coupes partielles dans le résultat. Cependant, la proportion des coupes partielles du plan réalisé a été maintenue dans le plan optimisé élargi ainsi que dans l'évaluation du coût de récolte de ce plan.

Le tableau 10 montre la proportion des superficies récoltées par production prioritaire dans le plan optimisé élargi.

**Tableau 10. Superficies récoltées (ha) par production prioritaire durant les années 2004 à 2006**

Production prioritaire	Superficie récoltée (ha)	Proportion
BOP	2 406	22 %
BOU	175	2 %
MIXTE	3 488	32 %
PEU	1 379	13 %
SEPM	3 413	31 %
Total	11 446	100 %

Des écarts entre 2 et 8 % ont été observés entre les proportions du plan réalisé (tableau 3) et les proportions du plan optimisé élargi. Ces écarts ont été jugés négligeables dans l'exercice en cours compte tenu de l'objectif à atteindre.

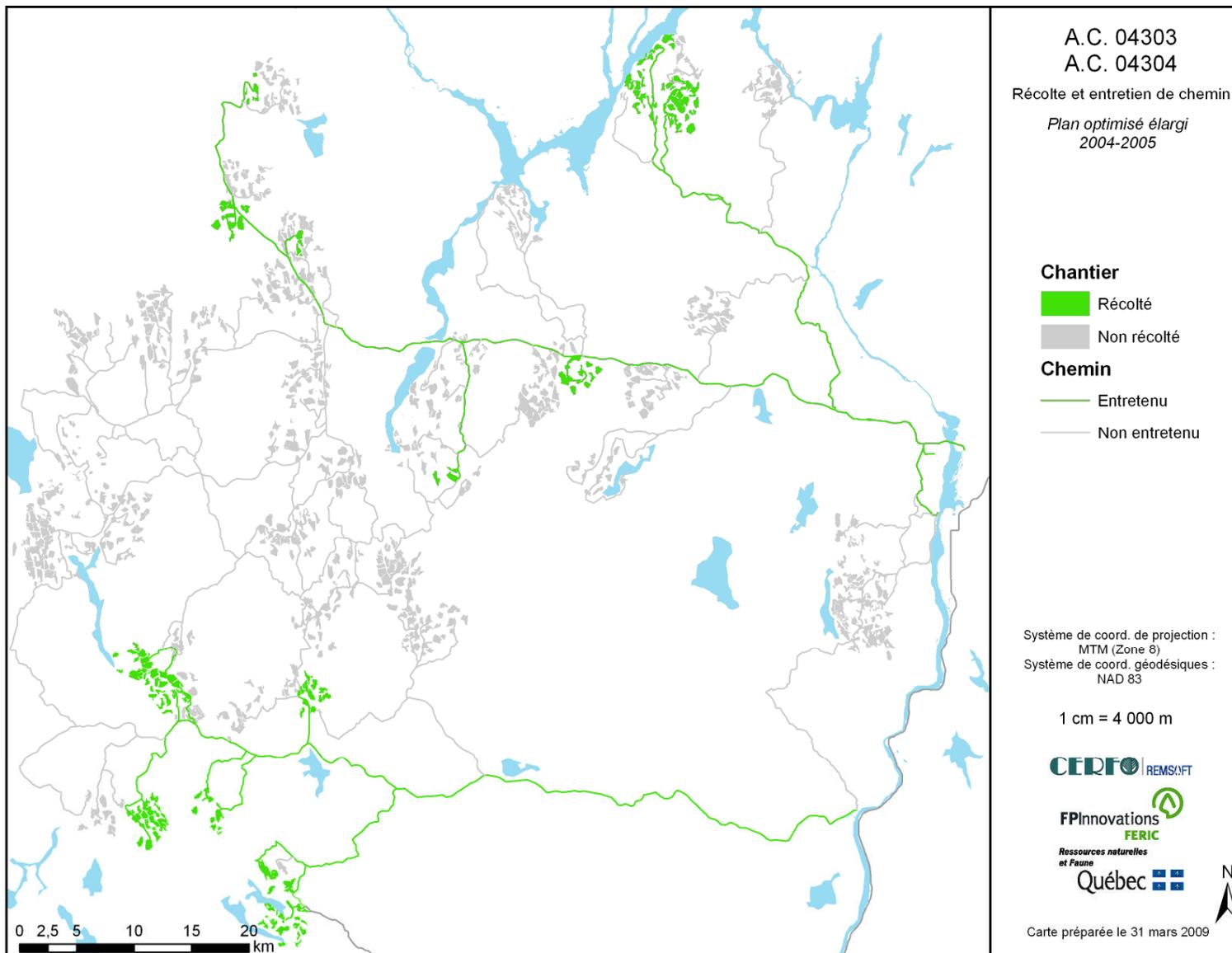


Figure 13. Plan optimisé élargi pour l'année 2004

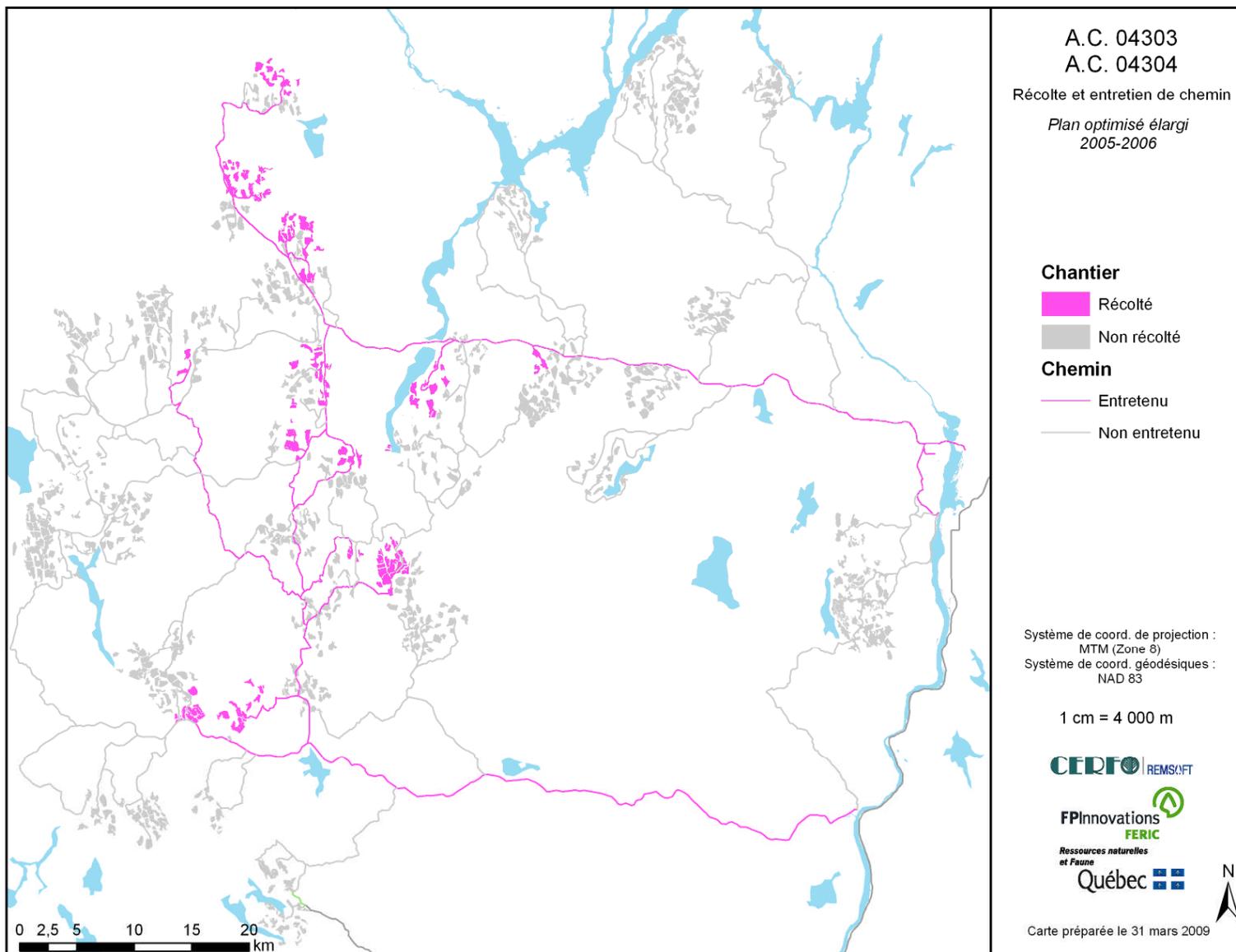


Figure 14. Plan optimisé élargi pour l'année 2005

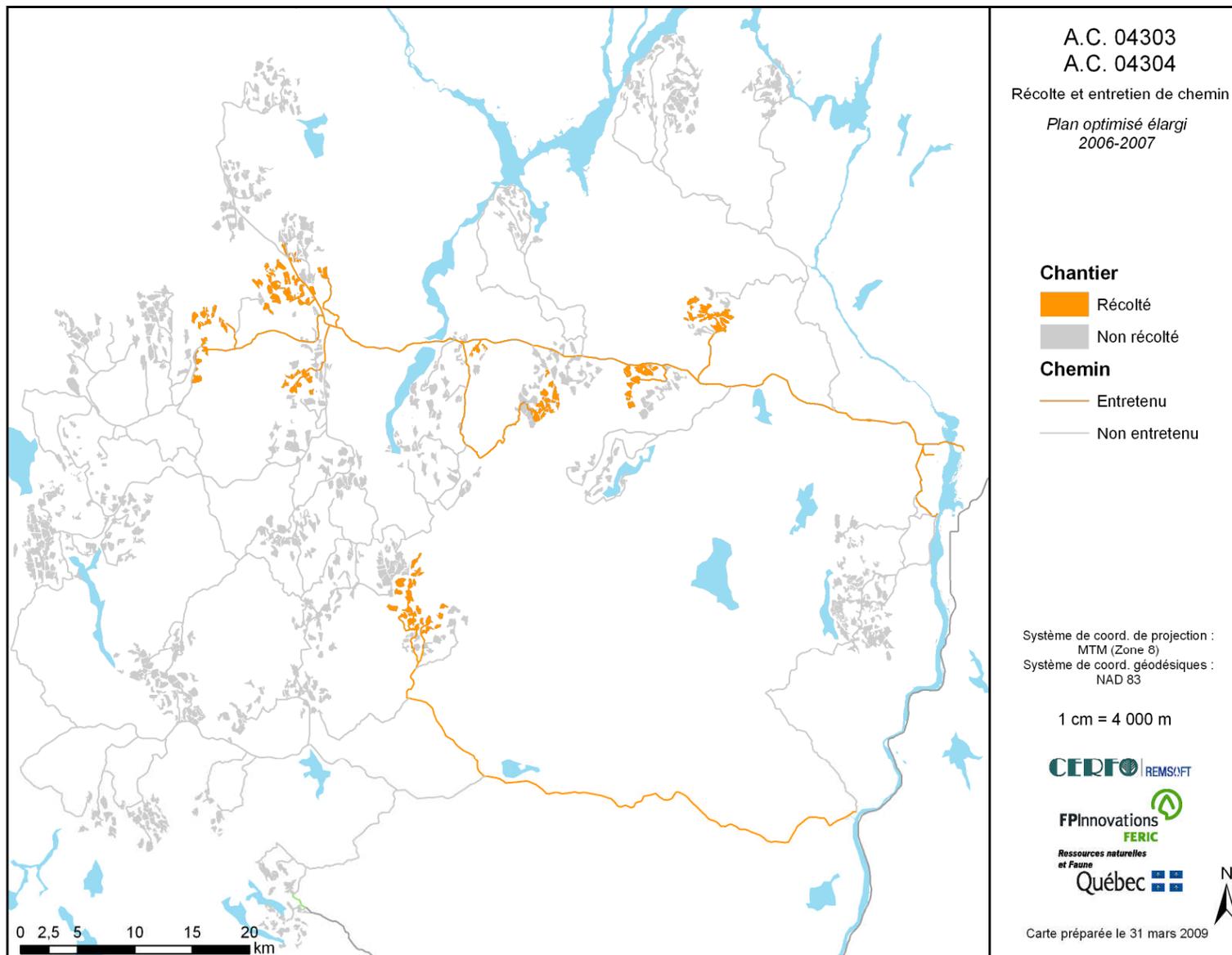


Figure 15. Plan optimisé élargi pour l'année 2006

### 3.5. COMPARAISON ENTRE LES PLANS PRODUITS

Les données présentées aux tableaux 5 à 8, de la section précédente, ont été réorganisées dans des tableaux facilitant les comparaisons. Les tableaux 11 et 12 présentent les coûts associés aux systèmes en bois court et bois long respectivement et les coûts ventilés par activité pour chacun des plans développés. Le tableau 13 reprend les autres statistiques pertinentes à l'analyse pour chacun des plans développés. Il est important de noter que les différents plans sont comparables, car ils respectent l'ensemble des contraintes fixées pour réaliser la planification, telles que le RNI, la stratégie forestière et les demandes des usines.

Tableau 11. Comparaison des coûts pour le système bois court

Items de coûts	Période	Plan réalisé	Plan optimisé	Plan optimisé relaxé	Plan optimisé élargi
		\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>
	2004	15,59	15,16	15,37	15,52
	2005	15,36	15,47	15,28	15,21
	2006	15,10	15,59	15,52	15,17
<b>Récolte</b>	<b>triennal</b>	<b>15,38</b>	<b>15,38</b>	<b>15,38</b>	<b>15,32</b>
	2004	0,47	0,17	0,12	0,16
	2005	0,47	0,22	0,20	0,15
	2006	0,42	0,19	0,15	0,10
<b>Déplacement des équipements</b>	<b>triennal</b>	<b>0,45</b>	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>	<b>0,14</b>
	2004	2,18	1,85	1,72	1,64
	2005	1,98	1,87	1,93	1,56
	2006	1,92	1,35	1,30	1,18
<b>Entretien de chemins</b>	<b>triennal</b>	<b>2,04</b>	<b>1,71</b>	<b>1,67</b>	<b>1,48</b>
	2004	16,81	16,17	15,60	15,90
	2005	16,09	17,43	17,63	16,16
	2006	16,54	16,33	15,97	16,13
<b>Transport</b>	<b>triennal</b>	<b>16,5</b>	<b>16,64</b>	<b>16,38</b>	<b>16,05</b>
	2004	35,05	33,35	32,81	33,22
	2005	33,9	34,99	35,04	33,08
	2006	33,98	33,46	32,94	32,58
<b>Total</b>	<b>triennal</b>	<b>34,37</b>	<b>33,92</b>	<b>33,59</b>	<b>32,99</b>

Tableau 12. Comparaison des coûts pour le système bois long

Items de coûts	Période	Plan réalisé	Plan optimisé	Plan optimisé relaxé	Plan optimisé élargi
		\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>
	2004	14,62	14,38	14,75	14,43
	2005	14,72	14,96	14,68	14,56
	2006	14,61	14,64	14,49	14,69
<b>Récolte</b>	<b>triennal</b>	<b>14,65</b>	<b>14,65</b>	<b>14,65</b>	<b>14,55</b>
	2004	0,61	0,22	0,16	0,20
	2005	0,61	0,28	0,26	0,19
	2006	0,54	0,25	0,19	0,14
<b>Déplacement des équipements</b>	<b>triennal</b>	<b>0,59</b>	<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>0,18</b>
	2004	2,18	1,85	1,72	1,64
	2005	1,98	1,87	1,93	1,56
	2006	1,92	1,35	1,30	1,18
<b>Entretien de chemins</b>	<b>triennal</b>	<b>2,04</b>	<b>1,71</b>	<b>1,67</b>	<b>1,48</b>
	2004	16,81	16,17	15,60	15,90
	2005	16,09	17,43	17,63	16,16
	2006	16,54	16,33	15,97	16,13
<b>Transport</b>	<b>triennal</b>	<b>16,5</b>	<b>16,64</b>	<b>16,38</b>	<b>16,05</b>
	2004	34,22	32,62	32,23	32,17
	2005	33,4	34,54	34,50	32,47
	2006	33,61	32,57	31,95	32,14
<b>Total</b>	<b>triennal</b>	<b>33,78</b>	<b>33,25</b>	<b>32,90</b>	<b>32,26</b>

Tableau 13. Comparaison des autres indicateurs

Autres indicateurs	Période	Plan réalisé	Plan optimisé	Plan optimisé relaxé	Plan optimisé élargi
		2004	631	440	375
	2005	618	430	502	318
	2006	655	343	280	220
<b>Chemins entretenus<sup>1</sup> - km</b>	<b>triennal</b>	<b>1 904</b>	<b>1 213</b>	<b>1 157</b>	<b>882</b>
	2004	885	1 594	1 922	1 773
	2005	886	1 399	1 441	1 757
	2006	951	1 482	1 751	2 059
<b>Indice de dispersion - m<sup>3</sup>/km</b>	<b>triennal</b>	<b>904</b>	<b>1 496</b>	<b>1 714</b>	<b>1 849</b>
	2004	85 544	115 644	133 697	139 893
	2005	69 194	126 084	99 606	145 725
	2006	57 123	84 896	116 865	146 986
<b>Volume passant moyen - m<sup>3</sup>/km</b>	<b>triennal</b>	<b>72 170</b>	<b>110 450</b>	<b>117 615</b>	<b>143 837</b>

La prise en compte de facteurs opérationnels et/ou à plus long terme, dans la planification tactique, résulte en la génération de plans favorisant une concentration des opérations de récolte sur des réseaux routiers communs. Cette concentration s'explique par la prise en compte des coûts d'entretien de chemins et de déplacement des équipements forestiers. Le coût d'entretien de chemins varie à la fois selon le nombre de kilomètres de chemins à entretenir et l'intensité des activités de transport sur un réseau. En général, une diminution du nombre de kilomètres de chemins est accompagnée d'une augmentation du volume passant moyen sur le réseau routier et d'une diminution du coût d'entretien. Il est à noter qu'en augmentant le volume moyen passant par tronçon de chemin, il pourrait être possible d'améliorer la qualité de chemins et d'accroître la vitesse de transport et ainsi réduire le coût de l'activité. Cet élément n'a toutefois pas été considéré dans la présente étude.

Le développement d'un plan d'approvisionnement consiste en la recherche du meilleur compromis entre les coûts d'entretien de chemins, de déplacement des équipements et de transport. La concentration des activités de récolte génère des économies au niveau du coût d'entretien et de déplacement des équipements d'un chantier à un autre et également du transport. Cependant, cette concentration contribue, dans certains cas, à accroître le coût de transport. Bien qu'il soit important de comprendre et de connaître d'où viennent les dépenses pour des raisons budgétaires et de négociation de taux avec les entrepreneurs, il ne faut pas juger de la performance d'un plan sur la base des coûts individuels de chaque activité (récolte, transport, etc.). Le coût global de l'activité d'approvisionnement est celui qui détermine la performance du plan.

Aucune contrainte n'a été imposée au modèle d'optimisation pour niveler les coûts annuels individuels et/ou globaux. Par conséquent, des variations annuelles sont observables. L'ajout de telles contraintes aurait pour effet de générer des plans moins efficaces et d'augmenter les coûts d'approvisionnement. Un certain niveau de variation annuelle semble donc souhaitable afin de minimiser les coûts d'approvisionnement sur une longue période.

### ***Plan réalisé – plan optimisé***

Il faut rappeler que le *plan optimisé* fut développé avec la contrainte d'effectuer exactement les mêmes livraisons qu'au *plan réalisé*. Dans ce contexte, le développement du plan optimisé ne correspond pas tout à fait à un exercice de planification, où l'ensemble des décisions seraient remises en question, mais cherche plutôt à identifier le meilleur plan qui aurait pu être développé à partir du plan réalisé.

La différence de coût entre ces deux plans est le résultat de l'effet combiné d'une intégration et de coordination à la fois entre les bénéficiaires partageant les mêmes territoires d'approvisionnement et de la coordination hiérarchique entre les niveaux tactique et opérationnel.

Pour la période triennale, le coût d'approvisionnement du *plan optimisé* est de 0,45 et 0,53 \$/m<sup>3</sup> moins élevé que celui du *plan réalisé* pour les systèmes de récolte en bois court et en bois long respectivement. La différence de coûts entre les deux systèmes de récolte s'explique par le coût de récolte et de déplacement des équipements. Les coûts de récolte sont identiques dans les deux plans puisque les mêmes blocs de coupe sont récoltés. Le coût de transport du *plan optimisé* est de 0,14 \$/m<sup>3</sup> supérieur à celui du *plan réalisé*. Cependant, l'accroissement du coût de transport a permis de concentrer les opérations ayant pour effet de réduire les coûts d'entretien de chemins et de déplacement des équipements de 0,33 \$/m<sup>3</sup> (16 %) et 0,26 \$/m<sup>3</sup> (58 %) respectivement. Il est à noter que pour la période triennale, le nombre de kilomètres de chemins à entretenir est réduit de quelques 691 km (36 %). Ces résultats ont été obtenus simplement en modifiant l'année de récolte prévue de chaque chantier et l'allocation des bois aux usines.

### ***Plan réalisé – plan optimisé relaxé***

Le développement du *plan optimisé relaxé* est plus représentatif de l'exercice de planification ayant mené au *plan réalisé* puisqu'il reproduit une règle selon laquelle certaines usines reçoivent des volumes lorsqu'ils sont générés dans les opérations plutôt que de dicter les opérations.

Pour la période triennale, le coût d'approvisionnement du *plan optimisé relaxé* est de 0,78 \$/m<sup>3</sup> et 0,88 \$/m<sup>3</sup> moins élevé que celui du *plan réalisé* pour les systèmes de récolte en bois court et en bois long respectivement. Les coûts de récolte sont identiques dans les deux plans puisque les mêmes blocs de coupe sont récoltés. Tous les autres coûts sont inférieurs dans le *plan optimisé*

*relaxé* par rapport au *plan réalisé*. Le coût de transport diminue de 0,12 \$/m<sup>3</sup> (1 %), le coût d'entretien, de 0,37 \$/m<sup>3</sup> (18 %) et le coût de déplacement des équipements, de 0,29 \$/m<sup>3</sup> (64 %) et 0,39 \$/m<sup>3</sup> (66 %) respectivement pour les systèmes de récolte en bois court et en bois long. Pour la période triennale, le nombre de kilomètres de chemins à entretenir au plan *optimisé relaxé* diminue de 747 km (39 %) par rapport au *plan réalisé*.

### ***Plan réalisé – plan optimisé élargi***

Le développement du *plan optimisé élargi* s'effectue dans le contexte d'une planification tactique ayant des considérations opérationnelles et à plus long terme. La différence de coût entre ces deux plans est le résultat de l'effet combiné d'une intégration et d'une coordination à la fois entre les bénéficiaires partageant les mêmes territoires d'approvisionnement et de la coordination hiérarchique entre les niveaux stratégique, tactique et opérationnel.

Pour la période triennale, le coût d'approvisionnement du *plan optimisé élargi* est de 1,38 \$/m<sup>3</sup> et 1,52 \$/m<sup>3</sup> moins élevé que celui du *plan réalisé* pour les systèmes de récolte en bois court et en bois long respectivement. La différence au niveau du coût de récolte signifie que les deux plans ne prévoient pas récolter les mêmes blocs de coupe. La prise en compte d'un plus grand nombre de blocs permet de concentrer davantage les opérations et de générer des économies supplémentaires. Le coût de transport diminue de 0,45 \$/m<sup>3</sup> (3 %), le coût d'entretien, de 0,56 \$/m<sup>3</sup> (27 %) et le coût de déplacement des équipements, de 0,31 \$/m<sup>3</sup> (69 %) et 0,41 \$/m<sup>3</sup> (69 %) respectivement pour les systèmes de récolte en bois court et en bois long.

Pour la période triennale, le nombre de kilomètres de chemins à entretenir pour le *plan optimisé élargi* est inférieur de 1023 km (54 %) par rapport au *plan réalisé*.

## 4. DISCUSSION

---

### 4.1. IMPACT DE L'OPTIMISATION SUR LE PROCESSUS DE PLANIFICATION

Le processus de planification et les outils d'aide à la décision utilisés dans cette étude permettent d'élaborer des modèles afin d'aider la prise de décisions. Ces modèles permettent de considérer une grande quantité de paramètres et de développer de meilleures décisions dans le déploiement d'une opération forestière.

Les plans produits par optimisation ont permis de diminuer les coûts d'entretien de chemins et de déplacement d'équipements de façon considérable. Ils ont permis d'obtenir une économie de plus de 50 % sur ces postes de coûts. D'autre part, la considération de ces facteurs opérationnels au niveau tactique a pour effet de contrôler les coûts d'approvisionnement au niveau opérationnel. Bien que ces éléments n'aient pas été mesurés dans cette étude, une affectation optimisée des opérations forestières a pour effet de mieux coordonner, à l'échelle opérationnelle, le déploiement des opérations forestières, d'améliorer l'efficacité du suivi des opérations, de mieux coordonner le transport en étant moins dispersé sur le territoire, d'améliorer les calendriers d'approvisionnement et de mieux gérer les inventaires de bois récoltés. La considération de l'ensemble de ces éléments devrait générer des économies additionnelles au niveau des opérations forestières.

### 4.2. INTERACTION FPINTERFACE – WOODSTOCK

Ce projet a permis de valider qu'il est très opportun d'utiliser ces outils conjointement. D'une part, le progiciel FPInterface permet d'évaluer les coûts reliés aux opérations forestières qui servent d'intrant au modèle d'optimisation développé dans Woodstock.

Dans le cadre du projet, le transfert d'information entre les deux progiciels s'est réalisé de façon manuelle. Ces opérations de manipulations de données peuvent être complexes pour les non-initiés à l'utilisation des bases de données et à la géomatique. Afin de faciliter l'interopérabilité, il

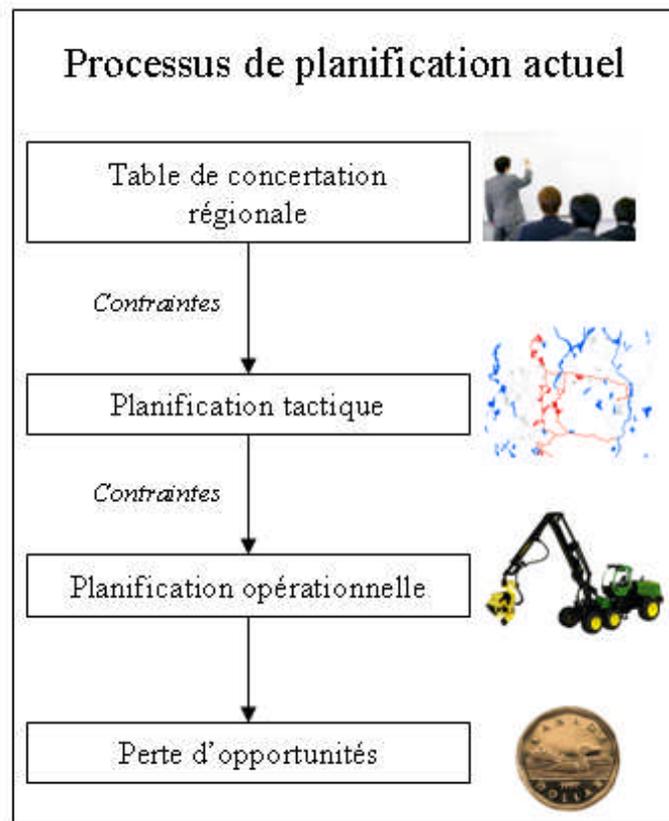
faudrait s'assurer d'un arrimage dans les intrants des deux systèmes en développant un outil de transformation de données qui configurerait les formats d'entrée et de sortie des progiciels afin qu'ils puissent communiquer entre eux de façon efficiente. Cet arrimage pourrait également être obtenu à partir de l'écriture d'une norme d'interopérabilité entre les données du MRNF et les formats d'intrants nécessaires aux deux systèmes.

### **4.3. AMÉLIORATION DU PROCESSUS DE PLANIFICATION FORESTIÈRE**

La démarche idéale pour développer une planification tactique tenant compte des contraintes opérationnelles doit cadrer dans un processus d'aide à la décision. L'objectif d'un tel processus n'est pas d'identifier une solution déjà préconisée, mais d'élaborer une solution en faisant interagir les partenaires œuvrant sur le territoire et évaluer l'impact des décisions au fur et à mesure du processus. Il faut donc se servir des meilleures informations disponibles pour développer des plans et des outils performants d'aide à la décision tel que Woodstock.

Cette démarche permet de développer chez les partenaires une perspective permettant de mieux comprendre leur propre conception de la planification d'approvisionnement, ainsi que celle des autres membres partenaires afin de confronter et d'orienter les décisions vers un consensus.

Le processus actuel de planification forestière implique, au niveau tactique, de multiples considérations provenant des nombreux utilisateurs de la forêt. Ces considérations économiques, environnementales et sociales influencent les décisions prises dans la planification. D'ailleurs, dans plusieurs régions, des tables de concertation régionale ont vu le jour afin de regrouper et d'impliquer les divers groupes de personnes intéressés à l'aménagement forestier. La figure 16 montre une représentation schématisée et simplifiée du processus de planification actuel.



**Figure 16. Représentation simplifiée du processus de planification actuel**

Un tel processus de planification est dit « hiérarchique ». La planification hiérarchique a été développée pour simplifier la résolution de problèmes complexes de planification. Hax et Meal (1975) ont introduit l'idée de la planification hiérarchique en décomposant le processus décisionnel en sous-problèmes couvrant différents horizons de planification. Les sous-problèmes correspondent aux niveaux de planification qui sont généralement au nombre de trois : stratégique, tactique et opérationnel. Les planifications stratégique, tactique et opérationnelle n'ont pas lieu à la même fréquence et au même moment, mais plutôt de façon successive et peuvent être espacées de plusieurs semaines ou mois. De plus, chaque niveau de planification utilise une information plus ou moins agrégée. Par exemple, les décisions prises au niveau stratégique peuvent toucher des centaines de milliers d'hectares sur des périodes couvrant une ou deux rotations, tandis que les décisions prises au niveau opérationnel peuvent cibler plus spécifiquement un bloc de coupe sur une courte période telle que quelques heures.

Une approche de planification hiérarchique peut résulter en une solution sous-optimale. Telle qu'illustré à la figure 16, la qualité des décisions prises à un niveau est dépendante des décisions prises aux niveaux supérieurs (Boyland 2003). Le degré de sous-optimalité du processus de planification hiérarchique dépend de la qualité du mécanisme de coordination utilisé pour relier les trois niveaux de planification.

Il est difficile pour un preneur de décision d'anticiper l'impact de ses décisions sur les autres niveaux de planification. Dans le cadre de la mise à jour du transfert des responsabilités de la planification aux directions générales en région prévu dans le futur régime forestier, le personnel de ces instances devra être doté d'outils d'aide à la décision performants et des données de qualité pour mener à bien son mandat et pour permettre une interaction entre toutes les personnes impliquées dans un territoire, et ce dans un souci de collaboration et d'intégration des préoccupations des acteurs régionaux. Par exemple, des orientations prises au niveau d'une table de concertation régionale peuvent avoir des incidences tant sur la planification tactique qu'opérationnelle, tout comme des décisions de niveau tactique peuvent avoir des incidences sur la planification opérationnelle. Le manque de coordination entre les niveaux décisionnels peut restreindre les marges de manœuvre opérationnelles et ainsi accroître leurs coûts d'opérations inutilement. La figure 17 schématise un processus de planification incluant des outils d'aide à la décision qui permettent de mesurer l'impact des décisions à chacun des niveaux de planification.

## Processus de planification avec outil d'aide à la décision

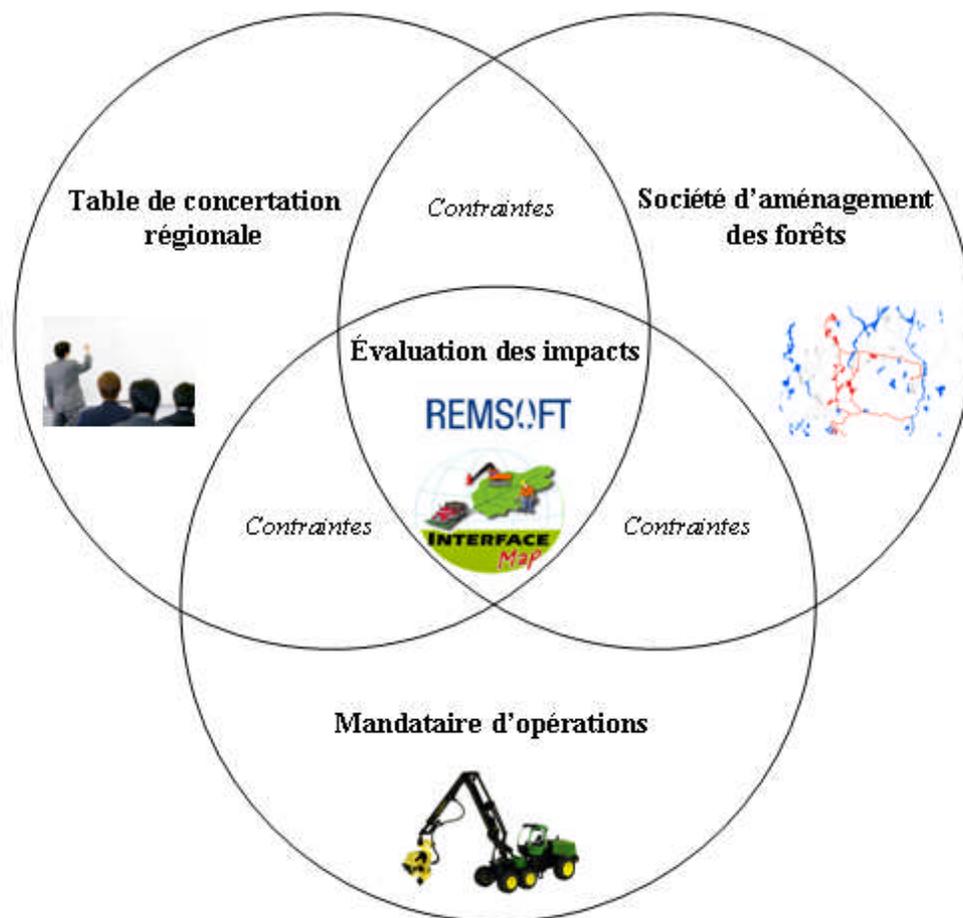


Figure 17. Représentation simplifiée d'un processus de planification avec support d'outils d'aide à la décision

### 4.4. DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES

Dans l'optique d'intégration des outils d'aide à la décision dans le processus de planification forestière, il faudra que les analystes développent de nouvelles compétences en gestion d'opérations, en géomatique et en modélisation afin d'utiliser efficacement ces outils. Les analystes devront être en mesure de développer des modèles d'optimisation utilisant la programmation linéaire. Ils devront ensuite comprendre les algorithmes mathématiques qui permettent de résoudre ces modèles d'optimisation. De plus, la préparation des données à référence spatiale étant une étape primordiale de tout ce processus, les analystes devront être en mesure de structurer les informations nécessaires et de réaliser les analyses spatiales appropriées.

Finalement, ils devront maîtriser les concepts de planification hiérarchique qui permettent d'associer des solutions aux bons problèmes et à la bonne échelle.

Cette ambitieuse mise à jour des connaissances devra être faite progressivement dans les organisations. Un mécanisme de gestion du changement et un programme de formation continue devront être mis en branle pour améliorer le niveau de connaissance des analystes et leur permettre d'intégrer efficacement les outils d'aide à la décision dans leurs opérations quotidiennes. Ce programme devra contenir des notions de modélisation, de gestion d'opérations et de géomatique.

#### **4.5. QUALITÉ DE LA DONNÉE**

Afin d'utiliser le plein potentiel des outils d'aide à la décision, les analystes devront disposer de données de qualité sur le territoire. Ces données, qu'elles soient géospatiales ou descriptives, agissent comme intrants dans tout le processus de planification et de gestion des approvisionnements. Il faudra donc que les fournisseurs de données s'assurent de la complétude et de l'exactitude spatiale et sémantique de celles-ci. La modélisation des bases de données géospatiales pourrait permettre de mettre en place une démarche d'amélioration continue de la qualité des données. Ces précautions éviteront de biaiser les résultats d'analyse par l'utilisation d'une donnée de mauvaise qualité.

## CONCLUSION

---

La présente étude visait à quantifier les économies potentielles découlant de l'intégration et de la coordination des activités d'approvisionnement forestier de plusieurs industriels partageant les mêmes territoires d'approvisionnement. Cette évaluation porte plus spécifiquement sur les coûts de récolte, de transport, d'entretien de chemins et de déplacement des équipements forestiers.

Les résultats indiquent que pour répondre aux mêmes demandes annuelles par produit des usines et ce, à partir des mêmes blocs de coupe, une meilleure planification des opérations aurait pu permettre de réduire de 30 à 48% la distance du réseau routier à entretenir. L'économie réalisée est de l'ordre de 0,67 \$/m<sup>3</sup> pour les postes de coût reliés au déplacement des machines et à l'entretien de chemin. Une plus grande coordination entre les industriels partageant les mêmes territoires d'approvisionnement et la considération des facteurs à court et long terme dans le processus décisionnel permettrait de réduire le coût d'approvisionnement de l'ordre de 1,52 \$/m<sup>3</sup> en moyenne pour la période triennal étudiée.

Une première étude rendue publique en 2008 concluait en des économies possibles de l'ordre de 0,82 \$/m<sup>3</sup> lorsque l'allocation des bois était optimisée au niveau régional. Un des constats est que chaque usine devrait tendre à s'approvisionner à partir des chantiers avoisinant l'usine. Dans le cadre de notre étude, peu d'économies ont été générées au niveau du transport puisque le modèle était contraint à livrer des volumes des deux aires communes considérées à toutes les usines de la Mauricie. Le décloisonnement régional aurait permis la remise en question de l'allocation des bois de manière à réduire les distances de transport et incidemment les coûts. Par conséquent, les économies identifiées dans la présente étude sous estime le potentiel d'économie régional. La considération de l'échelle régionale pourrait permettre d'atteindre des économies supérieures. Suite à nos analyses, l'économie du coût de transport serait au moins de la moitié de l'économie générée dans la première étude. Additionnée à l'économie générée dans cette étude, l'économie pourrait être de 1,90 \$/m<sup>3</sup>.

L'évaluation des économies potentielles identifiées dans cette étude ne couvre que l'horizon triennal étudié, mais recèle un énorme potentiel lorsque considéré sur un horizon à plus long terme. Ainsi, l'intégration et la coordination des approvisionnements de plusieurs bénéficiaires, une anticipation de l'impact des décisions prises à un niveau de planification sur les autres niveaux et l'utilisation de technologies d'aide à la décision pourraient permettre de réduire les coûts d'approvisionnement pour le bénéfice de tous.

## RÉFÉRENCES

---

- Beaudoin, D., J.-M. Frayret et L. LeBel. 2008. *Hierarchical Forest Management with Anticipation : an application to tactical-operational planning integration*. Canadian Journal of Forest Research, **38**: 2198-2211.
- Beaudoin, D., L. LeBel et J.-M. Frayret. 2007. *Tactical supply chain planning in the forest products industry through optimisation and scenario-based analysis*. Canadian Journal of Forest Research, **37**: 128-140.
- Boyland, M. 2003. *Hierarchical Planning in Forestry*. ATLAS/SIMFOR Project Technical Report, 7 p.
- Favreau, J., J.-F. Gingras, R. Reynolds et M.-A. Belliveau. 2004. *Impact de la dispersion des coupes sur les coûts d'approvisionnement au Québec*. 40 p.
- Hax, A.C. et H.C. Meal. 1975. *Hierarchical integration of production planning and scheduling*, In: Studies in the Management Sciences, M.A. Geisler ed., Logistics, North Holland - American Elsevier.
- Karuranga E., J.-M. Frayret et S. D'Amours. 2005. *E-business in the Quebec Forest Products Industry: Perceptions, Current Uses, and Intentions to Adopt*. Journal of Forest Products Business Research, Volume No. 2.
- Weintraub, A. et L. Davis. 1996. *Hierarchical Planning in Forest Resource Management: Defining the Dimensions of the Subject Area*. In Proceedings: Hierarchical Approaches to Forest Management in Public and Private Organizations. Petawawa National Forestry Institute, Information Report PI-X-124, p.2-14.

# ANNEXE 1

Tableau 1. Demande (m<sup>3</sup>) de bois par produit et par période des usines retenues pour l'étude

Usine	Produit	Période			Usine	Produit	Période		
		1	2	3			1	2	3
		2004-2005	2005-2006	2006-2007			2004-2005	2005-2006	2006-2007
B	SEPM	0	0	4	F	BOP_C	5	0	0
C	SEPM	16 659	9 358	8 504	G	BOP_C	0	7	0
D	SEPM	89 465	88 341	84 488	I	BOP_C	15 296	10 572	1 748
E	SEPM	104 582	33 266	48 288	J	BOP_C	5 967	7 034	10 001
M	SEPM	119 205	129 681	116 374	K	BOP_C	848	89	0
N	SEPM	74 255	65 569	55 735	L	BOP_C	0	386	0
O	SEPM	52 118	54 520	0		<b>Total BOP_C</b>	22 116	18 088	11 749
	<b>Total SEPM</b>	456 284	380 735	313 393	F	BOP_AB	2	0	0
B	PIR	9	3	83	G	BOP_AB	942	29	0
	<b>Total PIR</b>	9	3	83	I	BOP_AB	3 996	402	567
B	PIB	1 278	3 472	1 843	J	BOP_AB	2 356	3 074	2 648
K	PIB	981	234	0	K	BOP_AB	383	43	0
	<b>Total PIB</b>	2 259	3 706	1 843		<b>Total BOP_AB</b>	7 679	3 548	3 215
A	PET	780	0	0	F	BOJ_C	16	0	0
H	PET	132 540	122 261	113 760	G	BOJ_C	0	118	0
I	PET	0	0	169	I	BOJ_C	1 154	847	853
	<b>Total PET</b>	133 320	122 261	113 929	K	BOJ_C	2 505	1 507	355
F	Pâte	53	0	0		<b>Total BOJ_C</b>	3 675	2 472	1 208
H	Pâte	2 556	13 354	3 642	F	BOJ_AB	23	0	0
I	Pâte	83 513	65 768	62 084	G	BOJ_AB	1 608	471	0
J	Pâte	6 468	0	11 198	I	BOJ_AB	971	905	824
K	Pâte	2 682	1 165	234	K	BOJ_AB	2 971	1 585	437
L	Pâte	0	3 481	0		<b>Total BOJ_AB</b>	5 573	2 961	1 261
	<b>Total pâte</b>	95 272	83 768	77 158	B	AUTR	10	34	59
F	ERS_C	6	0	0	K	AUTR	46	645	0
K	ERS_C	458	135	0		<b>Total AUTR</b>	56	679	59
	<b>Total ERS_C</b>	464	135	0		<b>Total</b>	727 091	618 526	523 898
F	ERS_AB	10	0	0					
K	ERS_AB	374	170	0					
	<b>Total ERS_AB</b>	384	170	0					

## ANNEXE 2

---

Tableau 2. Listes des produits et de leurs caractéristiques

Produits	Densité (kg/m3)	Volume par tige (m3/tige)
AUTR	1000	0,100
BOJ_AB	1100	0,240
BOJ_C	1100	0,240
BOP_AB	850	0,156
BOP_C	850	0,156
ERS_AB	1050	0,135
ERS_C	1050	0,135
PATE	850	0,199
PET	950	0,404
PIB	950	0,575
PIR	950	0,107
SEPM	800	0,199