

1997RP-05

# Le Marché Électronique Intelligent des Copeaux de Bois

*Marie Corriveau, Marcelin Joanis,  
Jacques Robert*

---

**Rapport de Projet**  
*Project report*

---

Montréal  
Septembre 1997



**CIRANO**  
Centre interuniversitaire de recherche  
en analyse des organisations

## **CIRANO**

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

*CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.*

### **Les organisations-partenaires / The Partner Organizations**

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique de Montréal
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- Ministère des Finances du Québec
- MRST
- Alcan inc.
- AXA Canada
- Banque du Canada
- Banque Laurentienne du Canada
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Canada
- Bombardier
- Bourse de Montréal
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses Desjardins du Québec
- Hydro-Québec
- Industrie Canada
- Pratt & Whitney Canada Inc.
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Ville de Montréal

© 1997 Marie Corriveau, Marcelin Joanis et Jacques Robert. Tous droits réservés. All rights reserved. Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.

*Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

## **Avant-propos**

Ce document présente le résultat de travaux effectués par des chercheurs du CIRANO (Centre Interuniversitaire de Recherche en ANalyse des Organisations) dans le cadre du projet GAMME (Gestion Automatisée de Multiples Marchés Électroniques), financé conjointement par Bell Canada et le CIRANO. Il fait suite à une commande du ministère des Ressources naturelles du Québec.

Le texte a été rédigé par Marie Corriveau, professionnelle de recherche au CIRANO, et par Marcelin Joanis, étudiant stagiaire au CIRANO, sous la direction de Jacques Robert, professeur en sciences économiques à l'Université de Montréal et directeur de recherche au CIRANO.

Les auteurs tiennent à remercier MM. François Rouleau et Daniel Fortier, du ministère des Ressources naturelles du Québec, pour leur collaboration à la rédaction de ce document.

Ils tiennent également à souligner la contribution de l'équipe informatique du projet GAMME, dirigée par Robert Gérin-Lajoie : Belgacem Bouzaiene-Ayari (responsable du module d'optimisation), David Demers, Yves Leung-Tack, David Ostiguy, Vincent Trussard et Maxime Turner.

## Sommaire

Le présent document présente l'ébauche d'un marché électronique intelligent, adapté à l'industrie québécoise des copeaux de bois. Son propos est d'expliquer comment fonctionne un tel marché et de montrer comment il s'insère ou modifie le système commercial actuel.

Le marché électronique intelligent proposé poursuit deux grands objectifs. Le premier objectif est l'amélioration de l'*efficacité* du marché des copeaux de bois. Le marché électronique constitue un moyen privilégié pour améliorer la flexibilité du marché et enrayer ainsi l'accumulation de stocks invendus. Un tel mécanisme maximise les profits globaux de l'industrie en faisant en sorte que chaque entreprise puisse identifier toutes les occasions d'affaires qui sont à sa portée et exploiter les profits supplémentaires qui s'y rattachent. Le second grand objectif poursuivi est la *continuité* dans les pratiques commerciales. Les contrats à long terme entre scieries et papetières constituent une réalité importante du marché et ils feront partie intégrante du marché électronique intelligent.

La pièce maîtresse de notre proposition est le *Marché Périodique Optimisé (MPO)*. Un peu à la manière de l'Encan électronique du porc, mis sur pied par la Fédération des producteurs de porcs du Québec, nous proposons la mise en place d'une bourse électronique des copeaux qui s'ouvrirait périodiquement (à tous les mois, par exemple) pour allouer toute la production québécoise de copeaux. Au terme d'une séance du marché électronique, les échanges pour le mois seront déterminés et chacun saura de qui il recevra ses copeaux ou à qui il devra les livrer, à quels prix seront conclues les transactions et selon quel échéancier sera livrée la marchandise.

Le MPO remplit trois grandes fonctions : (i) il coordonne les actions des agents dans le but de réduire les surplus de stocks et de combler les besoins des papetières aussi adéquatement que possible; (ii) il réduit les frais de transport en déterminant les échanges les moins coûteux entre scieries et papetières en ce qui a trait à l'approvisionnement; et (iii) il offre un outil performant pour renégocier les contrats à long terme.

Une séance du MPO comprend trois grandes étapes : la *pré-vente*, la *vente* et l'*après-vente*. Lors de la pré-vente, le système recueille les informations qui lui serviront à déterminer les échanges optimaux. Ces informations concernent deux variables clés du marché des copeaux : les exigences de qualité et les coûts de transport. Les acheteurs formulent d'abord leurs exigences techniques : sur un tableau électronique, ils indiquent la qualité des copeaux qu'ils souhaitent acheter et les pénalités qui seront appliquées en cas de livraison non conforme aux exigences techniques spécifiées. Les vendeurs sont ensuite invités à fournir un indice des coûts de production de leurs copeaux, qui réponde aux exigences de chacune des papetières. Les vendeurs doivent aussi indiquer les coûts unitaires de transport (CUT) qu'ils devront assumer s'ils livrent à chacun des acheteurs. Un mécanisme d'enchère sur les coûts de transport, où les acheteurs et des tiers pourront tenter d'abaisser les coûts du transport, pourra également être mis sur pied.

L'étape de la vente consiste en une vente aux enchères qui se déroule par rondes successives. Les mises des acheteurs sont des barèmes de demande et celles des vendeurs, des barèmes d'offre. Au début de la première ronde, acheteurs et vendeurs entrent leurs mises par une interface électronique reliée à un serveur. Les vendeurs doivent aussi fournir la liste des types de copeaux

qu'ils désirent mettre sur le marché, liste qui sera valable pour toute la durée de la vente. Selon le classement des copeaux qu'ils mettent en vente et leur capacité de trier les essences, ils auront le choix d'offrir des copeaux de basse densité, de haute densité et/ou des copeaux de pin gris. Les acheteurs participent à un seul marché qui regroupe les trois types de copeaux. Au début la première ronde, ils doivent préciser les proportions minimums et maximums de chaque type de copeaux qu'ils désirent se procurer.

Lorsque toutes les mises ont été comptabilisées, le système génère les quantités échangées et les prix d'équilibre payés ou obtenus par chaque participant. À la lumière de ces informations, les agents peuvent augmenter ou réduire leur mise selon leur appréciation du marché. Les acheteurs peuvent aussi réviser les proportions de chaque type de copeaux qu'ils demandent. On entame alors une autre ronde qui se termine par la ré-optimisation du système et le dévoilement des nouvelles allocations. Si personne ne désire modifier sa mise après l'annonce des prix et des quantités à la fin d'une ronde, les échanges bilatéraux efficaces sont officialisés et l'échéancier de livraison pour la période est établi. La modification des mises d'une ronde à l'autre est régie par une *règle d'éligibilité* dont la fonction est de dynamiser le marché, d'amener les participants à être actifs sur le marché et à révéler leurs vrais besoins le plus tôt possible.

Le MPO est un marché à moyen terme, en ce sens qu'il s'insère entre un *marché compensatoire* à long terme et un *marché spot* à court terme. Les scieries et les papetières qui désirent garantir leur approvisionnement en signant des ententes à long terme pourront passer des *contrats compensatoires*. Un contrat compensatoire à long terme entre une scierie et une papetière spécifie pour chaque période du MPO (chaque mois) un prix et une quantité de copeaux. Une papetière s'assure ainsi d'une certaine quantité de copeaux à un certain prix et une scierie s'assure du prix qu'elle obtiendra pour une portion donnée de sa production. Les données de ces contrats compensatoires sont ensuite prises en considération par le MPO. Un peu à l'image des marchés à terme, les contrats compensatoires sont des ententes sur les seuls flux financiers. C'est le MPO qui détermine les échanges réels de copeaux.

Le mécanisme de marché proposé est conçu de manière à ce que la participation au MPO soit avantageuse pour tous. Avec la *flexibilité*, la *transparence* et la mise en place d'un *mécanisme compétitif ouvert*, la *participation avantageuse pour tous* est l'un des principes directeurs du marché électronique intelligent des copeaux. Le participant lié par un contrat compensatoire est assuré de se retrouver, après une séance du MPO, dans une situation au moins aussi avantageuse que celle qui est prévue par le contrat. L'esprit du mécanisme de compensation est que, si un des partenaires obtient sur le MPO un prix défavorable, il sera dédommagé par son partenaire. Ainsi, la règle de compensation et le mécanisme de renégociation du MPO offrent une procédure garantissant : (i) à chaque participant l'équivalent de ce qui est négocié dans le contrat à long terme; (ii) à tous les participants la possibilité de découvrir et d'exploiter les profits supplémentaires accessibles et non encore exploités.

Le marché électronique intelligent proposé est complété par un marché *spot* à très court terme sur lequel les scieries pourront liquider leurs surplus et les papetières, se procurer une quantité supplémentaire de copeaux, surplus et besoins non comblés qui n'avaient pas été prévus lors de la

séance du MPO. Le marché *spot* pourra se présenter sous la forme d'un babillard électronique par l'intermédiaire duquel chaque entreprise pourra amorcer une vente aux enchères.

## Table des matières

<b>PARTIE I : INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
OBJECTIFS : EFFICACITÉ ET CONTINUITÉ .....	5
SOLUTION : LE MARCHÉ PÉRIODIQUE OPTIMISÉ.....	5
PRINCIPES DIRECTEURS .....	8
BRÈVE DESCRIPTION DU MARCHÉ INTELLIGENT DES COPEAUX.....	9
<b>PARTIE II : LE FONCTIONNEMENT DU MARCHÉ ÉLECTRONIQUE INTELLIGENT .....</b>	<b>111</b>
1- FONCTIONNEMENT DU MARCHÉ PÉRIODIQUE OPTIMISÉ .....	111
Première étape : la pré-vente .....	111
Seconde étape : la vente.....	155
2- FONCTIONNEMENT DU MARCHÉ COMPENSATOIRE À LONG TERME.....	277
3- FONCTIONNEMENT DU MARCHÉ <i>SPOT</i> .....	311
Marché <i>spot</i> nominal .....	322
Marché <i>spot</i> anonyme .....	333
<b>PARTIE III : QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES.....</b>	<b>366</b>
<b>ANNEXE 1 : LEXIQUE .....</b>	<b>433</b>
<b>ANNEXE 2 : MODULE D'OPTIMISATION.....</b>	<b>455</b>

## **Partie I : Introduction**

Ce qui définit en propre le marché intelligent, c'est qu'il gère les offres et les demandes des agents du marché de manière à déterminer les quantités de marchandises échangées et le montant des transactions. Au Québec, il existe déjà au moins une expérience d'un marché de ce genre : l'Encan Électronique du Porc (EÉP).

L'architecture de l'EÉP ne nous apparaît toutefois pas appropriée au marché des copeaux. L'EÉP détermine certes les échanges bilatéraux, mais ce n'est que dans un second temps qu'il s'attaque à la question du transport de la marchandise, puis à celle des exigences des acheteurs en matière de qualité. Or, le marché des copeaux de bois se distingue justement par des coûts de transport élevés et par les exigences particulières que les acheteurs expriment au cours des transactions. C'est pourquoi nous avons placé ces deux variables au centre du mécanisme de marché que nous proposons dans ces pages.

### **Objectifs : efficacité et continuité**

L'objectif fondamental que nous poursuivons est l'amélioration de l'*efficacité* du marché, ce qui suppose une part de changement dans les pratiques commerciales actuelles. Nous croyons cependant que cet objectif peut être atteint tout en assurant une *continuité* avec les façons de faire traditionnelles. Nous nous sommes efforcés d'élaborer un mécanisme de marché qui permette à la fois aux papetières de poursuivre leurs stratégies d'approvisionnement actuelles et à chaque agent d'améliorer sa position sur le marché. Scierie ou usine de pâtes et papier, l'entreprise reste ainsi libre soit de préserver les acquis du passé soit de mettre à profit les nouveaux outils qui seront à sa disposition.

### **Solution : le Marché Périodique Optimisé**

À l'heure actuelle, le marché des copeaux est régi principalement par des contrats à long terme entre acheteurs et vendeurs. Ces contrats s'inscrivent dans une dynamique de relations privilégiées et prolongées entre papetières et scieries. Une forme particulière de cette stratégie d'approvisionnement est l'intégration des scieries aux papetières. Environ 70% des copeaux sont produits par des scieries intégrées. La grande majorité des copeaux sont vendus à une filiale ou dans le cadre de contrats à moyen et à long terme. Ces relations privilégiées sont donc au cœur des stratégies d'affaires dans l'industrie, stratégies qui visent à assurer et à stabiliser l'approvisionnement des usines de pâtes et papier.

Parallèlement à ce «marché à long terme», il existe un marché *spot* informel. Ce marché complète le marché à long terme en permettant des échanges qui ne sont pas prévus par les contrats à long terme (demande excédentaire par les papetières, offre excédentaire par les scieries). Or, nous constatons que, dans sa configuration actuelle, le marché des copeaux est loin d'être aussi flexible

qu'il pourrait l'être et qu'il ne parvient pas à endiguer l'accumulation des stocks ni à combler les besoins des entreprises. Stocks invendus ou production insuffisante sont des symptômes de l'inefficacité d'un marché.

Nous proposons la création d'un *Marché Périodique Optimisé* (MPO) à moyen terme pour compléter la séquence actuelle : contrats annuels - marché *spot*. Ce marché centralisé déterminera les échanges optimaux (qui vend à qui? qui achète de qui?) pour une période donnée (un mois), sur la base des données des contrats à long terme et après avoir recueilli un certain nombre d'informations pertinentes. Ces informations concernent principalement les frais de transport entre les usines productrices et clientes, les offres des scieries et les demandes et les exigences des papetières.

Le MPO cherchera :

- à *coordonner les actions des agents* dans le but de réduire les surplus de stocks et de s'assurer que les besoins des papetières seront comblés adéquatement;
- à *réduire les frais de transport* en déterminant les échanges les moins coûteux entre scieries et papetières en ce qui a trait à l'approvisionnement;
- à *offrir un outil performant* pour renégocier les contrats à long terme.

### ***Un marché efficace...***

Le MPO allouera la ressource le plus efficacement possible, compte tenu de l'information disponible. En d'autres termes, le MPO est un mécanisme qui vise la maximisation des profits de l'industrie dans son ensemble. Considérons le point de vue du gestionnaire de la gigantesque entreprise qui résulterait de l'intégration totale de l'industrie, c'est-à-dire du regroupement de toutes les usines de pâtes et papier et de toutes les scieries en une seule et même entreprise. Pour ce gestionnaire, il importerait que la production soit organisée de manière à ce que les échanges entre les diverses composantes de l'entreprise soient ceux qui entraînent le moins de coûts possible (notamment les frais de transport entre les usines) et qui maximisent les profits de chaque unité de production. Un gestionnaire ou un système de gestion qui accomplirait cette tâche atteindrait son objectif premier : la maximisation des profits. Plus une industrie est efficace, plus ses profits globaux sont élevés. Le MPO doit agir un peu comme le gestionnaire de cette entreprise parfaitement intégrée et viser la maximisation du profit global de l'industrie.

### ***La continuité dans les pratiques commerciales...***

La continuité, qui forme notre second grand objectif, est inséparable des questions qui entourent la stabilité de l'approvisionnement des papetières. Pour une papetière, les contrats à long terme constituent de véritables polices d'assurance puisqu'ils lui garantissent un approvisionnement régulier de la part de fournisseurs avec lesquels elle entretient souvent des relations privilégiées. Par ces contrats, qui sont d'importants facteurs de régulation des échanges, l'entreprise contribue à la stabilité du marché et de l'industrie. Loin de remettre en cause ce type de marché, nous croyons qu'il pourrait profiter des outils électroniques développés pour le MPO et qu'il aurait de bonnes chances d'accroître sa flexibilité. Il en va d'ailleurs de même pour le marché *spot*.

Le prix de la ressource est généralement négocié chaque année. Comme une fluctuation de ce prix n'est forcément profitable qu'à un seul des deux contractants, la négociation des ententes à long terme en fonction de l'état du marché implique le plus souvent une bonne dose d'arbitraire. Le spectre de la renégociation de ces ententes porte atteinte à leur crédibilité et amoindrit du coup leur capacité de stabiliser les échanges.

Stabilisatrices, les ententes à long terme peuvent parfois constituer un carcan. Leur usage généralisé prive en effet les contractants et l'industrie dans son ensemble de profits additionnels. D'où l'intérêt d'un mécanisme de marché à plus court terme, qui mette l'accent sur les gains potentiels et qui permette de les exploiter tout en maintenant des garanties à plus longue échéance en ce qui a trait à l'approvisionnement. Pourvu qu'une papetière ou une scierie puissent revoir à la hausse leurs besoins ou leur production sans pour autant être contraintes de revenir sur les termes des contrats qui les lient à leurs partenaires, le MPO pourra redonner une crédibilité aux contrats à long terme et réduire la dimension arbitraire des négociations qui président à leur signature.

Le MPO permettra dès lors la mise en place d'un cadre rigoureux et non arbitraire de renégociation des contrats à long terme, conférant ainsi la légitimité essentielle à la signature de contrats équitables. N'ayant plus à les négocier systématiquement au gré des fluctuations du marché, les entreprises pourront mesurer toutes les implications, légales et financières, de leurs contrats à long terme. Il est important de préciser ici que pour être pris en considération par le MPO, un contrat à long terme devra spécifier non seulement une quantité échangée, mais aussi un prix. Or, il existe dans l'industrie une pratique commerciale qui consiste à contracter des ententes à très long terme sur les quantités, sans considérer les prix des marchandises ou les montants des transactions. Ce type d'entente demeurera possible mais en marge du MPO, qui n'en tiendra pas compte dans la détermination des échanges.

Le marché périodique, en outre, permettra aux papetières qui ne désirent pas signer de contrats à long terme de garantir leur approvisionnement par le MPO. De même pour les scieries, qui pourront, si elles le désirent, écouler leur production exclusivement par le biais du MPO. Il est raisonnable de penser que la possibilité d'une entente autre qu'à long terme aura pour effet de niveler le rapport de force entre les parties lors des négociations. Ainsi, le caractère transparent et équitable du marché s'en trouvera rehaussé.

## **Principes directeurs**

Formellement, l'atteinte des objectifs d'efficacité et de continuité par la mise en place d'un Marché Périodique Optimisé pour les copeaux devra obéir aux quatre principes directeurs suivants.

### ***1- Une participation avantageuse pour tous***

Notre proposition d'un marché intelligent des copeaux ne serait pas pertinente si elle n'assurait pas une participation avantageuse pour tous. Affirmer que la participation au MPO est avantageuse pour tous les acteurs du marché, c'est dire que le MPO est un système au sein duquel aucune entreprise ni aucun groupe ne pourra améliorer sa position en s'isolant.

En outre, le MPO intègre les pratiques commerciales actuelles au lieu de leur en substituer de nouvelles. Rien n'empêche une scierie et une papetière de prendre part au MPO, tout en continuant de conclure entre elles des ententes à long terme. Le mécanisme de marché que nous proposons est conçu pour que chaque entreprise (les scieries comme les papetières) obtienne au moins l'équivalent de ce qu'elle a négocié dans le cadre des contrats à long terme. Autrement dit, jamais une entreprise ayant signé une entente à long terme ne pourra se retrouver, au terme d'une séance du MPO, dans une situation moins enviable que celle qui est décrite dans les termes du contrat. Cependant, comme les ententes négociées ne correspondent pas nécessairement à l'allocation optimale, le MPO saura trouver des allocations plus efficaces. Si l'échange bilatéral négocié par contrat se révèle être optimal, le MPO le recommandera, mais s'il n'est avantageux que pour l'un des contractants, un système de dédommagement viendra compenser les pertes subies par l'autre contractant et permettra ainsi aux parties de compléter la transaction. Par son fonctionnement, le MPO garantit à chacun une part des bénéfices associés aux gains à l'échange.

### ***2- La flexibilité***

Il est essentiel que le mécanisme de marché attribue aux papetières des copeaux qui correspondent à leurs besoins. C'est pourquoi le MPO les autorise à fixer les exigences de qualité qui leur conviennent. La flexibilité du MPO rend notamment possibles des interventions sur le marché pour demander un seul type de copeaux (basse densité, haute densité ou pin gris) ou plus d'un dans des proportions variables. Le marché doit aussi être en mesure de fournir aux papetières la quantité de copeaux qu'elles désirent.

Il nous apparaît important que le mécanisme de marché permette aux acheteurs de poursuivre des stratégies d'approvisionnement qui leur soient propres. Le MPO offre toute la latitude voulue pour que les acteurs du marché puissent conclure des ententes bilatérales avantageuses à plus ou moins long terme, tout en demeurant parties prenantes du mécanisme de marché. Par exemple, une papetière qui désirerait acheter en priorité de ses propres scieries sera en mesure de le faire. En effet, les papetières pourront favoriser une scierie, en prétextant, par exemple, un coût de transport nul entre elles. Elles ne pourront toutefois pas désavantager une scierie particulière.

### ***3- La transparence***

Un marché efficace est un marché où toutes les parties sont traitées équitablement. Ainsi, le MPO repose sur des règles claires et non arbitraires. Ces règles doivent limiter autant que possible les possibilités de collusion. Une telle recherche de transparence se fait dans le respect de l'anonymat des participants, bien que certaines phases du MPO puissent ne pas être anonymes.

### ***4- Un mécanisme compétitif et ouvert***

Le MPO se veut un mécanisme souple qui permet aux acheteurs de réviser leur demande et aux vendeurs de réviser leur offre selon l'état du marché. C'est pourquoi personne n'est limité à la première évaluation de ses besoins ou de sa volonté de produire. La possibilité de profiter d'une occasion d'affaires remarquée tardivement demeure ouverte tout au long du processus, selon des règles objectives et connues de tous. Ainsi, le MPO permet en tout temps aux papetières et aux scieries d'acheter ou de vendre les quantités qu'elles désirent, pourvu qu'elles soient prêtes à en accepter le juste prix.

## **Brève description du marché électronique intelligent des copeaux**

Le Marché Périodique Optimisé (MPO), décrit dans le présent document, est un marché de copeaux qui s'ouvre à intervalle fixe. À titre hypothétique, nous avons fixé cet intervalle à un mois, mais il reviendra à l'industrie de définir la périodicité qui répondra le mieux à ses besoins. Au terme de chaque séance, le système informatique génère les échanges bilatéraux (quelle scierie vend quelle quantité de quel type de copeaux à quelle papetière) et fixe les prix d'achat et de vente. Les prix et les quantités échangées sont réputés être les seuls qui maximisent l'efficacité de l'industrie.

Tout au long du processus, les quantités et les prix générés par le système restent fonction de deux variables critiques du marché des copeaux.

1. Les exigences techniques des acheteurs : leur annonce publique constitue le premier événement d'une séance, de sorte qu'elles servent de toile de fond à tout le processus.
2. Les coûts de transport : les scieries sont d'abord invitées à annoncer les coûts de l'acheminement de leurs marchandises vers les différentes usines de pâtes et papier du marché. Cette annonce publique sert de base à une enchère sur les coûts de transport où scieries, transporteurs et papetières se concurrencent ouvertement afin que le transport de la marchandise soit assumé par ceux qui sont en mesure de le faire au moindre coût.

Ces annonces constituent l'essentiel de l'activité d'une séance du marché avant que ne débute la vente des copeaux proprement dite. L'allocation de la production (qui vendra ou achètera combien) se fait selon un processus de vente aux enchères où les mises des acheteurs sont leur barème de demande (quelle quantité de copeaux suis-je prêt à acheter et à quels prix) et celles des vendeurs, leur barème d'offre (quelle quantité de copeaux suis-je prêt à vendre et à quels prix).

Acheteurs et vendeurs sont invités à miser, à révéler leur offre et leur demande, par une interface informatique reliée à un serveur.

La vente aux enchères se déroule par rondes successives. Au début de chaque ronde, acheteurs et vendeurs entrent leurs mises dans leur micro-ordinateur. Une fois les mises comptabilisées, le système génère les quantités échangées, les prix d'achat et les prix de vente. À la lumière de ces informations, les agents modifient leur mise selon leur appréciation de l'état du marché et on entame une nouvelle ronde qui se termine à son tour par la ré-optimisation du système et le dévoilement des nouvelles allocations. Si personne ne désire modifier sa mise après l'annonce des prix et des quantités, on considère que les échanges bilatéraux efficaces ont été déterminés.

Une séance du MPO se termine par l'officialisation des échanges bilatéraux qui auront lieu durant la période précédant la prochaine séance du marché. L'échéancier de livraison et l'horaire de transport sont alors établis.

Les contrats à long terme négociés avant les séances du MPO sont insérés sous forme de contrats compensatoires. Ces contrats spécifient les transferts en argent qui devront être versés par les diverses parties. La structure des compensations financières est telle qu'un acheteur est dédommagé si le prix obtenu sur le MPO excède celui négocié dans le contrat et vice versa pour le vendeur. Il est donc nécessaire que ces contrats à long terme spécifient une quantité et un prix. Tant et aussi longtemps qu'aucun prix n'a été négocié dans le cadre d'une entente à long terme, celle-ci ne sera pas considérée par le MPO dans le processus d'optimisation des échanges.

Finalement, le marché *spot* permet aux vendeurs et aux acheteurs d'écouler rapidement ou de se procurer un surplus de copeaux. Il aide ainsi les papetières et les scieries à faire face aux imprévus.

## Partie II : Le fonctionnement du marché électronique intelligent

Cette section présente une description détaillée du marché électronique intelligent. Nous décrivons d'abord, dans la section 1, le fonctionnement du marché périodique optimisé (MPO). Ce marché sera ouvert à périodicité fixe. La périodicité reste à déterminer : dans le présent document, nous postulons une périodicité d'un mois. Le MPO se démarque par la complexité de son fonctionnement, sur lequel, notons-le, les contrats à long terme n'ont pas d'effet direct.

Dans la section 2, nous décrivons comment les contrats à long terme sont négociés et comment ils sont insérés dans le contexte du MPO. Les contrats à long terme sont interprétés par le MPO comme des contrats compensatoires; si un vendeur obtient sur le MPO un prix inférieur à celui négocié dans ses contrats à long terme, il sera dédommagé par les acheteurs avec qui il a négocié ces contrats. L'inverse s'applique lorsque l'acheteur doit payer un prix supérieur au prix négocié.

Dans la section 3, nous présentons le fonctionnement du marché *spot* en ce qui concerne les quantités supplémentaires à échanger au cours de la période couverte par le MPO.

Au besoin, le lecteur pourra se référer aux deux annexes reproduites à la fin du présent document. L'annexe 1 présente un lexique des différents termes utilisés dans le document. L'annexe 2, plus technique, explique le fonctionnement du module d'optimisation du MPO.

### 1- Fonctionnement du Marché Périodique Optimisé

Le marché s'ouvre une fois par mois. Les copeaux disponibles sont classés selon leur type : basse densité, haute densité et pin gris. Les vendeurs peuvent offrir plusieurs types de copeaux séparément s'ils trient leurs arbres, sinon ils ne peuvent offrir qu'un seul type de copeaux correspondant au type principal de leur production<sup>1</sup>. Les acheteurs participent quant à eux à un seul marché regroupant les trois types de copeaux. Ils doivent cependant spécifier les types de copeaux qu'ils désirent se procurer et les quantités qu'ils veulent acheter. Chacune des séances du MPO se déroule en trois grandes étapes qui s'articulent autour de la vente elle-même : la *pré-vente*, la *vente* et l'*après-vente*.

#### ***Première étape : la pré-vente***

L'étape de la pré-vente se découpe en trois phases distinctes et séquentielles : l'*annonce des exigences techniques et des CUT*, l'*annonce des FAQ* et l'*ajustement des CUT et des FAQ*. Une annonce publique permet à chacun, dans un premier temps, de connaître les exigences techniques des acheteurs (les papetières) et les coûts unitaires de transport (CUT) des vendeurs (les scieries).

---

<sup>1</sup> La tâche qui consiste à établir les différents critères définissant les types de copeaux (haute, basse densité, pin gris ou autres) reviendra évidemment à l'industrie. Par exemple, la norme suivante pourrait être établie. Pour qu'ils puissent être classés dans la catégorie « haute densité », les copeaux d'un vendeur ne devraient pas contenir plus de 5% de pin gris. Au-delà de ce seuil, un vendeur qui n'est pas en mesure de trier ses arbres devra identifier sa production comme des copeaux de type « pin gris ».

À la seconde phase de la pré-vente, les vendeurs divulguent leurs facteurs d'ajustement pour la qualité (FAQ), calculés en fonction des exigences techniques des acheteurs révélées à la phase précédente.

Ces deux premières phases sont suivies d'une dernière phase d'ajustement des CUT et des FAQ. Cette phase permet la négociation entre acheteurs et vendeurs. Il s'agit essentiellement d'une phase compétitive où acheteurs, vendeurs et transporteurs se font concurrence pour offrir les meilleurs coûts de transport entre les scieries et les papetières.

### Phase 1 : Annonce des exigences techniques et des CUT

#### 1. Annonce des exigences techniques

Les acheteurs formulent leurs exigences techniques. Ils s'exécutent en dévoilant lors de la vente un tableau qui décrit la qualité de copeaux qu'ils demandent (excluant les types de copeaux – haute densité, basse densité, pin gris – qui seront spécifiés à l'étape de la vente) et les pénalités qui seront appliquées en cas de livraison non conforme aux exigences techniques spécifiées. Pourront être annoncées toutes les exigences techniques que les acheteurs jugeront nécessaires.

#### 2. Annonce des CUT

Les vendeurs annoncent leurs coûts unitaires de transport (CUT), c'est-à-dire les coûts qu'ils auront à supporter s'ils doivent assumer eux-mêmes le transport des copeaux vendus aux papetières, peu importe le moyen de transport utilisé. Lors de la phase 1, ce sont les vendeurs (les scieries) qui annoncent les CUT, mais nous verrons plus loin (cf. phase 3) que, au terme de la séance, ce ne sont pas nécessairement eux qui se chargent du transport de la marchandise et qui en assument les frais.

Une fois tous les CUT annoncés, une matrice de transport peut être générée. On pourrait imaginer une telle matrice de transport pour  $n$  vendeurs ( $V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n$ ) et  $m$  acheteurs ( $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_m$ ) :

Tableau 1 : Matrice de transport

	$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_m$
$V_1$	$t_{11}$	$t_{12}$				
$V_2$	$t_{21}$	$t_{22}$				
...						
$V_i$				$t_{ij}$		
...						
$V_n$						

Chaque  $t_{ij}$  indique le CUT entre le vendeur  $i$  (la source) et l'acheteur  $j$  (la destination). Ainsi, si  $t_{11} = 50$  \$, on estime qu'il en coûterait 50 \$ pour assumer le transport d'une unité de copeaux du vendeur  $V_1$  vers l'acheteur  $A_1$ . Comme ils représentent des coûts, les CUT sont par définition

positifs ou nuls. Si une scierie juge qu'elle n'a pas les moyens de livrer la marchandise à une papetière donnée, elle fixera alors pour cette papetière un CUT substantiellement plus élevé que pour ses autres clients potentiels.

La phase 1 se termine lorsque tous les tableaux d'exigences techniques et tous les CUT ont été reçus. Une échéance est alors fixée.

### Phase 2 : Annonce des FAQ

La phase 2 s'amorce par la divulgation des exigences techniques définies lors de la phase précédente. Ces informations doivent être connues de tous les acteurs du marché afin que les vendeurs puissent fournir leurs FAQ, qui sont directement fonction des exigences techniques des acheteurs. Cette deuxième phase doit donc nécessairement comprendre une période déterminée d'observation des exigences techniques des acheteurs par les vendeurs.

#### 1. Annonce des FAQ

Une fois qu'ils ont pris connaissance des exigences techniques de chaque acheteur, les vendeurs déterminent et annoncent leurs FAQ pour chacun des acheteurs potentiels. Une fois tous les FAQ annoncés, une première matrice technique peut être générée. On pourrait imaginer une telle matrice technique pour les mêmes  $n$  vendeurs ( $V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n$ ) et  $m$  acheteurs ( $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_m$ ) :

Tableau 2 : Matrice technique

	$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_m$
$V_1$	$s_{11}$	$s_{12}$				0
$V_2$	$s_{21}$	$s_{22}$				0
...						0
$V_i$				$s_{ij}$		0
...						0
$V_n$						0

Chaque  $s_{ij}$  indique le FAQ établi par la scierie  $V_i$  pour produire des copeaux qui répondent aux exigences techniques de l'acheteur  $A_j$ . Chaque  $s_{ij}$  indique la prime additionnelle que la scierie  $V_i$  exige pour produire des copeaux dont la qualité diffère du standard de l'industrie. Dans le tableau ci-dessus, nous avons supposé que l'acheteur  $A_m$  demande les copeaux dits de référence de l'industrie. Nous obtenons ainsi  $s_{im} = 0$  pour tout  $i$ , c'est-à-dire pour toutes les scieries;  $s_{ij}$  est donc positif, négatif ou nul selon que la qualité des copeaux demandés est supérieure, inférieure ou égale au standard de l'industrie.

On pourrait également retrouver des  $r_{ij}$  dans la matrice technique. Au lieu d'être un facteur additif, c'est-à-dire au lieu de correspondre à la prime additionnelle exigée par la scierie  $V_i$  pour produire des copeaux dont la qualité diffère du standard de l'industrie, le  $r_{ij}$  serait plutôt un facteur multiplicatif. Dans ce cas, lorsqu'un acheteur  $j$  demande la qualité de référence, alors  $r_{ij} =$

1 pour tout  $i$ . Un  $r_{ij} = 1,1$  indique quant à lui qu'il en coûte à la scierie  $i$  l'équivalent de 1,1 tonnes de copeaux de référence pour produire une tonne de copeaux de la qualité exigée par l'acheteur  $j$ . De même,  $r_{ij} = 0,9$  indique qu'il en coûte à la scierie  $i$  l'équivalent de 0,9 tonne de copeaux standards pour produire une tonne de copeaux de la qualité exigée par l'acheteur  $j$ .

Il est possible d'utiliser l'un ou l'autre des paramètres  $s_{ij}$  et  $r_{ij}$ . Il est également possible d'utiliser les deux. Le choix devra être fait de façon à refléter le mieux possible la réalité.

La phase 2 prend fin lorsque tous les FAQ ont été reçus.

### Phase 3 : Ajustement des CUT et des FAQ

Une fois la phase 2 conclue, la matrice de transport générée à la phase 1 est dévoilée. La phase 3 doit nécessairement s'amorcer par une période d'observation de cette matrice par tous les acteurs du marché. Comme ceux-ci incluent potentiellement des tiers (les transporteurs), la matrice de transport doit donc être connue de tous.

La phase 3 est d'abord une phase d'ajustement des CUT. Chaque CUT devient potentiellement l'objet d'une petite enchère entre acheteurs, vendeurs et d'éventuels transporteurs. Une papetière peut, durant cette phase, annoncer un CUT inférieur à celui qui avait été annoncé initialement par une scierie. Lorsqu'une papetière annonce un tel CUT, elle s'engage automatiquement à assumer les frais de transport sur ce tronçon. De même, un tiers (un « transporteur ») qui aurait intérêt à le faire pourrait s'engager à assumer le transport à un CUT inférieur à celui de l'acheteur ou du vendeur.

De plus, durant cette phase, les scieries sont également autorisées à réévaluer leurs FAQ. Ces réévaluations pourront découler de négociations directes entre acheteurs et vendeurs, la flexibilité du système permettant en effet aux acheteurs d'intervenir auprès de leurs fournisseurs potentiels pour qu'ils réduisent leurs coûts, en particulier leurs FAQ. C'est pourquoi chaque acheteur obtiendra au début de la phase 3 la seule information le concernant à ce sujet. La matrice technique n'a pas à être rendue publique. Par contre, l'acheteur  $A_j$  devra recevoir l'information contenue dans la colonne  $j$  de cette matrice. La colonne  $j$  recense les FAQ de chaque scierie correspondant aux exigences techniques révélées par l'acheteur  $A_j$  à la phase 1. Grâce aux informations qui leur sont ainsi communiquées, les acheteurs pourront intervenir de façon ponctuelle auprès des scieries et les contraindre à réévaluer les FAQ qu'elles ont fixés pour répondre aux exigences techniques de leurs clients.

La clôture de la phase 3 marque également celle de la pré-vente. Cette première étape peut prendre fin à un moment déterminé d'avance (par exemple, 12 heures avant le début de la vente à proprement parler), ou alors si aucune modification aux CUT ou aux FAQ n'a été enregistrée dans le délai fixé (par exemple, cinq minutes).

## *Seconde étape : la vente*

La vente consiste essentiellement en une succession de rondes au cours desquelles les acheteurs indiquent les quantités de copeaux qu'ils souhaitent acheter pendant le prochain mois (période entre chaque séance du marché), les différents prix qu'ils sont prêts à payer et les proportions des types de copeaux qui les intéressent, tandis que les vendeurs font de même pour la quantité de chaque type de copeaux qu'ils sont prêts à vendre à différents prix<sup>2</sup>. C'est à partir de ces informations que le système calculera et déterminera l'allocation optimale, c'est-à-dire la meilleure allocation des copeaux du point de vue de l'efficacité. Les échanges bilatéraux (quelle scierie vendra à quelle papetière, quelles seront les quantités échangées sur chaque marché et à quels prix) seront déterminés au terme de la vente.

Chaque ronde comprend deux phases distinctes et successives : une première phase de *soumission des mises* et une seconde phase d'*optimisation*. La phase de soumission des mises détermine l'input du problème d'optimisation dont l'output déterminera les échanges bilatéraux sur chaque marché. À la lumière des résultats de ce processus d'optimisation, une autre ronde s'enclenche afin de permettre aux agents, selon la règle d'éligibilité, de réévaluer leur offre ou leur demande. Le système est optimisé et une matrice des échanges bilatéraux est calculée à chaque ronde.

### Déroulement de la première ronde

Dans un premier temps, les vendeurs doivent fournir la liste – valable pour toute la durée de la vente – des types de copeaux qu'ils désirent vendre. Selon le classement de leurs copeaux et leur capacité de trier les essences, ils auront le choix d'offrir des copeaux de basse densité, de haute densité et des copeaux de pin gris. Une scierie peut offrir plus d'un type de copeaux seulement si elle peut trier ses arbres et ses copeaux. Un vendeur qui ne trie pas ses copeaux ne pourra offrir qu'un des trois types de copeaux correspondant au type « moyen » de ses copeaux.

Les acheteurs participent à un seul marché regroupant les trois types de copeaux. Ils doivent cependant préciser les proportions minimums et maximums de chaque type de copeaux qu'ils désirent obtenir. Par exemple, un acheteur dont les recettes demandent au maximum 30% de copeaux de haute densité, au minimum 70% de copeaux de basse densité et aucun copeau de pin gris spécifiera en conséquence les proportions qu'il recherche dans le tableau des recettes :

---

<sup>2</sup> Du point de vue d'un vendeur, chaque type de copeaux (haute densité, basse densité et pin gris) peut être échangé sur un marché distinct. Pratiquement, les offres d'un vendeur dont le lot comprend trois types de copeaux se feront sur trois « marchés ».

### Tableau des recettes

Type de copeaux	Proportion minimum (%)	Proportion maximum (%)
Basse densité	70	100
Haute densité	0	30
Pin gris	0	0
<b>Total :</b>	<b>70</b>	<b>130</b>

La valeur de chaque type de copeaux n'étant pas nécessairement la même, un vendeur peut offrir, pour un prix donné, des quantités différentes de chaque type de copeaux, à la condition de répartir son offre sur les trois différents marchés.

Pour les acheteurs, la situation est différente. Ce qui est important pour eux, c'est la quantité totale, le prix moyen et la composition (la proportion de chaque type de copeaux dans la quantité totale achetée) des copeaux. On regroupe donc la demande à l'intérieur d'un seul marché et on permet aux acheteurs de préciser les proportions désirées. Le prix moyen, mais également le prix de chaque type de copeaux acheté ainsi que la quantité obtenue seront dévoilés à chaque ronde. Les acheteurs pourront alors réduire ou augmenter les quantités demandées et les proportions annoncées à la lumière de ces informations.

#### 1. Soumission des mises des acheteurs

Chaque acheteur doit fournir un barème de demande, c'est-à-dire un ensemble de couples (prix, quantité) qui indiquent chacun le nombre d'unités de copeaux désirées et le prix correspondant. Ces prix sont ceux qui ont été définis comme les prix d'achat à la papetière : ce qu'un acheteur est prêt à payer pour se procurer une quantité donnée de copeaux correspondant à ses exigences techniques. Les prix d'achat à la papeterie incluent donc les frais de transport, peu importe qui les assumera effectivement.

Pour remplir son barème de demande, un acheteur doit d'abord se poser la question suivante : combien d'unité de copeaux serais-je prêt à acheter si le prix était fixé à  $x$ ? à  $y$ ? et ainsi de suite. Normalement, plus le prix est bas, plus les quantités demandées sont grandes. En répondant à cette question, l'acheteur établit une relation entre le prix et la quantité demandée et c'est cette relation qui lui permet de tracer *sa courbe de demande privée*. Le barème de demande doit être conçu à partir de cette *courbe de demande privée*. En effet, l'acheteur doit révéler un certain nombre de points, des couples (prix, quantité), qui formeront son barème de demande et à partir desquels sa *courbe de demande révélée* sera construite.

***Le barème de demande d'un acheteur consiste en une liste de prix décroissants auxquels sont associées des quantités demandées nécessairement croissantes.***

Un barème de demande sera toujours accompagné d'un tableau des recettes permettant aux acheteurs de spécifier les proportions désirées de chaque type de copeaux. Chaque acheteur doit donc remplir son tableau des recettes, en respectant les contraintes suivantes :

- 1) Minimum  $\leq$  Maximum pour chaque type de copeaux
- 2) Somme des minimums  $\leq$  100%
- 3) Somme des maximums  $\geq$  100%.

Le barème de demande et le tableau des recettes constituent la « mise » de l'acheteur pour la première ronde. En fait, chaque acheteur révèle un certain nombre de points qui formeront sa courbe de demande révélée et ses exigences quant aux types de copeaux. L'ensemble que forment le barème de demande et le tableau des recettes qui l'accompagne aura la forme typique suivante :

Tableau 4 : Barème de demande et tableau des recettes

Prix unitaire	Quantité totale (en milliers d'unités)
130	10
125	20
120	30
115	35
110	40
108	45
107	48

Type de copeaux	Proportion minimum (%)	Proportion maximum (%)
Basse densité	50	70
Haute densité	20	50
Pin gris	0	20
<b>Total :</b>	<b>70</b>	<b>140</b>

Le barème de demande s'interprète de la façon suivante :

- à un prix supérieur à 130 \$, l'acheteur demande une quantité nulle; par convention, et sans que l'acheteur ait à le spécifier, le système créera le couple (prix, quantité) (131, 0) pour intégrer l'information, révélée par l'acheteur, selon laquelle 130 \$ est le prix maximal auquel il est prêt à acheter;
- à un prix de 130 \$, l'acheteur demande 10 000 unités;
- à un prix compris entre 125 \$ et 130 \$, l'acheteur demande une quantité comprise entre 10 000 et 20 000 unités;
- à un prix de 125 \$, l'acheteur demande 20 000 unités;
- à un prix compris entre 120 \$ et 125 \$, l'acheteur demande une quantité comprise entre 20 000 et 30 000 unités; et ainsi de suite pour les prix suivants;
- à un prix inférieur à 107 \$, l'acheteur demande toujours 48 000 unités – c'est en quelque sorte sa demande maximale –; par convention, et sans que l'acheteur ait à le spécifier, le système créera le couple (prix, quantité) (0, 48 001) pour intégrer l'information, révélée par l'acheteur, selon laquelle une baisse du prix sous les 107 \$ n'aura pas d'impact significatif sur la quantité qu'il demande.

Afin de combler les intervalles du barème de demande établi par l'acheteur, le système trace des droites.

Le tableau des recettes s'interprète, quant à lui, de la façon suivante :

- la quantité totale de copeaux désirée doit contenir au minimum 50% de copeaux de basse densité;
- la quantité totale de copeaux désirée doit contenir au maximum 70% de copeaux de basse densité;
- la quantité totale de copeaux désirée doit contenir au minimum 20% de copeaux de haute densité;
- la quantité totale de copeaux désirée doit contenir au maximum 50% de copeaux de haute densité;
- la quantité totale de copeaux désirée doit contenir au maximum 20% de copeaux de pin gris.

## 2. Soumission des mises des vendeurs

Simultanément, les vendeurs fournissent leurs barèmes d'offre, leurs mises. Un vendeur qui offre plus d'un type de copeaux doit soumettre un nombre équivalent de barèmes d'offre. Comme les demandeurs, un vendeur, pour remplir son barème d'offre, doit d'abord se poser la question suivante : combien d'unité de copeaux serais-je prêt à vendre si le prix était fixé à  $x$ ? à  $y$ ? et ainsi de suite. Normalement, plus le prix est bas, plus les quantités offertes sont petites. En répondant à cette question, le vendeur établit une relation entre le prix et la quantité offerte et c'est cette relation qui lui permet de tracer *sa courbe d'offre privée*. Le barème d'offre doit être conçu à partir de cette *courbe d'offre privée*. En effet, l'acheteur doit révéler un certain nombre de points, des couples (prix, quantité), qui formeront son barème d'offre et à partir desquels sa *courbe d'offre révélée* sera construite.

***Le barème d'offre d'un vendeur consiste en une liste de prix ascendants auxquels sont associées des quantités offertes nécessairement croissantes.***

Les vendeurs fournissent leurs barèmes d'offre pour des copeaux *de référence*. Les vendeurs révèlent donc un certain nombre de points qui formeront leurs courbes d'offre révélées. Un barème d'offre fourni par un vendeur aura la forme suivante :

Tableau 5 : Barème d'offre

Prix unitaire	Quantité totale (en milliers d'unités)
80	5
85	7
90	8
95	9
100	10

Ce barème d'offre s'interprète ainsi :

- à un prix inférieur à 80 \$, le vendeur n'offre rien; par convention, et sans que le vendeur ait à le spécifier, le système créera le couple (prix, quantité) (79, 0) pour intégrer l'information, révélée par le vendeur, selon laquelle 80 \$ est le prix minimum auquel il est prêt à vendre;
- à un prix de 80 \$, le vendeur offre 5 000 unités;
- à un prix compris entre 80 \$ et 85 \$, le vendeur offre une quantité comprise entre 5 000 et 7 000 unités;
- à un prix de 85 \$, le vendeur offre 7 000 unités;
- à un prix compris entre 85 \$ et 90 \$, le vendeur offre une quantité comprise entre 7 000 et 8 000 unités; et ainsi de suite pour les prix suivants;
- à un prix supérieur à 100 \$, le vendeur offre toujours 10 000 unités –c'est en quelque sorte sa capacité de production–; par convention, et sans que le vendeur ait à le spécifier, le système créera le couple (prix, quantité) ( $a$ , 10 001), où  $a$  est un prix arbitrairement élevé, pour intégrer l'information, révélée par le vendeur, selon laquelle une hausse du prix au-dessus des 100 \$ n'aura pas d'impact significatif sur la quantité qu'il offre.

Afin de combler les intervalles entre les points du barème d'offre établi par le vendeur, le système trace des droites.

La phase de soumission des mises de la première ronde peut se terminer lorsque toutes les mises (les barèmes de demande et d'offre) ont été reçues ou encore à un moment prédéterminé.

### 3. Optimisation

Le système calcule les allocations optimales (prix et quantités) – celles qui maximisent l'efficacité du marché<sup>3</sup> – à partir de tous les barèmes de demande et d'offre fournis par les agents, incluant le tableau des recettes des acheteurs. Ces informations sont mises en relation avec la matrice de transport et la matrice technique. Une fois le processus d'optimisation complété, le système produit la matrice des échanges bilatéraux (la matrice des quantités optimales) résultant des « mises ». Pour un marché donné, la matrice aura la forme typique suivante :

---

<sup>3</sup> Pour une discussion plus complète des caractéristiques des allocations calculées par le système, voir l'annexe 2 : Module d'optimisation.

Tableau 6 : Matrice des échanges bilatéraux

	$A_1$	$A_2$	...	$A_j$	...	$A_m$
$V_1$	$q_{11}$	$q_{12}$				
$V_2$	$q_{21}$	$q_{22}$				
...						
$V_i$				$q_{ij}$		
...						
$V_n$						

Chaque  $q_{ij}$  indique la quantité totale de copeaux qui sera échangée entre l'acheteur  $A_j$  et le vendeur  $V_i$  si personne ne manifeste le désir de modifier sa mise. Au terme du processus d'optimisation, chaque agent ne reçoit que l'information qui le concerne. Le vendeur reçoit, pour chaque type de copeaux offert, une quantité et un prix d'équilibre indépendants. L'acheteur, lui, reçoit également un prix et une quantité d'équilibre pour chaque type de copeaux, en plus de la moyenne pondérée des prix et de la somme des quantités qu'il a obtenues. C'est à partir de ces dernières informations qu'il pourra modifier sa mise.

Étant donné les coûts de transport, les prix de vente et les prix d'achat, pour un type particulier de copeaux, ne sont pas égaux et sont en général différents pour tous les agents du marché. *Le lecteur qui s'intéresse à la mathématique de ce problème pourra se référer à l'annexe 2 du présent document.*

Par exemple, s'agissant de l'acheteur dont nous avons établi les préférences au Tableau 4, le prix unitaire d'équilibre pourrait être de 115 \$ pour un marché donné. À un prix de 115 \$, notre acheteur obtient les 35 000 unités de copeaux demandées. Bien entendu, que le prix d'équilibre, fixé par le processus d'optimisation, soit exactement le même que le prix pour lequel l'acheteur a défini une quantité demandée relève du hasard. Prenons un exemple plus réaliste. Soit un prix d'équilibre fixé à 112,50 \$. La quantité demandée et obtenue est alors déterminée selon la droite tracée automatiquement par le système entre les couples (prix, quantité) (110, 40) et (115, 35). Comme le prix d'équilibre divise exactement l'intervalle de prix en deux (pour la simplicité de l'exposé), la quantité qui sera attribuée à l'acheteur correspondra à 37 500 unités de copeaux. Le tableau 7 donne une idée de ce que pourrait être l'information fournie à l'acheteur par le système. Un nouveau couple (prix, quantité) y a été rajouté pour indiquer le prix et la quantité d'équilibre dans ce cas particulier.

Tableau 7 : Information reçue par l'acheteur après la première ronde

<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité totale</b> (en milliers d'unités)
130	10
125	20
120	30
115	35
<i>112,50</i>	<i>37,5</i>
110	40
108	45
107	48

<b>Type</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix</b>
Basse densité	18,75	114,50
Haute densité	11,25	110,83
Pin gris	7,5	110
<b>Total</b>	<b>37,5</b>	<b>112,50</b>

Supposons que pour l'offreur, le prix d'équilibre soit de 92,50 \$, alors la quantité offerte et éventuellement vendue par cet offreur sera de 8 500 unités de copeaux. Le tableau 8 illustre l'information obtenue par cet offreur, incluant le nouveau couple ajouté au prix d'équilibre.

Tableau 8 : Information reçue par le vendeur après la première ronde

<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité totale</b> (en millier d'unités)
80	5
85	7
90	8
92,50	8,5
95	9
100	10

Il est à noter que le prix annoncé à l'acheteur ne sera pas le même que celui annoncé aux vendeurs. Par exemple, si deux scieries fournissent en copeaux la même papetière, les offres qu'elle leur fera à chacune seront différentes. En effet, la scierie la plus éloignée recevra une offre plus faible, les coûts de transport étant plus élevés dans son cas. Dans le cas inverse, si une scierie vend des copeaux à deux papetières, la papetière la plus éloignée aura à payer davantage.

#### Déroulement des rondes subséquentes

Une fois connues les allocations de la première ronde, acheteurs et vendeurs peuvent être intéressés à modifier leurs mises. À l'annonce du début de la seconde ronde, les agents sont

autorisés à modifier leurs barèmes de demande ou d'offre. Les acheteurs peuvent également modifier le tableau des recettes. Une ronde peut se terminer à un moment déterminé ou lorsque toutes les mises ont été reçues. Elle pourrait aussi se terminer si aucune modification aux mises n'a été enregistrée durant un délai prédéterminé.

Après la période de mise de chaque ronde, le système calcule une nouvelle matrice des prix et des quantités optimales. Chacun reçoit la nouvelle information le concernant et décide alors s'il modifie sa mise à la ronde suivante. Le processus se poursuit, les rondes se succédant tant que certains agents désirent modifier leurs mises. Il cesse lorsqu'il n'y a plus d'activité sur le marché à l'annonce des allocations (prix, quantités) d'une ronde. Un tel processus d'ajustement permet à chaque participant d'obtenir les quantités désirées même si, *a priori*, le participant ne connaît pas le montant qu'il doit miser pour obtenir ces quantités.

### 1. Modification des mises des acheteurs selon la règle d'éligibilité

Dans un processus d'enchères par rondes successives comme celui-ci, il peut être avantageux d'établir des *règles d'éligibilité* dont la fonction est de dynamiser le marché. Il s'agit en fait de règles qui poussent les participants à miser selon leurs vraies préférences le plus tôt possible et à être actifs sur le marché.

Attardons-nous à la règle d'éligibilité pour les acheteurs (demandeurs). Il serait raisonnable de penser à une règle où un acheteur qui désirerait augmenter sa mise (demander plus à certains prix) serait tenu de le faire dès la ronde suivante sous peine de ne pouvoir le faire lors des rondes subséquentes. Une telle règle permettrait d'éviter que des agents n'observent trop longtemps le marché avant d'intervenir, éternisant indûment la phase de vente.

Établissons d'abord deux restrictions générales aux modifications dans les mises d'une ronde à l'autre :

- 1- *Un agent ne peut qu'augmenter sa mise.*
- 2- *Toutefois, sa mise est limitée par une « quantité maximale d'éligibilité ».*

La première restriction implique qu'un agent ne peut qu'augmenter les quantités mises initialement. Il peut en effet les augmenter mais les nouvelles quantités ne peuvent dépasser la quantité maximale d'éligibilité. Cette quantité est initialement fixée selon la quantité maximale mise lors de la première ronde.

Pour l'acheteur dont le Tableau 7 constitue la première mise (mise à la ronde 1), la quantité maximale d'éligibilité est fixée à 48, et ce, pour tous les prix. Lors des rondes subséquentes, la quantité maximale d'éligibilité au prix d'équilibre sera modifiée et correspondra à la nouvelle quantité mise à ce prix. De plus, les quantités maximales d'éligibilité pour les prix supérieurs au prix d'équilibre correspondront au minimum entre la quantité mise au prix d'équilibre (après modification) et la quantité maximale d'éligibilité courante.

Un acheteur peut également modifier le tableau des recettes. Deux restrictions s'appliquent également à ces modifications.

- 1- *Le nouveau minimum doit être plus petit ou égal à l'ancien minimum correspondant au même type de copeaux.*
- 2- *Le nouveau maximum doit être plus grand ou égal à l'ancien maximum correspondant.*

Ainsi, les allocations précédentes sont toujours réalisables, c'est-à-dire qu'elles satisfont toujours aux nouvelles proportions minimums et maximums demandées.

Ainsi, supposons que notre acheteur représentatif désire modifier sa mise à la lumière de l'allocation qu'il obtient après la première ronde. Il peut le faire en augmentant la quantité qu'il demande au prix d'équilibre (112,50 \$), en diminuant les proportions minimums et/ou en augmentant les proportions maximums dans le tableau des recettes. Il pourrait décider de modifier ainsi sa mise pour la ronde suivante (appelons-la la Ronde 2) :

Tableau 9 : Barème de demande misé à la Ronde 2 et tableau des recettes

<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité totale (en milliers d'unités)</b>	<b>Quantité maximale d'éligibilité</b>
130	10	43
125	20	43
120	30	43
115	35	43
<i>112,50</i>	<i>43</i>	<i>43</i>
110	40	48
108	45	48
107	48	48

<b>Type de copeaux</b>	<b>Proportion minimum (%)</b>	<b>Proportion maximum (%)</b>
Basse densité	40	70
Haute densité	20	50
Pin gris	0	20
<b>Total :</b>	<b>60</b>	<b>140</b>

Notre acheteur a donc décidé d'accroître sa mise au prix d'équilibre (112,50 \$) de 5 500 unités, ce qui augmente sa quantité totale demandée à 43 000, et de diminuer la proportion minimum de copeaux de basse densité à 40%. Il est important de noter qu'il aurait pu miser jusqu'à une quantité totale de 48 000 – sa plus grande quantité demandée initialement.

La quantité maximale d'éligibilité est alors de 43 pour tous les prix supérieurs ou égaux à 112,50 \$. En choisissant de miser une quantité de 43 à 112,50 \$, l'acheteur perdra la chance d'acheter plus de 43 unités à moins que le prix ne rebaisse. Aux prix inférieurs à 112,50 \$, la quantité maximale d'éligibilité demeure inchangée.

La courbe de demande inclut donc désormais le couple (prix, quantité) (112,50, 43). L'acheteur aurait pu également augmenter sa quantité mise à n'importe quel prix, en respectant cependant la quantité maximale d'éligibilité de chaque prix. Afin de respecter la restriction énoncée précédemment, selon laquelle les courbes de demande ont nécessairement une pente négative, le système élimine automatiquement les couples qui se trouvent hors séquence, comme le couple (110, 40).

Supposons qu'au lieu de changer les quantités au prix d'équilibre, le participant change sa quantité mise au prix de 115 \$ pour la fixer à 44. La courbe de demande n'aura plus dès lors une pente négative, mais le système acceptera tout de même la mise et ajustera la quantité demandée au prix d'équilibre. On obtiendra donc, par construction, une quantité totale demandée et une quantité maximale d'éligibilité au prix de 112,50 \$ (et au prix supérieur à 112,50 \$) de 46.

Revenons au cas de l'acheteur qui révisé sa quantité au prix d'équilibre et la fixe à 43 et supposons qu'après la Ronde 2, le prix monte à 117 \$. La nouvelle information reçue par l'acheteur est la suivante :

Tableau 10 : Information reçue après la Ronde 2

<b>Prix unitaire</b>	<b>Quantité totale (en milliers d'unités)</b>	<b>Quantité maximale d'éligibilité</b>
130	10	43
125	20	43
120	30	43
117	33	43
115	35	43
112,50	43	43
108	45	48
107	48	48

<b>Type</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix</b>
Basse densité	13,2	120,50
Haute densité	13,2	116
Pin gris	6,6	112
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>117</b>

Notre acheteur obtient maintenant 33 000 unités (plutôt que 37 500 après la Ronde 1). S'il juge alors que la quantité qu'il obtient sur le marché est insuffisante, il peut accroître sa mise au nouveau prix d'équilibre ou à tout autre prix jusqu'à sa quantité maximale d'éligibilité. Supposons qu'il décide de profiter de cette occasion et d'augmenter sa mise au prix d'équilibre de 2 000 unités, ce qui porte sa mise à 35 000 unités, et qu'il décide de ne rien changer au tableau des recettes. Le tableau 10 indique la mise de cet acheteur à la Ronde 3 :

Tableau 11 : Barème de demande misé à la Ronde 3 et tableau des recettes

Prix unitaire	Quantité totale (en milliers d'unités)	Quantité maximale d'éligibilité
130	10	35
125	20	35
120	30	35
117	35	35
115	35	43
112,50	43	43
108	45	48
107	48	48

Type de copeaux	Proportion minimum (%)	Proportion maximum (%)
Basse densité	40	70
Haute densité	20	50
Pin gris	0	20
<b>Total :</b>	<b>60</b>	<b>140</b>

La ligne 115 \$ est éliminée automatiquement par le système afin que la courbe de demande demeure descendante. Il est à remarquer que le système privilégie le plus élevé des deux prix correspondant à une quantité totale de 35.

Attardons-nous enfin au dernier cas de figure possible. Supposons qu'après la Ronde 3, le prix d'équilibre soit redescendu à 108 \$, parce que l'offre, par exemple, se serait accrue plus que la demande. La quantité maximale d'éligibilité correspondante à ce prix est de 48 000 unités. À la faveur de cette baisse du prix, l'acheteur pourrait décider d'accroître ses quantités mises au nouveau prix d'équilibre (108 \$) en prévision de la Ronde 4. Il définira alors un nouveau couple (prix, quantité), par exemple (108, 46). Le tableau 11 indique la mise de notre acheteur à la Ronde 4 :

Tableau 12 : Barème de demande misé à la Ronde 4

Prix unitaire	Quantité totale (en milliers d'unités)	Quantité maximale d'éligibilité
130	10	35
125	20	35
120	30	35
117	35	35
112,50	43	43
108	46	46
107	48	48

Remarquons que la nouvelle quantité maximale d'éligibilité associée au prix d'équilibre (46 000) est sans effet sur les quantités maximales d'éligibilité aux prix supérieurs. Il en est ainsi parce que l'acheteur, lorsque le prix était de 117 \$, n'a pas cru nécessaire de miser plus de 35 000 unités. Il n'y a pas de raison valable pour que cela ait changé. Si le prix d'équilibre devait remonter au-dessus de 117 \$, la quantité maximale que l'acheteur pourrait miser serait toujours de 35 000 unités. *Ainsi, la quantité maximale d'éligibilité pour un prix d'équilibre donné est toujours inférieure ou égale aux quantités maximales d'éligibilité des prix qui lui sont inférieurs.* Ce dernier exemple illustre justement la fonction d'une règle d'éligibilité : favoriser la convergence la plus rapide possible des mises vers les vraies préférences des agents.

## 2. Modification des mises des vendeurs selon la règle d'éligibilité

*La règle d'éligibilité s'applique aux demandeurs de la même façon qu'aux offreurs, mais en sens inverse. Elle s'applique séparément pour chaque type de copeaux offert.*

Reprenons l'exemple de l'allocation reçue par le vendeur après la première ronde et supposons que celui-ci désire modifier sa mise en augmentant sa quantité offerte jusqu'à 9,5 :

Tableau 13 : Barème d'offre misé à la Ronde 2

Prix unitaire	Quantité totale (en milliers d'unités)	Quantité maximale d'éligibilité
80	5	9,5
85	7	9,5
90	8	9,5
92,50	9,5	9,5
95	9	10
100	10	10

La quantité maximale d'éligibilité devient alors de 9,5 pour tous les prix *inférieurs* ou égaux à 92,50 \$. Notons que la quantité maximale d'éligibilité pour un prix d'équilibre donné est toujours inférieure ou égale aux quantités maximales d'éligibilité des prix qui lui sont *supérieurs*.

Aussi, afin de respecter la restriction selon laquelle les courbes d'offre ont nécessairement une pente *positive*, le système élimine automatiquement le couple (95, 9) qui se trouve maintenant hors séquence.

## 2- Fonctionnement du marché compensatoire à long terme

Les pratiques courantes sur le marché actuel des copeaux s'articulent principalement autour d'ententes à long terme, c'est-à-dire d'ententes dont l'application s'étend sur une année ou plus. Les contrats à long terme entre scieries et papetières répondent surtout à la nécessité pour les papetières de stabiliser leur approvisionnement. Un mécanisme de marché pour les copeaux de bois devra tenir compte de cette réalité.

Un contrat à long terme est une promesse faite par une scierie à une papetière de livrer une certaine quantité de copeaux à un certain prix et selon un échéancier donné. Comme nous l'avons mentionné plus haut, il est essentiel que les prix négociés figurent dans les contrats à long terme pour que ceux-ci puissent s'intégrer dans le processus d'optimisation des échanges du MPO.

Pour assurer un arrimage harmonieux entre le marché à long terme et le marché à moyen terme (MPO), certains ajustements aux pratiques commerciales actuelles seront nécessaires. Ces ajustements découlent de la poursuite des deux objectifs parfois concurrents que sont l'efficacité et la continuité. Si la continuité et la stabilité du marché commandent le maintien des ententes à long terme, l'efficacité du marché, elle, demande que certains assouplissements leur soient apportés.

Nous proposons que le marché à long terme soit régi par des *contrats compensatoires*. Sous un régime de contrats compensatoires, les ententes à long terme ne portent que sur des flux financiers, par opposition aux flux réels (les échanges réels, physiques, de copeaux). Un contrat compensatoire à long terme entre une scierie et une papetière aura la forme typique d'un prix garanti pour une quantité donnée de copeaux et devra donc spécifier un prix et une quantité garantis pour des périodes correspondant aux intervalles entre les séances du MPO. Par exemple, si le MPO s'ouvre à tous les mois, une quantité et un prix devront être négociés pour chaque mois.

Ce marché à long terme s'apparente aux marchés à terme existants. Sur un marché à terme comme celui de Chicago par exemple, on négocie des contrats à terme sur une quantité donnée d'un produit. Les agents qui échangent un produit sur le marché à terme n'ont généralement pas l'intention de procéder à la transaction « physique » que stipule leur contrat. Seuls les flux financiers les intéressent. Sur le marché des contrats compensatoires à long terme pour les copeaux dont il est question ici, comme sur tout autre marché à terme, les papetières et les scieries pourront se garantir contre une évolution du prix des copeaux qui leur serait défavorable, les échanges réels demeurant toutefois déterminés par le MPO.

Les contrats compensatoires pourront être négociés selon les pratiques commerciales usuelles ou, encore, la flexibilité du marché à long terme pourra être améliorée par l'instauration de négociations assistées par des outils électroniques semblables à ceux développés pour le MPO. Un contrat compensatoire à long terme ne pourra porter que sur un seul type de copeaux (haute densité, basse densité ou pin gris). Il pourra être libellé soit en prix de vente à la scierie, soit en prix d'achat à la papetière, soit encore dans les deux prix à la fois.

Les flux réels, c'est-à-dire les échanges de copeaux, sont déterminés pour chaque mois (par hypothèse) à la clôture du MPO. Considérons, par exemple, le cas d'une scierie  $i$  et d'une papetière  $j$ , liées par un contrat compensatoire annuel, et supposons que, pour un CUT de 10 et un FAQ de 0, elles ont négocié au cours du premier mois de l'année 100 tma de copeaux à un *prix de vente à la scierie* ( $P_v$ ) de 100 \$/tma équivalant à un *prix d'achat à la papetière* ( $P_a$ ) de 110 \$/tma. Les deux entreprises participent au MPO, qui détermine alors les flux réels. Lors d'une séance du MPO, les offres et les demandes de toutes les entreprises de l'industrie sont compilées et le marché est optimisé afin de déterminer les échanges bilatéraux qui auront lieu au cours du mois. Au terme de la séance, la papetière obtient une certaine quantité de copeaux qu'elle devra payer un prix déterminé par le module d'optimisation et la scierie reçoit le mandat de livrer une certaine quantité de copeaux qui lui sera payée un montant donné.

Le mécanisme de compensation constitue donc une sorte de garantie, car quiconque obtient sur le MPO un prix désavantageux sera dédommagé par son partenaire. Exemple : si le prix de vente est de 95 \$/tma, la scierie  $i$  obtiendra 500 \$ de dédommagement, soit 5 \$ pour chacune des 100 tma pré-négociée. À l'inverse, si le prix d'achat est de 115 \$/tma, la papetière  $j$  obtiendra 5 \$ de dédommagement pour chacune des 100 tma négociée. Ces dédommagements sont indépendants du fait que la scierie  $i$  livre ou non à la papetière  $j$ . Notons que le prix d'achat de la papetière  $j$  ne doit pas être de plus de 10 \$ (le CUT entre  $i$  et  $j$ ) supérieur au prix de vente obtenu par la scierie  $i$ , sans quoi la papetière  $j$  aurait alors intérêt à acheter ses copeaux de la scierie  $i$  et rétablirait l'écart à 10 \$. Ainsi, la papetière n'aura à dédommager la scierie  $i$  que si elle obtient un prix d'achat inférieur aux 110 \$/tma négociées. De même, la scierie  $i$  ne dédommagera la papetière  $j$  que si elle obtient un prix de vente supérieur aux 100 \$/tma négociées.

Notons que peu importe la quantité effectivement échangée par l'un ou l'autre des contractants, le montant de la somme versée en compensation est calculé en fonction de la quantité négociée (la quantité qui apparaît dans le contrat). Notons également que seuls les contrats à long terme négociés sous la forme de contrats compensatoires, tel qu'établi ci-dessus, seront visés par le mécanisme de compensation du MPO. Les ententes à très long terme qui ne spécifient aucun prix ne sont tout simplement pas prises en considération par le MPO.

De manière plus générale, nous proposons les règles suivantes où  $P_{ij}^*$  est le prix négocié à la papetière et  $Q_{ij}^*$  la quantité négociée.

1) Si  $P_{aj} \leq P_{ij}^* \leq (P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij}$ , c'est-à-dire si le prix négocié par contrat compensatoire est compris entre le prix d'achat à la papetière et le prix de vente à la scierie établis par le MPO, alors aucune compensation n'est versée<sup>4</sup>. Ici, une compensation n'est pas nécessaire puisque que chacun obtient un prix au moins aussi bon que celui négocié dans le contrat à long terme. Notons qu'il est possible d'avoir  $P_{aj} < (P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij}$ , si le MPO détermine qu'il n'est pas mutuellement avantageux pour  $i$  de livrer à  $j$ .

---

<sup>4</sup> La formule mathématique  $(P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij}$  correspond à la somme du prix de vente à la scierie (pondéré par le FAQ multiplicatif si défini), du CUT et du FAQ additif (si défini), établis entre la scierie  $i$  et la papetière  $j$ . Sur le sujet, voir l'annexe 2 : module d'optimisation.

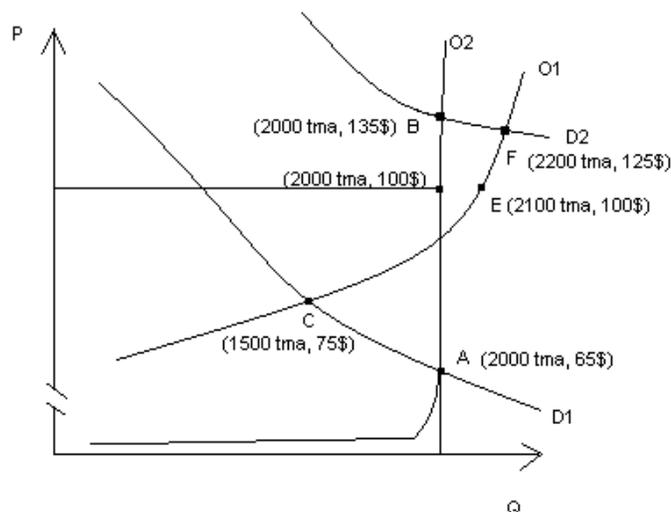
2) Si  $P_{ij}^* \leq P_{aj} \leq (P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij}$ , c'est-à-dire si le prix négocié par contrat compensatoire s'avère inférieur aux prix d'achat à la papetière et de vente à la scierie déterminés par le MPO, alors une compensation égale à  $(P_{aj} - P_{ij}^*) Q_{ij}^*$  est versée par le vendeur à l'acheteur. Ici, l'acheteur doit être dédommagé parce que le prix du MPO excède le prix négocié. Le vendeur peut verser cette compensation parce que de son côté, il obtient un prix avantageux.

3) Si  $P_{ij}^* \geq (P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij} \geq P_{aj}$ , c'est-à-dire si le prix négocié par contrat compensatoire s'avère supérieur aux prix d'achat à la papetière et de vente à la scierie déterminés par le MPO, alors une compensation égale à  $(P_{ij}^* - ((P_{vi})r_{ij} + t_{ij} + s_{ij})) Q_{ij}^*$  est versée par l'acheteur au vendeur. Ici, c'est le vendeur qui doit être dédommagé parce que le MPO lui octroie un prix inférieur au prix qui lui est garanti par le contrat. Comme la papetière obtient sur le MPO un prix inférieur au prix négocié, elle a les moyens de verser la compensation.

Notons que les règles de compensation susmentionnées garantissent à chacun au moins l'équivalent de ce qui a été négocié dans les contrats à long terme

Considérons, par exemple, le cas où un vendeur a négocié avec un acheteur un contrat à long terme qui lui garantit un prix de 100 \$/tma pour 2000 tma. Supposons que la véritable courbe d'offre du vendeur (celle qui correspond aux véritables coûts par unité supplémentaire) est donnée par l'offre O1.

Figure 1



Dans cet exemple, la scierie accepterait de vendre 2100 tma au prix de 100 \$/tma (point E).

Si la scierie soumet au MPO l'offre O2, elle s'assure le maintien du statu quo. En effet, que la demande de son interlocuteur passe par le point A (demande D1) ou par le point B (demande D2),

la quantité d'équilibre reste 2000 tma. Dans un cas, le prix est de 65 \$, dans l'autre de 135 \$, mais cela importe peu puisque les règles de compensation garantissent que le prix net pour la scierie restera de 100 \$, tel que négocié.

La scierie pourrait faire mieux que l'offre O2, en soumettant, par exemple, sa véritable courbe d'offre. Si la demande de son interlocuteur passe par le point C (1500, 75), la scierie vendra moins de copeaux. Le prix net de ses 1500 tma de copeaux sera de 100 \$/tma et de plus, la scierie obtiendra 25 \$ (100 \$-75 \$) en dédommagement des 500 tma supplémentaires négociées, mais non vendues. Pour elle, cette situation est avantageuse puisque normalement, la scierie devait livrer 500 tma supplémentaires pour chacune desquelles elle n'obtenait que 75 \$ de plus, ce qui est sous les coûts de production. Si la demande de l'acheteur passe par le point F, la scierie est aussi gagnante. Elle vend 2000 tma à 100 \$ chacune, mais aussi 200 tma supplémentaires à 125 \$, soit à un prix supérieur au coût de production.

Ainsi la règle de compensation et le mécanisme de renégociation du MPO offrent une procédure garantissant :

- à chaque agent au moins l'équivalent de ce qui est négocié dans le contrat à long terme;
- à tous les agents la possibilité, le cas échéant, de découvrir et d'exploiter les gains à l'échange non exploités.

### 3- Fonctionnement du marché *spot*

Le marché « *spot* » (ou marché à court terme) est un instrument qui permet aux scieries de liquider leurs surplus et aux papetières de se procurer au besoin une quantité supplémentaire de copeaux. Un plafond sera cependant fixé en fonction du pourcentage maximum des quantités achetées ou offertes sur le marché périodique optimisé afin de maintenir le maximum de copeaux disponibles et d'assurer ainsi l'efficacité du marché périodique optimisé. Les copeaux échangés sur le marché *spot* doivent être livrés au cours de la période séparant la dernière séance du marché périodique optimisé de la suivante.

Ce marché peut, tout comme le marché périodique optimisé, fonctionner grâce à un système d'enchères électronique. Dans ce cas, on installe un babillard électronique par l'intermédiaire duquel chaque participant amorce une vente aux enchères pour vendre ou acheter des copeaux. Une offre d'achat ou de vente précise le type de copeaux, le prix plancher ou plafond, la quantité, le type d'enchère utilisé et la date et l'heure du début et de la fin de la vente, tandis qu'une mise doit spécifier un prix et une quantité. Les exigences techniques, les CUT et les FAQ révélés lors de la dernière séance du marché périodique optimisé sont considérés comme étant les mêmes et seront utilisés pour faire la conversion entre les prix de vente à la scierie et les prix d'achat à la papetière.

Le marché peut également être anonyme ou nominal, c'est-à-dire que les offres de vente ou d'achat pourraient être identifiées ou non de même que les mises gagnantes. Dans un marché anonyme, les participants ne connaissent pas l'identité des offreurs. Toutes les informations, soit les CUT et les FAQ, sont transmises à travers un filtre. Par exemple, pour une offre de vente, le prix affiché est le prix d'achat à la papetière, transport et facteur d'ajustement pour la qualité inclus. Pour une offre d'achat, le prix affiché sera le prix de vente à l'usine de sciage, transport et facteur d'ajustement pour la qualité exclus.

Le marché *spot* est un marché décentralisé. Il y a donc plusieurs ventes aux enchères qui peuvent se dérouler en même temps. Néanmoins, toutes les ventes pourraient se dérouler, comme dans le cas du marché périodique optimisé, dans un site virtuel commun où toutes les ventes aux enchères du marché *spot* seraient annoncées.

Plusieurs types de vente aux enchères peuvent être utilisés. Le marché pourrait offrir aux participants qui soumettent une offre de vente ou d'achat la possibilité de choisir le type de vente aux enchères qu'ils désirent utiliser. Le marché doit cependant être clair et bien spécifier les règles de chaque type de vente aux enchères ainsi que les règles de priorité des mises.

Voici un exemple de mécanisme qui pourrait être utilisé. Il s'agit des ventes aux enchères simultanées multi-unitaires ouvertes discriminantes. On appelle ces ventes aux enchères simultanées multi-unitaires parce que plusieurs unités d'un même bien, notamment des copeaux de bois, sont vendues ou achetées en même temps. Les ventes sont également qualifiées d'ouvertes parce les mises sont rendues publiques au fur et à mesure qu'elles sont faites, contrairement aux ventes aux enchères fermées où aucune information n'est donnée aux

participants avant la fin de la période de mise. Aussi, lors d'une vente aux enchères ouverte, les participants peuvent modifier leur mise au besoin, selon les mises des autres participants. Finalement, la dernière caractéristique porte sur le prix payé par le ou les gagnants. On dit qu'une vente aux enchères est discriminante ou du premier prix lorsque le ou les gagnants paient le montant de leur mise. À l'opposé, on dit qu'une vente aux enchères est non-discriminante ou du second prix lorsque le ou les gagnants paient seulement le montant de la plus haute mise rejetée ou de la plus basse mise acceptée.

Onsale, le plus important et le plus complexe des sites offrant de la marchandise sur le Web par le biais de ventes aux enchères, utilise des algorithmes d'enchères simultanées ouvertes discriminantes et non discriminantes. Les enchères peuvent durer de quelques minutes à quelques jours. Des *règles de priorités* pour classer les mises (règles de prix, de quantité, de temps, etc.) sont fixées, ainsi qu'une *règle de fin d'enchère*. Pour une offre de vente, les mises sont classées d'abord par ordre décroissant de prix, puis de quantité et, finalement, par ordre chronologique (de la plus ancienne à la plus récente). Pour une offre d'achat, les mises sont classées d'abord par ordre croissant de prix, puis par ordre décroissant de quantité et finalement par ordre chronologique (de la plus ancienne à la plus récente). Aussi, la vente se termine si aucune mise n'a été reçue cinq minutes avant un moment fixé d'avance, sinon elle continue et se termine cinq minutes après réception de la dernière mise. Les gagnants sont ceux qui font la meilleure offre (prix de vente le plus élevé dans le cas d'une scierie, prix d'achat le plus bas dans le cas d'une papetière). Les quantités sont réparties entre les gagnants selon l'ordre de priorité. Il peut donc arriver qu'un gagnant ne reçoive pas la quantité qu'il a demandée, mais une quantité inférieure correspondant à la quantité résiduelle de l'offre de vente ou d'achat.

Voyons maintenant de façon plus concrète comment fonctionne le marché *spot* selon qu'il est nominal ou anonyme.

## **Marché *spot* nominal**

### Offre d'achat

Supposons que la papetière j veuille faire une offre d'achat. Elle remplit alors un formulaire afin de fournir les informations nécessaires, soit le prix maximum qu'elle est prête à payer (prix d'achat à la papetière), la quantité demandée, le type de copeaux désiré, le type d'enchère, la date et l'heure de la fin de l'enchère. Une vente aux enchères est alors organisée entre les scieries intéressées.

Supposons que la scierie i désire participer. Elle aura alors accès aux informations contenues dans l'offre d'achat et connaîtra l'identité de la papetière qui les a fournies. Elle pourra également connaître l'état du marché, c'est-à-dire la ou les mises gagnantes jusqu'à maintenant (prix, quantité, ainsi que les date et heure auxquelles la mise a été placée) de même que l'identité des gagnants. Les mises sont classées selon l'ordre de priorité décrit précédemment (Pa croissants).

Étant donné que l'identité de la papetière est révélée, la scierie connaît le CUT et le FAQ associés à cette papetière. Elle peut donc facilement convertir le prix d'achat annoncé par la papetière en prix de vente à l'aide de la formule suivante :

$$(1) \quad Pa_j = Pv_i + t_{ij} + s_{ij} .$$

Elle peut également calculer facilement le prix de vente qu'elle doit offrir pour battre les mises concurrentes. Supposons que  $Pa_1$  est le prix d'achat de la mise gagnante. Le prix de vente que la scierie  $i$  doit offrir pour battre cette mise sera donc le suivant :

$$(2) \quad Pv_i < Pa_1 - t_{ij} - s_{ij} .$$

### Offre de vente

Supposons maintenant que la scierie  $i$  veuille faire une offre de vente. Tout comme la papetière dans le cas d'une offre d'achat, elle doit remplir un formulaire afin de fournir les informations nécessaires à la vente, soit le prix minimum qu'elle est prête à accepter (prix de vente à la scierie), la quantité offerte, le type de copeaux, le type d'enchère, la date et l'heure de la fin de l'enchère. Une vente aux enchères est alors organisée entre les papetières intéressées.

Supposons que la papetière  $j$  désire participer. Comme la scierie dans le cas d'une offre d'achat, elle aura alors accès aux informations contenues dans l'offre de vente et connaîtra l'identité de la scierie qui les aura fournies. Elle pourra également connaître l'état du marché, c'est-à-dire la ou les mises gagnantes jusqu'à maintenant (prix, quantité, date et heure auxquelles la mise a été placée) de même que l'identité des gagnants. Les mises sont cette fois classées par ordre de priorité ( $Pv$  décroissants).

Toujours à l'aide de la même formule (formule 1), le prix de vente annoncé peut facilement être converti par la papetière en prix d'achat. De même, le prix d'achat que la papetière  $j$  doit offrir pour pouvoir battre la mise existante se calcule de la manière suivante :

$$Pa_j > Pv_1 + t_{ij} + s_{ij}$$

où  $Pv_1$  est le prix de vente de la mise gagnante.

### **Marché *spot* anonyme**

Dans le marché anonyme, l'identité de la papetière ou de la scierie qui amorce une vente aux enchères comme celle des participants à la vente reste secrète, car les prix sont divulgués à travers un filtre qui préserve l'anonymat de chacun.

### Offre d'achat

La papetière j désirant faire une offre d'achat doit fournir les mêmes informations que dans le marché nominal, sauf son identité bien sûr. Dans ce cas-ci cependant, le prix maximal fixé par la papetière est converti automatiquement en prix de vente selon la formule suivante :

$$Pv_i = Pa_j - t_{ij} - s_{ij}$$

où  $Pa_j$  est le prix d'achat maximum annoncé dans l'offre d'achat.

Le montant des mises gagnantes est également converti automatiquement en prix de vente que la scierie peut interpréter directement comme étant les prix à battre. Par exemple, supposons que la scierie k a fait la meilleure mise (a offert le plus bas prix d'achat à la papetière j), alors le prix de vente révélé à la scierie i,  $Pv1$ , sera calculé de la manière suivante :

$$Pv1 = Pa1 - t_{ij} - s_{ij}$$

où  $Pa1 = Pv_k + t_{kj} + s_{kj}$ .

### Offre de vente

Supposons que la scierie i fait une offre de vente. Une fois de plus, les informations fournies par la scierie sont les mêmes que dans le marché nominal. Tout comme pour les offres d'achat, ce sont les informations révélées aux papetières qui sont différentes. L'identité de la scierie qui fait l'offre de vente n'est pas révélée aux papetières et le montant minimum de l'offre de vente est converti automatiquement en prix d'achat pour les papetières afin de préserver l'anonymat de la scierie. En effet, pour la papetière j, le prix d'achat minimum révélé est :

$$Pa_j = Pv_i + t_{ij} + s_{ij}$$

où  $Pv_i$  est le prix de vente minimum annoncé dans l'offre de vente.

Le montant des mises gagnantes est également transformé automatiquement en prix d'achat que la papetière peut interpréter directement comme étant les prix à battre. Par exemple, supposons que la papetière n a fait la meilleure mise (a offert le prix de vente à la scierie i le plus élevé), alors le prix d'achat révélé à la papetière j,  $Pa1$ , sera calculé de la manière suivante :

$$Pa1 = Pv1 + t_{ij} + s_{ij}$$

où  $Pv1 = Pa_n - t_{in} - s_{in}$ .

Illustrons maintenant ces propos à l'aide d'un exemple. Supposons que la scierie  $i$  a un surplus de copeaux à vendre. Elle fait alors une offre de vente sur le marché *spot* anonyme. Supposons que l'offre de vente porte sur 10 tma de copeaux de basse densité, offertes à un prix minimum  $Pv_i = 100$  \$/tma. Deux papetières sont intéressées par ces copeaux. La première, la papetière  $j$ , est située très près de la scierie  $i$ , d'où  $t_{ij} = 10$  \$/tma et ses exigences techniques correspondent à un  $s_{ij} = +5$  \$/tma. La deuxième, la papetière  $k$ , est située plus loin de la scierie  $i$ , mais ses exigences techniques sont moins élevées, d'où  $t_{ik} = 25$  \$/tma et  $s_{ik} = -5$  \$/tma. Supposons que la papetière  $j$  veut faire une mise. Elle doit offrir au minimum

$$Pa_j = Pv_i + t_{ij} + s_{ij} = 100 + 10 + 5 = 115 \text{ \$/tma.}$$

Supposons qu'elle offre 120 \$/tma pour les 10 tma de copeaux que la scierie  $i$  offre. La scierie  $i$  obtiendra alors un prix de vente égal à

$$Pv_1 = Pa_j - t_{ij} - s_{ij} = 120 - 10 - 5 = 105 \text{ \$/tma.}$$

La papetière  $k$  qui désire aussi faire une mise se trouve alors dans la situation suivante. Elle devait initialement offrir au minimum

$$Pa_k = Pv_i + t_{ik} + s_{ik} = 100 + 25 - 5 = 120 \text{ \$/tma.}$$

Puisque la papetière  $j$  a déjà fait une offre, la papetière  $k$  se trouve maintenant dans l'obligation de faire une offre supérieure à

$$Pa_k = Pv_1 + t_{ik} + s_{ik} = 105 + 25 - 5 = 125 \text{ \$/tma.}$$

Supposons qu'à la fin de la vente aux enchères, la papetière  $j$  offre 120 \$/tma pour 5 tma de copeaux et la papetière  $k$ , 122 \$/tma pour 10 tma de copeaux. Les prix de vente obtenus par la scierie  $i$  sont donc de 105 \$/tma pour la papetière  $j$  et de  $122 - 25 + 5 = 102$  \$/tma. La papetière  $j$  dont l'offre est la plus élevée obtiendra donc les 5 tma de copeaux qu'elle a demandées tandis que la papetière  $k$ , dont l'offre est inférieure, obtiendra les quantités résiduelles, soit 5 tma.

### **Partie III : Questions fréquemment posées**

***- Comment se passera la transition entre le marché actuel et le marché électronique intelligent des copeaux? Que deviendront les contrats à long terme existants?***

Une période de formation précédera la mise en place du marché. Au cours de cette période, les participants se familiariseront avec le système lors de séances organisées spécialement dans ce but. Ils pourront alors apprendre à développer des stratégies et à évaluer les effets des informations fournies par les différents agents du marché sur les prix et les quantités échangées.

Ensuite, lorsque le marché électronique intelligent des copeaux remplacera le marché existant, les contrats à long terme existants pourront être remplacés par les contrats compensatoires échangés sur le marché à long terme. Les contrats à long terme existants peuvent aussi se traduire par des ententes sur les facteurs d'ajustement pour la qualité. Toutes les solutions sont possibles. L'industrie devra se concerter et décider elle-même quelle solution adopter.

***- Est-ce que les relations privilégiées entre une papetière et une scierie sont encore possibles?***

Oui, il est encore possible pour les papeteries et scieries d'entretenir des relations privilégiées. Le marché des contrats à long terme permet aux participants qui le désirent de maintenir entre eux des relations à long terme et même d'en créer de nouvelles. De même, dans la phase 3 de la pré-vente, les papeteries et les scieries peuvent négocier les facteurs d'ajustement pour la qualité (FAQ). Ainsi, une papetière peut entretenir des relations privilégiées avec une scierie ou plusieurs scieries afin que celles-ci lui offrent un meilleur FAQ. De même, une scierie peut offrir de meilleurs FAQ à une ou des papeteries particulières avec lesquelles elle entretient de bonnes relations. Tout ceci afin de favoriser les échanges entre eux.

***- Quelle est la relation entre le prix du bois de sciage et le prix des copeaux sur le marché électronique intelligent des copeaux?***

Lorsque le prix du bois de sciage est élevé, alors les scieries fonctionnent au maximum et produisent plus de copeaux. L'offre de copeaux se trouve donc momentanément augmentée et si la demande reste stable, il est à prévoir que le prix des copeaux sur le MPO va baisser. Inversement, si le prix du bois de sciage est bas, les scieries produiront moins de copeaux et si la demande reste stable, cela entraînera une hausse du prix des copeaux sur le MPO. Le prix s'ajustera donc afin d'égaliser l'offre et la demande. Ces ajustements sont normaux et nécessaires pour assurer un fonctionnement efficace de l'industrie. C'est pourquoi il est important que le mécanisme de fixation des prix soit flexible.

***- Comment le MPO peut-il assurer une allocation au moins aussi avantageuse pour tous les participants que celle spécifiée dans les contrats de long terme?***

Le mécanisme de compensation des contrats à long terme proposés dans le cadre du MPO a été conçu de manière à ce que les échanges déterminés au terme d'une séance du MPO soient toujours au moins aussi avantageux pour tous que les termes des contrats. Une explication relativement technique du mécanisme est donnée à la section 2 (marché compensatoire à long terme) de la partie II du présent document et des exemples sont donnés.

L'idée essentielle est que, si un participant le désire, il peut s'assurer d'obtenir au moins l'équivalent du contrat pré-négocié, c'est-à-dire qu'il existe une stratégie qui garantit, quel que soit l'état du marché, au moins le statu quo. On peut néanmoins montrer que cette stratégie n'est pas la stratégie optimale pour les participants. Il existe des stratégies qui sont toujours au moins aussi bonnes (et dans la plupart des cas supérieures).

Le MPO permet donc aux participants, vendeurs ou acheteurs, d'améliorer leurs bénéfices par rapport aux ententes à long terme. D'où viennent ces bénéfices? Comment est-il possible que tous profitent du système?

N'oublions pas que le MPO cherche à maximiser les profits de l'ensemble de l'industrie. Si les quantités pré-négociées ne correspondent pas aux quantités optimales, il est possible d'aller chercher des bénéfices supplémentaires. Si les flux d'échange pré-négociés ne correspondent pas aux flux permettant de réduire les coûts de transport, d'autres bénéfices sont possibles. Le MPO identifie ces bénéfices et les redistribue aux participants.

***- À l'heure actuelle, une certaine quantité de copeaux invendus se retrouve au sol. Est-ce qu'un marché électronique intelligent réglerait le problème des « tas de copeaux », des surplus?***

Les surplus de copeaux enregistrés sont, en partie du moins, la conséquence de la rigidité qui caractérise actuellement le marché des copeaux. Cette rigidité provient de ce que les échanges sont régis par des ententes à long terme dont la renégociation porte généralement préjudice à l'une des parties. Dans la situation actuelle, une scierie qui invite ses partenaires à acheter plus de copeaux risque de voir le prix négocié dans le contrat de long terme renégocié à la baisse et rien ne lui garantira qu'il remontera une fois les surplus éliminés. Il est donc peu profitable aux scieries de mettre sur le marché leurs surplus de copeaux.

Le MPO propose en quelque sorte un outil objectif de renégociation des contrats à long terme. Le marché des contrats compensatoires à long terme est conçu de sorte que les parties ne soient pas empêchées de transiger avec d'autres partenaires si des profits supplémentaires peuvent être ainsi exploités. S'il est dans l'intérêt de l'une des parties, ou des deux, de ne pas exécuter les termes d'un contrat compensatoire et de transiger avec un tiers, le MPO le signale et verse les compensations prévues afin que les deux parties atteignent au moins le niveau de profit correspondant aux termes du contrat.

Le MPO garantit le prix négocié dans le contrat à long terme pour l'équivalent des quantités pré-négociées. Le MPO permet à une scierie de vendre toute quantité supplémentaire à un nouveau

prix d'équilibre. Cette quantité supplémentaire sera écoulee sur le marché à l'acheteur le plus offrant compte tenu des coûts de transport et des exigences techniques. Plus tard, si les surplus se résorbent, le MPO fixera de nouveaux prix en fonction de l'offre et de la demande du moment, tout en garantissant les prix négociés pour le long terme. Les incitations prévues par le MPO sont donc différentes de celles du système actuel et favorisent les réajustements temporaires du marché.

Le mécanisme de marché proposé a donc été conçu de manière à limiter l'accumulation de surplus, à éviter que les copeaux n'aboutissent au sol. L'objectif du mécanisme proposé est de prévenir les éventuels surplus de copeaux. Une scierie qui doit fournir à la papetière avec laquelle il est lié par un contrat à long terme une quantité de copeaux inférieure à sa production prévue peut tenter de vendre ses surplus de copeaux sur le MPO. Le MPO permet au vendeur de connaître exactement la quantité de copeaux qu'il doit livrer au cours de la période couverte : le vendeur est alors en mesure de mieux planifier sa production et d'éviter ainsi l'accumulation de copeaux non désirés. Finalement, si les contrats à long terme, le MPO et une meilleure planification n'ont pas réussi à éliminer tous les surplus, le vendeur peut toujours tenter de vendre ses copeaux sur le marché *spot*.

Une autre solution qui pourrait être envisagée pour résoudre le problème des « tas de copeaux » serait d'ouvrir un marché spécifique. En effet, certaines papetières, pour diverses raisons, désirent parfois acheter des copeaux moins « frais ». La proposition actuelle limite à trois le nombre de types de copeaux échangés sur le marché, mais l'industrie pourrait très bien considérer les « copeaux au sol » comme un type à part entière de copeaux (au même titre que la haute densité, la basse densité et le pin gris). Cette solution ne garantit toutefois pas que les copeaux se vendront mieux puisqu'ils sont abîmés et que la demande de ce type de copeaux est très faible.

Enfin, il serait éventuellement possible d'imaginer des séances du MPO ouvertes aux entreprises étrangères. L'exportation pourrait donc être considérée comme une autre piste de solution au problème des « tas de copeaux ». En période d'abondance de la production, les prix ont tendance à évoluer à la baisse. Ces bas prix auraient pour effet d'attirer des acheteurs étrangers sur le marché québécois. Cette demande supplémentaire permettrait d'écouler les surplus tout en soutenant dans une certaine mesure le prix du produit.

***- Qu'arrivera-t-il entre les séances du marché périodique optimisé si une scierie désire vendre une certaine quantité de copeaux ou si une papetière désire acheter une quantité supplémentaire de copeaux?***

Il y aura le marché *spot* si bien que les papetières et les scieries pourront acheter ou vendre un certain pourcentage de leurs copeaux. Ce pourcentage servira de plafond permettant d'assurer la densité nécessaire au bon fonctionnement du marché périodique optimisé. Le marché *spot* est un marché qui permet aux participants de s'ajuster aux imprévus qui peuvent survenir au cours de cette période.

***- La collusion entre participants est-elle possible? Comment l'éviter?***

Il existe des lois contre ce genre d'activité. Au-delà de cette protection légale, nous croyons que les possibilités de collusion dans un tel système restent très faibles. En effet, durant l'étape de la vente, le marché étant anonyme, il est très difficile de respecter et de faire respecter des ententes conclues préalablement avec d'autres participants. Les participants n'ont que quelques minutes pour dire s'ils ont obtenu la quantité désirée et sinon, quelle quantité ils désirent. Ils n'ont de plus aucune assurance que les autres respecteront leurs engagements et ne pourront pas savoir après la vente si les autres ont triché ou non. Dans ces conditions, une collusion entre les participants est hautement improbable et, à vrai dire, pratiquement impossible.

***- Est-ce que le système permet une forme de discrimination et si oui, laquelle?***

Les papetières et les scieries peuvent en effet pratiquer une forme de discrimination les unes envers les autres, mais cette discrimination ne peut être que « positive »

Une papetière peut favoriser une scierie en annonçant un coût unitaire de transport (CUT) très faible ou même nul entre elle et la scierie. Une papetière intégrée, par exemple, pourrait procéder de la sorte afin de favoriser sa propre scierie mais, cette stratégie n'ayant pas d'effet sur le prix du marché, elle se priverait le plus souvent des possibilités d'achat qui pourraient se présenter à elle. Si l'échange entre une papetière et une scierie est optimal, alors le MPO le déterminera sinon le MPO trouvera un échange plus avantageux pour l'entreprise intégrée. Si au contraire une papetière désire ne pas faire affaire avec une scierie particulière, le seul moyen pour elle de l'exclure est d'abaisser les CUT entre elle et toutes les autres scieries. Cette mesure est possible, mais s'avère très coûteuse pour les papetières.

Les scieries peuvent quant à elles désavantager une papetière non seulement en abaissant le CUT entre elle et la papetière, mais également en fixant un facteur d'ajustement pour la qualité (FAQ) qui favorisera la papetière. De la même façon que pour les papetières, une scierie qui désire désavantager une papetière en particulier doit abaisser les CUT et les FAQ de toutes les autres papetières. Autrement dit, elle doit avantager toutes les autres papetières. Une fois de plus, cette stratégie, si elle est possible, est peu probable, étant donné les coûts élevés qui y sont associés.

***- Quand le marché est-il anonyme?***

L'étape 1, c'est-à-dire la pré-vente, n'est pas anonyme. En effet, lors de l'annonce des exigences techniques à la phase 1 de la pré-vente, chaque scierie prend connaissance des exigences techniques de chaque papetière. De même, lors de la phase 2 de la pré-vente, les scieries annoncent à leur tour les facteurs d'ajustement pour la qualité (FAQ). Les papetières prennent connaissance lors de la phase 3 des FAQ de chaque scierie en réponse à leurs exigences techniques. On révèle également aux vendeurs, aux acheteurs et aux éventuels transporteurs, lors de la phase 3, les informations contenues dans la matrice des transport pour procéder à la vente aux enchères.

C'est à l'étape 2 que le marché devient anonyme. Les participants révèlent leur barème d'offre et de demande et reçoivent les prix et quantités d'équilibre. Tout au long de ce processus, les participants ne savent pas avec qui ils échangeront leurs copeaux. Ce n'est qu'à l'étape 3, lors de l'après-vente, que les relations bilatérales entre les participants sont révélées.

***- Qu'arrive-t-il en cas de manquement de la part d'une papetière ou d'une scierie?***

Les pénalités en cas de non-respect des exigences d'une papetière quant à la qualité des copeaux ont été annoncées lors de la phase 1 de la pré-vente. Lorsqu'une scierie ne respecte pas ses engagements envers une papetière, elle doit la dédommager de la façon qui a préalablement été établie par l'industrie. De même, une papetière qui ne respecte pas ses engagements envers une ou plusieurs scieries doit la ou les dédommager.

Les cas de force majeure (comme les fermetures d'usine pour feux, grève des employés, etc.) devraient également faire l'objet de discussions et éventuellement d'une entente entre papeteries et scieries sur les moyens employés pour pénaliser justement les entreprises qui sont prises en défaut.

***- Est-ce que tous les copeaux seront vendus sur le marché intelligent des copeaux?***

Pour qu'il soit réellement efficace, le marché intelligent des copeaux devrait idéalement regrouper tous les copeaux de type SÉPM (sapin, épinette, pin et mélèze) fabriqués au Québec. Il s'agit d'un souhait, non d'une condition essentielle.

***- Comment devrait-on fixer la périodicité du marché optimisé?***

La périodicité du marché optimisé a été fixée à un mois. Elle pourrait cependant être fixée à un intervalle plus court ou plus long. Il est important que la périodicité choisie ne soit pas trop longue pour que, durant cette période, les participants puissent planifier leur offre et leur demande. Des ajustements sont cependant toujours possibles sur le marché *spot*. Une périodicité plus longue permet quant à elle de diminuer les coûts associés à l'utilisation du système de marché intelligent. Elle permet également d'assurer l'approvisionnement pendant une période plus longue. Cet avantage est cependant repris par le marché à plus long terme des contrats compensatoires.

***- Est-ce que n'importe quel transporteur a le droit de participer à la vente aux enchères portant sur les coûts unitaires de transport (CUT) qui se déroule lors de la phase 3 de la pré-vente?***

Il est possible, si l'industrie le désire, de limiter la participation à la vente aux enchères des CUT à des transporteurs agréés. Ceux-ci pourraient obtenir l'accréditation s'ils répondent à certains critères qui auraient été préalablement choisis dans le cadre de discussion et d'une entente au sein de l'industrie. Cette mesure pourrait empêcher certains transporteurs indésirables de s'immiscer dans le marché.

***- Qui paie pour le système?***

Un système comme le marché intelligent des copeaux demande un certain investissement initial. Un tel investissement est nécessaire afin de mettre en place la technologie nécessaire (réseaux de communication, ordinateurs, logiciel de marché intelligent, etc.) et devrait provenir des principaux intéressés par l'industrie.

Par la suite, les frais relatifs à l'utilisation d'un tel système sont minimes en comparaison de la valeur totale des biens échangés grâce à lui. Ils sont de l'ordre de dixièmes de points de pourcentage. Par exemple, les frais annuels d'utilisation de l'Encan Électronique du Porc ne représentaient en 1994 que 0,3191% de la valeur totale de tous les porcs ayant été vendus aux abattoirs par l'intermédiaire de ce système.

***- Le nombre de types de copeaux est-il limité à trois? D'autres types de copeaux pourront-ils éventuellement se transiger sur le MPO?***

Aux fins de la présente proposition, nous avons choisi de diviser les copeaux en trois types : les copeaux de haute densité, de basse densité et les copeaux de pin gris. Il est toutefois possible d'imaginer d'autres types de copeaux : la planure, la sciure, les copeaux de feuillus, les copeaux au sol, etc. Le logiciel qui a été conçu pour supporter le MPO est un logiciel générique : des modifications pourront facilement y être apportées au besoin.

***- Est-ce que les grandes entreprises intégrées pourront manipuler le marché plus facilement qu'actuellement?***

Dès qu'il s'agit de tirer les ficelles d'un marché donné, les gros joueurs disposent de plus de moyens que les petits. Ceci est d'autant plus vrai lorsque des entreprises intégrées sont en mesure d'intervenir à la fois sur l'offre et sur la demande d'un produit. La présence de gros joueurs fait partie de la réalité actuelle du marché des copeaux et elle le demeurera dans un marché électronique intelligent. Il est toutefois clair que l'introduction d'un tel mécanisme de marché aura pour effet de stimuler la concurrence et ainsi de réduire dans une certaine mesure l'emprise des plus gros joueurs. Le système a d'ailleurs été bâti de manière à assurer une participation avantageuse pour tous, les gros comme les petits.

Il est important de réaliser que la manipulation d'un marché favorise en bout de ligne soit les demandeurs, soit les offreurs. Les entreprises intégrées (les papetières possédant leurs propres scieries) sont, par définition, à la fois demandeurs et offreurs sur le marché des copeaux. Ils sont rarement d'importants acheteurs ou vendeurs *nets*. Qu'il s'agisse de faire monter ou baisser le prix, l'intérêt d'un joueur qui achète presque autant qu'il ne vend sur le marché, ou vice versa, est de toute évidence très limité.

***- Comment une scierie qui juge qu'elle n'a pas les moyens d'acheminer la marchandise vers une papetière en particulier pourra-t-elle s'y prendre pour éviter que le MPO ne l'y oblige?***

Considérons l'exemple d'une papetière qui ne désire recevoir ses copeaux que par chemin de fer. Comment une scierie qui n'est pas adéquatement équipée pour livrer par ce moyen de transport

pourra-t-elle communiquer cette information au MPO? Le MPO ne demande pas aux participants de spécifier le moyen de transport privilégié. Seuls les coûts sont importants du point de vue de l'optimisation des échanges. Par contre, si une scierie, par exemple, ne désire pas livrer par chemin de fer, elle pourra annoncer un CUT initial arbitrairement élevé pour les papetières exigeant une livraison par train. Si le CUT entre une scierie et une papetière est très élevé, l'optimisation des échanges par le MPO fera en sorte que ces entreprises ne transigeront entre elles.

À la phase 3 de la pré-vente, les papetières ou des transporteurs peuvent annoncer sur un tronçon un CUT plus faible que celui qui avait été initialement annoncé par une scierie. En misant un CUT plus faible, une papetière s'engage alors à assumer le transport et ses coûts sur le tronçon en question. Les échanges entre cette papetière et cette scierie deviennent alors possibles, mais la scierie n'a pas à se préoccuper du transport de la production.

## **Annexe 1 : Lexique**

**Acheteur** : unité d'achat (une usine de pâtes et papier) qui a des exigences et une localisation données. Chacune des usines de pâtes et papier que possède une papetière constitue un acheteur distinct.

**Vendeur** : unité (une scierie) qui a une localisation précise. Chacune des usines de sciage que possède une papetière constitue un vendeur distinct.

**Transporteur** : un transporteur est tout agent qui n'est ni un acheteur ni un vendeur et qui accepte d'assumer le transport des copeaux sur certains tronçons.

**Unité** : une tonne métrique anhydre (tma) de copeaux.

**Prix d'achat à la papetière (Pa)** : prix unitaire payé par la papetière, incluant les coûts de transport.

**Prix de vente à la scierie (Pv)** : prix unitaire reçu par la scierie, excluant les coûts de transport.

**Coût unitaire de transport (CUT)** : coût de transport d'une unité sur un tronçon donné, c'est-à-dire entre une scierie et une usine (entre un vendeur et un acheteur). Par construction, le CUT est la différence entre le prix d'achat à la papeterie et le prix de vente à la scierie.

**Matrice de transport** : tableau qui présente les CUT entre chaque acheteur et chaque vendeur.

**Exigences techniques** : recueil des prescriptions de chacun des acheteurs en matière de qualité des copeaux (humidité, dimension et autres caractéristiques des copeaux, excluant le type d'essence). Les recueils devront notamment spécifier les besoins journaliers et les pénalités imposées aux vendeurs en cas de non-respect des exigences de qualité et des besoins journaliers. Ces prescriptions s'appliquent à toutes les scieries, quels que soient leur provenance et le type d'essence des copeaux offerts.

**Type de copeaux** : nous avons défini trois types de copeaux selon leur essence, soit les copeaux de basse densité, les copeaux de haute densité et les copeaux de type pin gris.

**Copeaux de référence** : copeaux répondant aux exigences techniques réputées correspondre à un standard de référence reconnu par l'industrie. Aucune firme n'est contrainte de produire des copeaux de référence, chacune pouvant définir ses propres prescriptions en matière de qualité des copeaux.

**Facteurs d'ajustement de la qualité (FAQ)** : indice calculé et fourni par les vendeurs pour tenir compte des variations de coût découlant de la production des copeaux qui ne correspondent pas à

la qualité « de référence » définie précédemment. Le mécanisme proposé admet deux types de facteurs d'ajustement de la qualité : une scierie peut utiliser des FAQ additifs et/ou multiplicatifs.

Par exemple, une scierie associe un FAQ additif de 0 à une unité de copeaux de référence. S'il en coûte plus cher à une scierie pour produire une unité de copeaux d'une qualité supérieure au standard de l'industrie, elle associera à cette qualité de copeaux un FAQ additif supérieur à 0 (+ 5, par exemple). Symétriquement, un FAQ additif de - 4 fera référence à des copeaux destinés à un acheteur dont les exigences techniques sont inférieures au standard de l'industrie. Bien que plus d'une interprétation d'un tel indice soit imaginable (cf. annexe 2), nous nous en tiendrons pour les fins de l'exposé à la plus intuitive. Une scierie qui associe à une qualité de copeaux un FAQ additif de + 5 révèle qu'elle demande une prime de 5 \$ par unité de copeaux, par rapport à la production de copeaux « de référence », pour la production de ce type de copeaux. De même, si le coût unitaire de production de copeaux « de référence » pour une scierie donnée est de 70 \$, mais qu'elle estime qu'elle peut satisfaire aux prescriptions d'un acheteur donné en matière de qualité de copeaux pour un coût moindre, par exemple 60 \$ l'unité, elle associera à cette qualité de copeaux un FAQ additif de - 10.

Par ailleurs, une scierie associe un FAQ multiplicatif de 1 à une unité de copeaux de référence. Pour une unité de copeaux dont le coût de production est plus élevé, elle associera un FAQ multiplicatif supérieur à 1 (1,2 par exemple). L'interprétation de ce coefficient est que pour produire 1 tma de la qualité supérieure, il en coûte l'équivalent de 1,2 tma de copeaux de référence.

Il est évident que la détermination des FAQ par les scieries dépendra souvent davantage d'une interprétation subjective de leurs coûts de productions que de leurs coûts réels. En ce sens, un FAQ peut être interprété comme une prime (positive ou négative) chargée par une scierie à une papetière dont les exigences divergent des copeaux de « référence ».

**Matrice technique** : tableau qui présente les FAQ établis par chaque vendeur pour répondre aux exigences techniques de chaque acheteur.

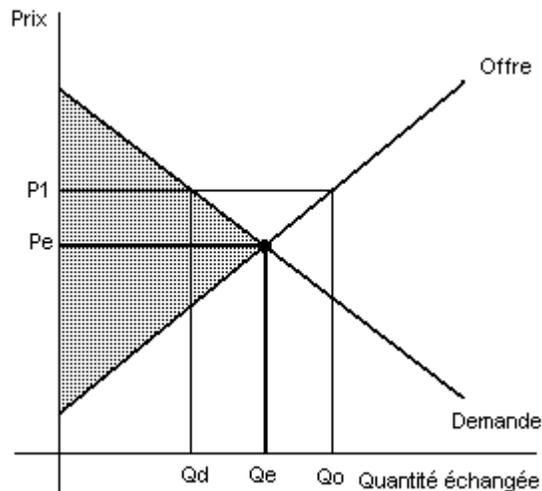
**Contrat compensatoire** : contrat portant sur un seul type de copeaux assurant aux deux parties une compensation au « perdant » sur les quantités négociées si le prix diffère de celui négocié. Le contrat compensatoire prend donc la forme d'un prix garanti pour une quantité de copeaux donnée et porte sur les flux financiers plutôt que sur les flux réels de copeaux.

## Annexe 2 : Module d'optimisation

Les prix et les quantités échangées qui résultent de l'optimisation du système sont ceux qui maximisent les profits globaux de l'industrie sur les trois marchés à la fois, étant donné les courbes d'offre et de demande révélées, compte tenu aussi des exigences techniques et des coûts de transport. Le processus d'enchère par rondes successives permet aux agents de raffiner leurs préférences, leurs offres et leurs demandes. À la fin du processus, comme les agents ne désirent plus modifier leurs mises, il est raisonnable de croire que les offres et les demandes révélées sont les « vraies » courbes d'offre et de demande. Elles permettent donc de fixer les prix qui correspondent aux quantités qui maximisent l'efficacité du marché et les profits de chaque entreprise.

Les prix d'équilibre générés par le système présentent la caractéristique d'être ceux qui maximisent l'efficacité de l'industrie. Pour nous en convaincre, considérons le schéma ci-dessous qui représente un marché concurrentiel auquel nous pourrions comparer le marché des copeaux. Le profit global maximal, sur cette figure, correspond à l'aire ombrée à gauche du prix d'équilibre et comprise entre les courbes d'offre et de demande.

Figure 2 : L'équilibre concurrentiel



Il est possible de réinterpréter le problème de fixation des prix et des quantités d'équilibre comme un problème mathématique d'optimisation. Définissons la fonction d'utilité  $U(q)$ , exprimant le profit des acheteurs pour une quantité échangée  $q$  donnée, par l'aire sous la courbe de demande des acheteurs. Cette fonction d'utilité est strictement concave et différentiable. Définissons une fonction de coût  $C(q)$  donnée par l'aire sous la courbe d'offre des vendeurs. Cette fonction de coût est convexe et différentiable.

Sur un marché, le profit global est égal à la différence entre les profits des acheteurs et les coûts. Le problème d'optimisation que nous devons résoudre pour maximiser les profits globaux sur le marché peut se formuler ainsi :

$$(1) \quad \underset{q}{\text{Max}} U(q) - C(q)$$

A cette solution optimale, la volonté marginale à payer est égale au coût marginal de produire. Le prix d'équilibre est fixé à la valeur suivante :

$$(2) \quad U'(q) = C'(q) = p$$

Reprenons maintenant l'analyse en y introduisant des coûts de transport unitaires constants,  $t$ . Le profit global est maintenant maximisé à la quantité où la volonté à payer est égale à la somme du coût marginal de production et du coût unitaire de transport. Le problème à maximiser devient :

$$(3) \quad \underset{q}{\text{Max}} U(q) - C(q) - tq$$

A l'optimum, nous avons :

$$(4) \quad U'(q) = C'(q) + t = p$$

Le problème que nous avons à résoudre est évidemment plus complexe, mais la logique reste similaire. Nous devons introduire les coûts de transport, les exigences techniques et les contraintes sur les recettes. Mathématiquement, le problème d'allocation se présente comme un problème de maximisation sous contraintes et, à chaque solution, nous pouvons associer des prix d'équilibre.

Une solution du programme d'optimisation spécifie une valeur à chaque  $q_{ij}^k$ , soit la quantité de copeaux de type  $k$  livrée par la scierie  $i$  à la papetière  $j$ . Nous maximisons :

$$\max_{q_{ij}^k} \sum_j U_j \left( \sum_i \sum_k q_{ij}^k \right) - \sum_i \sum_k \left( C_i^k \left( \sum_j q_{ij}^k \right) r_{ij} \right) + \sum_j s_{ij} q_{ij}^k - \sum_i \sum_j \sum_k t_{ij} q_{ij}^k$$

(5) sujet aux contraintes

$$\begin{aligned} m_j^k \left( \sum_k \sum_i q_{ij}^k \right) &\leq \left( \sum_i q_{ij}^k \right) \leq M_j^k \left( \sum_k \sum_i q_{ij}^k \right) \quad \forall j, k \\ q_{ij}^k &\geq 0 \quad \forall i, j, k \end{aligned}$$

où les  $s_{ij}$  et  $r_{ij}$  correspondent respectivement aux FAQ additifs et multiplicatifs, les  $t_{ij}$  correspondent aux CUT entre le vendeur et l'acheteur  $j$ , et où les  $m_j^k$  et  $M_j^k$  correspondent respectivement à la part minimale et à la part maximale de copeaux de type  $k$  dans la recette de l'acheteur  $j$ .

À partir des conditions d'optimalité, il nous est possible de construire des « prix d'équilibre ». Pour l'acheteur j, le module d'optimisation spécifie le prix d'achat  $Pa_j^k$  pour chaque type de copeaux k et un prix moyen  $Pa_j$ . Pour le vendeur i, nous obtenons des prix de vente  $Pv_i^k$  pour chaque type de copeaux. En utilisant ces prix, il est plus facile de comprendre et d'interpréter les conditions d'optimalité du programme d'optimisation.

Nous avons d'abord,

$$(6) Pa_j = U'_j(\sum_i \sum_k q_{ij}^k)$$

Si  $\sum_i \sum_k q_{ij}^k$  est la quantité totale achetée par la firme j à l'optimum, le prix moyen payé par j correspond au prix associé à cette quantité sur la fonction de demande j. De manière similaire, si  $\sum_j q_{ij}^k r_{ij}$  est la quantité vendue par la scierie i de type k (quantité pondérée des FAQ multiplicatifs), le prix de vente pour la qualité de référence est donné par :

$$(7) Pv_i^k = C_i'^k(\sum_j q_{ij}^k r_{ij})$$

Soit le prix associé à cette quantité sur la fonction d'offre de i. Si la scierie i livre des copeaux de type k à la papetière j, cette dernière devra payer ses copeaux :

$$(8) Pa_j^k = (Pv_i^k r_{ij}) + s_{ij} + t_{ij} \quad \text{si } q_{ij}^k > 0.$$

Soit le prix ajusté pour les FAQ et les coûts de transport. La papetière payera ce prix à toutes les scieries qui lui livreront des copeaux du type k. Rajoutons que si la scierie i ne livre pas à l'optimum des copeaux de type k à la papetière j, nous aurons

$$(9) Pa_j^k \leq (Pv_i^k r_{ij}) + s_{ij} + t_{ij} \quad \text{si } q_{ij}^k = 0.$$

Évidemment, le prix moyen payé par la papetière j doit satisfaire la condition suivante :

$$(10) Pa_j(\sum_k \sum_i q_{ij}^k) = \sum_k Pa_j^k(\sum_i q_{ij}^k)$$

Notons que si  $Pa_j^k < Pa_j$ , les copeaux de type k sont moins chers que les autres; si néanmoins il est jugé optimal d'acheter d'autres types de copeaux, c'est que la papetière j a déjà atteint la proportion maximale de copeaux de type k admissible. Si les copeaux de type k sont les moins chers, la papetière en consommera dans les proportions maximales.

$$(11) \text{ Si } Pa_j^k \text{ est le prix le plus faible, alors } \sum_i q_{ij}^k = M_j^k \left( \sum_k \sum_i q_{ij}^k \right).$$

À l'inverse, si les copeaux de type k sont les plus chers, la papetière en consommera dans les proportions minimales.

$$(12) \text{ Si } Pa_j^k \text{ est le prix le plus élevé, alors } \sum_i q_{ij}^k = m_j^k \left( \sum_k \sum_i q_{ij}^k \right).$$

Dans ces deux cas, la papetière pourrait réduire avantageusement ses coûts en assouplissant les exigences de sa recette.

Les conditions (6) à (12) résument l'ensemble des conditions d'optimalité du marché. La solution ainsi obtenue maximise le problème (5) et fournit les prix d'équilibre. Les quantités obtenues sont celles qui maximisent les profits de l'ensemble de l'industrie, compte tenu des coûts de transport et des exigences techniques. Les prix obtenus correspondent aux prix d'équilibre d'un marché compétitif. Étant donné ces prix, les quantités obtenues ou vendues correspondent exactement aux quantités demandées ou offertes. Notons de plus que le marché est équilibré puisque la différence entre les montants perçus aux acheteurs et les montants versés aux vendeurs correspond exactement aux frais de transport négociés.