

Approche de pilotage pour un complexe de sciage agile

DHIAEDDINE BOUGHZALA^{1,2,3}, MUSTAPHA NOUR EL FATH^{1,2,3}, FRANÇOIS LÉGER^{2,3}, JEAN-MARC FRAYRET^{2,3}

¹ Département de génie mécanique

Pavillon Adrien-Pouliot, 1065 avenue de la médecine Québec (Qc) Canada G1V 0A6

² Consortium de recherche FORAC

Pavillon Adrien-Pouliot, 1065 avenue de la médecine Québec (Qc) Canada G1V 0A6

³ Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport
Pavillon Palasis-Prince, 2325, rue de la Terrasse Québec (Qc) Canada G1V 0A6

Résumé - Ce document propose une première étape de conception d'une approche d'agilité appliquée à l'industrie forestière et plus particulièrement aux usines de sciage de bois d'œuvre. On commence par une exploration du contexte et de l'environnement d'affaires pour en ressortir des besoins industriels et une problématique de recherche. Ensuite, l'agilité est spécifiée sur la base de trois cadres : conceptuel, contextuel et expérimental. Dans les deux premières dimensions, la modélisation d'affaires a été combinée avec le contexte de l'industrie forestière pour cadrer l'agilité en tant que vision et définir les attributs de mise en œuvre, de mesure et d'amélioration dans un environnement volatile. La performance a été introduite en tant que structure intégrant la dimension d'affaires et les spécificités industrielles. Le cadre expérimental vient ensuite s'inscrire dans la spécification de l'approche d'agilité pour permettre de valider les liens entre les différents composants et le contexte étudié. Une première génération d'expérimentations a été explorée, et d'autres sont prévues pour les travaux futurs. En conclusion, nous avons envisagé l'introduction d'un cadre décisionnel qui permet d'enrichir le concept et le contexte par le développement d'aptitudes de pilotage d'agilité et des actions qui la promeuvent.

Abstract - This paper develops an agility approach in the lumber industry. The industrial context and the business environment had been explored as problem and industrial needs inputs. The integrated approach is based on three frameworks: conceptual, contextual and experimental. The first two dimensions give the specification components of the agility as a high level vision and are based on the lumber industry specificities. The experimental framework aims to validate the components correlation and the interaction between environment, performance, actions and improvement. As a conclusion note, a decisional framework was introduced as an asset to enrich the agility approach and a monitoring skill to better define orientation and correlate them with conceptual and contextual dimensions.

Mots clés – Agilité, Performance, Modèles d'affaires, Industrie forestière, cadre conceptuel, analyse d'affaire

Keywords – Agility, Performance, Business Model, Lumber industry, conceptual framework, business analysis

1 INTRODUCTION

Le présent article vise la conception d'une approche intégrée d'agilité. Le domaine du sciage de bois d'œuvre représente le champ d'application de la recherche.

L'article présente d'abord une exploration du contexte industriel et de son environnement d'affaires, puis enchaîne avec les différents cadres composants l'approche : un cadre conceptuel, un cadre contextuel puis un cadre expérimental. Une méthodologie itérative permet de favoriser la rigueur de l'approche.

2 MISE EN CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

L'industrie forestière est typiquement associée à la production en flux poussés. Cette propriété est due à certains facteurs tels que le manque de contrôle sur les approvisionnements (trunks d'arbres) arrivant de la forêt en quantités, dimensions et qualité variables. De plus, les scieries sont généralement d'une grande envergure et tendent vers une production à grand volume principalement destinée à l'exportation vers les États-Unis pour le cas du Canada [Thoews, 2008]. Tant les gros volumes de production que la taille des investissements technologiques rendent rigide la capacité de production vis-à-vis de la variabilité de la demande [Mirsky, 1993]. L'industrie du sciage devient de plus en plus intégrée dans des relations de partenaires/clients, particulièrement avec les fabricants de meuble et les compagnies de construction. Compte tenu de leurs nouvelles stratégies et des exigences des clients, les

fabricants de meuble exigent des alliances fiables avec les usines de sciage. Il en est de même pour le cas de la construction (gros consommateur de bois d'œuvre), se base sur une conception et un montage de maisons sur catalogue, et adopte de plus en plus une personnalisation de masse. Les dites alliances portent sur la personnalisation de la qualité, la taille de lots, les délais de livraison, les coûts et même les stratégies de gestion des stocks. La stratégie VMI (Vendor Management Inventory) est devenue une tendance par laquelle les fabricants de meuble et les compagnies de construction, promeuvent la personnalisation de leurs produits, font des économies sur les coûts opérationnels. Ils cèdent une partie de la responsabilité au fournisseur de bois d'œuvre pour gagner sur les délais et les prix de vente. Par ailleurs, les dix dernières années ont été affectées par crise immobilière, la dépréciation du dollar américain, la récession de l'industrie du papier et l'avènement de barrières à l'exportation entre le Canada et les États-Unis. Ces turbulences et tendances ont changé la réalité des usines de sciage au Canada et ailleurs dans le monde. Malgré cette situation critique et les nouvelles exigences du marché direct (bois d'œuvre, copeaux, etc.) et indirect (meuble, papier, etc.), les scieries canadiennes semblent encore prioriser la réduction des coûts et la maximisation du rendement matière (récupération maximale de la bille). Une priorité excessive est accordée à la continuité du fonctionnement des lignes de production et à l'utilisation des inventaires disponibles à l'entrée de la cour à bois. Ce sont généralement les stocks qui guident le fonctionnement

et les décisions de planification des recettes de production. Les superviseurs tendent souvent à accepter les entrées en matière première envoyées par leur fournisseur partenaire, indépendamment du produit final demandé [Crama et al., 2001].

Une telle approche de planification en flux poussés risque d'engendrer une accumulation des stocks et un écart entre ce qui est produit et ce qui est demandé sur le marché. Si un changement survient, l'usine sera bloquée par des inventaires sans valeur ajoutée et les coûts qui en découlent, mais aussi impuissante à capturer de nouvelles opportunités. Pour survivre et prospérer dans un environnement volatile, les usines de sciage ont besoin de s'approprier de solutions leurs permettant de connecter rigoureusement l'entrée de l'usine avec le marché et son évolution. Cette orientation définit le concept d'agilité, que nous allons analyser tout au long du présent article.

Avant d'envisager des solutions potentiellement favorables à l'agilité, nous proposons une analyse du contexte industriel et des contraintes pouvant venir à l'encontre d'une jointure totale entre les fluctuations du marché et la planification de la production.

Tel qu'on le constate dans la figure 1, la matière première arrive de la forêt et est stockée dans la cour d'une usine de sciage. Sans être suffisante, la classification des billes et planches représente une routine cruciale pour piloter les processus de coupe et cibler des produits finis. Au niveau du sciage, les attributs des billes (dimensions et qualités) et la volonté de maximisation du rendement matière (maximisation du volume de bois récupéré de la bille) définissent globalement le choix des patrons de coupe. Une telle approche de planification de la production est une approche en flux poussés. D'un autre côté, les superviseurs d'usine peuvent élaborer une liste de prix pour guider les processus, choisir les coupes et tirer sur la production. L'adoption d'une approche en flux tirés est très défiante dans le domaine du sciage, à cause des caractéristiques générales de l'industrie des procédés et aux spécificités de l'industrie du bois d'œuvre [Cid et al., 2008]. La coproduction est une particularité très influente à ce sujet. Il s'agit de la génération simultanée d'une variété de produits secondaires, avec le produit principal visé. La coupe des billes pour la production d'un lot spécifique de planches, génère aussi des produits secondaires, tels que des planches plus courtes, moins larges ou d'une qualité différente, souvent difficile à anticiper et à contrôler. D'autres produits secondaires tels que les copeaux et la sciure doivent être considérés. Cette réalité est difficile à contrôler et peut représenter tant une opportunité d'affaires qu'une contrainte opérationnelle lourde à gérer. De plus en tant que production en flux poussés, la coproduction génère des stocks dont la valeur ajoutée n'est pas toujours garantie ni satisfaisante.

Après le sciage, le séchage est un processus en lot qui dure plus d'une journée et qui consomme beaucoup de coûts dépendamment de la sophistication des séchoirs, de la nature du bois et aussi de la qualité recherchée. La bonne gestion y est essentielle et agit directement sur la qualité des sorties et les coûts opérationnels. L'hétérogénéité des produits et coproduits sortant du sciage représente une contrainte lourde à l'ordonnancement des séchoirs, et entrave l'adoption d'une approche de production en flux tirés.

Les lots de bois scié et séché sont ensuite acheminés vers le rabotage pour être planés. La finition permet de ressortir des produits avec les attributs {Longueur, Largeur, Grade} et

bien d'autres attributs exigés ou ciblés. Le phénomène de coproduction est également présent à ce niveau, et les exigences deviennent plus élevées de part la proximité de la fin de la chaîne. Même si les processus de rabotage s'apprentent mieux à une approche en flux tirés, ils représentent beaucoup plus d'exigence de qualité. La précision y est de rigueur et repose tant sur la diligence humaine que sur la sophistication technologique.

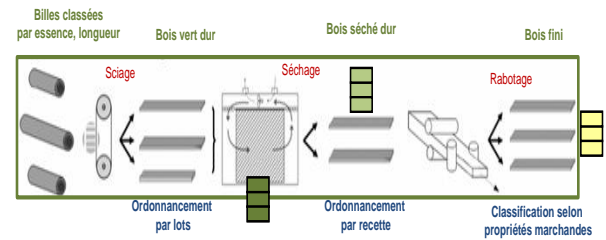


Figure 1 Processus génériques d'un complexe de sciage

Nous avons exploré le contexte industriel ainsi que l'environnement d'affaires de l'industrie du bois d'œuvre. Nous constatons que le déploiement d'une approche pilotée par la demande (en flux tirés) s'avère très défiante à cause de la taille des investissements, de la variabilité des processus et des approvisionnements et le phénomène de la coproduction.

2.1 Des solutions potentielles

Avec la volatilité du marché du bois d'œuvre et de pâte et papier, les nouvelles tendances de l'industrie du meuble et de la construction, ainsi que l'avènement d'une concurrence internationale intense, les usines de sciage doivent rendre leurs processus flexibles pour répondre aux changements et capturer les opportunités. Elles doivent suivre l'évolution des paradigmes manufacturiers (production de masse, production épurée « Lean », production agile, personnalisation de masse, etc.). Cela tend à transformer la réalité des scieries canadiennes conçues pour une production de masse destinée à une demande stable à gros volume [Todoroki et Ronnqvist, 2002]. Selon [Crama et al., 2001], il reste possible aux industries de procédés de migrer d'une stratégie MTS (*Make To Stock*) vers une stratégie MTO (*Make To Order*), en offrant des produits finis ou semi-finis, personnalisables et diversifiés, et ce, malgré les contraintes citées. Une approche hybride combinant les deux stratégies MTS et MTO pourrait favoriser la migration des scieries vers une vision client, tout en considérant les contraintes de coproduction et autres [Bustelo et al., 2007]. Une telle approche hybride repose sur la définition de points de découplage selon divers critères et méthodes [Cid et al., 2008]. Un tel déploiement peut être complexe à cause de la divergence entre les deux types d'approches. D'autres solutions peuvent être déployées pour faire face à un environnement volatile et sont associées aux architectures décisionnelles : centralisée, distribuée ou hybride (combinaison des deux). Elles portent sur les flux informationnels et les processus de prise de décision au sein d'un réseau d'usines, vis-à-vis de son environnement. Également, l'acquisition de technologies de production flexibles et hautement sophistiquées, peut représenter une solution pour une adaptation rapide et moins coûteuse à un changement inattendu. D'autres techniques, solutions, modèles et outils sont potentiellement favorables à faire face aux turbulences de l'environnement et capturer les nouvelles opportunités du marché. Cela définit implicitement la notion d'agilité : capacité d'un système

manufacturier à fournir une réponse efficace à un changement inattendu ou imprévu [Ramashesh et al., 2001]. C'est aussi l'aptitude de survivre et prospérer dans un environnement compétitif en réagissant rapidement et efficacement aux changements du marché, et selon une vision orientée client [Kidd, 1996].

L'agilité est une vision reposant sur l'exploration des facteurs clés de succès (rapidité, flexibilité, innovation, proactivité, qualité) en intégrant les meilleures pratiques. Elle couvre également l'utilisation de ressources reconfigurables, afin de fournir un service et un produit orientés client.

Pour déployer une vision d'agilité, suffirait-il d'adopter l'une des solutions précédemment envisagées? La solution est-elle aussi systématique et ponctuelle?

2.2 D'un problème industriel à une problématique de recherche

Les solutions que nous avons citées sont généralement adoptées en réponse à des circonstances spécifiques et risquent de déraiper si les conjonctures changent. Le changement fait partie des routines du marché. L'agilité doit donc être continuellement inculquée dans les valeurs de l'entreprise et faire partie de sa culture. Cela introduit les questions suivantes : Comment définir l'agilité? Quelles en sont les composantes et les caractéristiques? Comment savoir si une usine est agile? Par quelles actions l'agilité est-elle améliorée? Comment modéliser et mesurer la répercussion de ces actions sur le niveau global d'agilité? Le dérapage de certaines usines vis-à-vis de changements inattendus et la fermeture de plusieurs d'entre elles durant les dernières années, n'est pas toujours un problème de solutions, mais plutôt de modélisation et d'analyse. L'adoption de l'agilité n'est pas une solution prête à acquérir et à implanter, mais un cadre complexe à élaborer et à déployer.

3 APPROCHE INTEGREE D'AGILITE

La flexibilité manufacturière a été souvent corrélée à la technologie et à l'automatisme ciblant une réaction rapide, à moindres coûts de réglage. Avec la migration vers une entreprise orientée client et des paradigmes de personnalisation de masse, l'ampleur de la flexibilité s'est élargie pour couvrir le contexte d'affaires. Cela a fait naître le concept d'agilité comme étant une orientation organisationnelle et stratégique et non un simple objectif de performance. Selon [Crama et al., 2001], l'agilité doit être perçue dans toutes les dimensions pour pouvoir soutenir la réponse aux besoins du marché. L'adoption de l'agilité doit reposer sur la flexibilité des stratégies, des ressources humaines, des technologies, et des systèmes. L'agilité est une aptitude qui couvre la dimension d'affaires, la structure organisationnelle, les systèmes d'information et les processus manufacturiers et logistiques. L'élaboration d'un concept d'agilité permet de favoriser une intégration des activités manufacturières et logistiques avec le marché et l'environnement [Deif et Almaraghy, 2007].

Dans [Sharifi et Zhang, 2001], l'agilité a été modélisée selon trois éléments : les pilotes de l'agilité, les habiletés de l'agilité et les sources de l'agilité. Dans [Leitao et Restivo, 2006], une méthodologie intégrée d'analyse de l'agilité est proposée. Elle consiste d'abord à analyser l'environnement puis à définir les spécificités de l'agilité du système.

L'agilité est une approche devant reposer sur un cadre méthodologique de pilotage physique et informationnel.

La combinaison de la problématique de recherche avec la revue de la littérature et la réalité de l'industrie forestière nous ont permis de ressortir des objectifs de conception d'une approche intégrée d'agilité dans un complexe de sciage. Nous commençons par l'élaboration d'un modèle d'affaires mettant en œuvre les relations entre la vision d'agilité, la performance et les activités logistiques d'un complexe de sciage. Selon [Sharifi et Zhang, 2001], l'agilité est un concept d'affaires qui doit reposer sur deux aspects : la réponse au changement et l'utilisation de ce dernier comme arme stratégique. D'où l'importance d'une aptitude d'analyse et de réaction qui s'aligne avec l'environnement et intègre la dimension manufacturière et logistique avec les exigences d'affaires. L'élaboration d'un cadre d'analyse d'agilité permet l'évaluation et la comparaison de différentes configurations manufacturières et logistiques et repose sur une définition rigoureuse de cadres de performance [Leitao et Restivo, 2006].

Pour développer une dynamique de réponse au changement, l'entreprise se doit de définir un ensemble d'activités logistiques potentiellement favorables à la vision d'agilité. Il s'agit d'un ensemble d'actions ou de décisions qui peuvent permettre à un complexe de sciage d'être plus agile, et donc selon la définition, d'être flexible, et d'être plus focalisé sur le marché et le changement. Cela doit ensuite être validé par la répercussion d'une action sur la dite performance. Il s'agit de mettre à l'épreuve des liens de causalité entre les actions et la performance. Les opérations manufacturières et logistiques fonctionnent mieux lorsque les implantations, les technologies et les politiques de planification et de contrôle, sont alignées avec les objectifs stratégiques de la compagnie [Deif et Almaraghy, 2007].

Cela définit les grandes lignes d'une approche intégrée d'agilité pour l'industrie forestière. Bien élaborée et déployée, la dite approche devrait représenter une feuille de route et spécifier les moyens de bord pour comprendre et faire face au changement et capturer des opportunités d'affaires. C'est une approche structurée et itérative qui repose sur différents aspects : conceptuel, contextuel, expérimental puis décisionnel. Nous expliquerons dans ce qui suit les grandes lignes de chaque niveau d'abstraction et nous appuierons l'enchaînement d'une dimension à l'autre.

3.1 Cadre conceptuel d'agilité

La spécification d'un concept d'agilité débute par une analyse du domaine d'affaires et de son environnement. Pour modéliser l'agilité dans un complexe de sciage, nous avons choisi d'adopter la logique du modèle de motivation d'affaires (*Business Motivation Model*, BMM) conçu par *Object Management Group* (OMG). Selon [Business Rules Group, 2007], le BMM est une méthodologie de spécification et de modélisation pour fonder et cadrer une orientation d'affaires, définir ses composantes et les règles de son déploiement dans un environnement volatile. Tel qu'illustré dans la figure 2, l'agilité repose sur l'éventualité d'un ou plusieurs scénarios de changement, dont la portée diffère d'un contexte industriel à l'autre. Le changement est une influence interne ou externe affectant le niveau de performance de l'usine. Il s'agit d'une première composante du BMM appelée « **Influences** ». Ensuite, on trouve un composant s'appelant « **Finalités** » dont l'étendue part d'une vision d'affaires jusqu'à la définition des résultats désirés (objectifs globaux et spécifiques). Ces finalités représentent les orientations stratégiques de l'usine. D'un autre côté, les « **Moyens** » de l'entreprise, doivent être considérés comme des ressources et des contraintes pour

l'atteinte des finalités. Il s'agit d'une mission, d'un ensemble d'actions (stratégiques, tactiques et opérationnelles) puis de directives (politiques et règles). Pour définir les impacts potentiels des influences, une évaluation permet d'estimer les risques et les opportunités. Il s'agit d'évaluer la répercussion des influences sur l'utilisation des moyens et l'accomplissement des finalités.

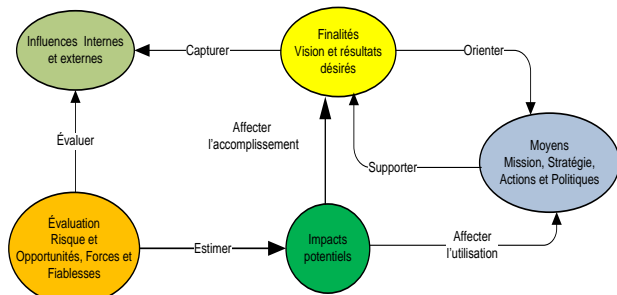


Figure 2 Interactions génériques du concept d'agilité

3.2 Évaluation de la performance pour une vision d'agilité

Sachant que l'agilité est l'aptitude d'une entreprise à survivre de manière efficiente et efficace pour prospérer dans un environnement volatile, nous assimilons l'efficacité à la satisfaction du client (réponses aux demandes existantes et potentielles) en un temps opportun (une commande livrée en retard est une commande perdue), d'où l'importance de la notion du temps. L'efficience se rattache à la productivité, l'utilisation de la capacité et tout autre élément affectant le rendement des ressources mises en œuvre. Le choix des mesures de performance suit la logique du cadre conceptuel d'agilité, représenté par le BMM. Par ailleurs, leur pertinence doit relever du cadre contextuel pour mieux couvrir les spécificités de l'industrie forestière et ses contraintes.

Une exploration de la littérature nous a permis d'élaborer la synthèse à la Table 1. Notre recherche a ciblé des travaux sur l'agilité ainsi que le contexte industriel du bois d'œuvre. Nous avons proposé de répartir les critères retrouvés dans la littérature en fonction de la classification ressortie de la définition de l'agilité : flexibilité, temps et efficience.

3.3 Cadre contextuel d'agilité

Considérant les enjeux de déploiement d'une approche pilotée par la demande et le marché dans le contexte du sciage, nous réalisons que les défis de survie aux mutations de l'environnement sont majeurs, et que l'agilité d'un complexe de sciage est une vision devant être prise avec

Table 1 Revue de la littérature sur les critères de performance

Familles	Critères
Flexibilité	Paramètre de reconfiguration, Paramètre de robustesse, Paramètre d'agilité, Perte sur la productivité, Nombre de changements tolérés par commande, Réponses aux besoins des clients, Réponse aux incertitudes, Flexibilité de production (volume, modélisation et configuration et modélisation de nouveaux produits), Flexibilité organisationnelle, Flexibilité des ressources humaines.
	Références : [Cid et al., 2008], [Ferreira et al., 2007], [Leitao, 2004], [Sharifi et Zhang, 1999]
Temps ou efficacité	Taux de satisfaction des commandes, Temps de réponse client, Retards, Temps livraison, Cycle de commande, Temps de mise en marché de nouveaux produits.
	Références : [Cid et al., 2008], [Ferreira et al., 2007], [Leitao, 2004], [Keebler et al., 1991], [Sharifi et Zhang, 1999]
Efficience	WIP, Utilisation des ressources, Valeur monétaire potentielle (<i>Potential Monetary Throughput</i>), Rendement matière, Coût de satisfaction du changement, Coûts des stocks de sécurité, Productivité, Coût de la capacité supplémentaire, coût de non utilisation de la capacité.
	Références : [Cid et al., 2008], [Deif et al., 2007], [Ferreira et al., 2007], [Labert et Stock, 1999], [Leitao, 2004], [Keebler et al., 1991], [Sharifi et Zhang, 1999]

beaucoup de diligence. Nous avons ressorti des piliers d'une approche d'agilité pour un complexe de sciage :

- La portée du changement comme force endogène ou exogène s'exerçant sur l'usine du sciage ;
- Les mesures de performance : Ce sont les critères que l'usine juge pertinents pour survivre et prospérer dans un environnement volatile et conformément à ses spécificités et orientations ;
- Les leviers d'agilité : Ce sont des actions potentiellement favorables à l'agilité du complexe du sciage.

Rappelons que la structure générale du modèle de motivation d'affaires, repose sur la présence d'influences internes et externes qui représentent une opportunité à saisir pour atteindre les finalités de l'usine ou un risque dans l'utilisation de ses moyens. Par exemple : l'avènement de contraintes à l'exportation, la perte d'un client, l'exploration de nouveaux marchés, le changement des coûts de production ou de la matière première, les arrêts et pannes, etc. Nous associons cette composante à la portée du changement.

D'un autre côté, l'usine dispose d'une vision qui représente son point de départ et qui s'inscrit dans le cadre de ses « Finalités ». Il s'agit d'une spécification de l'avenir tel que retracé par l'usine, son réseau et ses gestionnaires. Ces finalités sont concrétisées par des mesures de performance (figure 3). Par ailleurs, des actions sont potentiellement favorables pour survivre et faire face au changement. Ce sont les « Leviers d'agilité » (Figure 3).

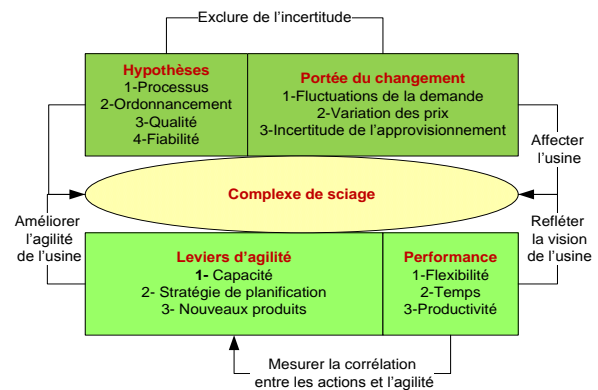


Figure 3 Agilité d'un complexe de sciage

3.4 Cadre expérimental d'agilité

Même si on s'approprie d'une méthodologie rigoureuse de spécification de l'agilité pour un complexe de sciage, nous aurons besoin de valider les relations entre les différentes composantes conceptuelles et de mettre à l'épreuve le cheminement conçu.

L'expérimentation permet d'analyser les risques et les opportunités d'un éventuel scénario de changement. Elle permet aussi de simuler l'impact d'une influence interne ou externe sur une performance agrégée préalablement définie et quantifiable. Sans que ce ne soit un processus intégral de prise de décision, l'expérimentation pourrait guider les orientations stratégiques, tactiques et opérationnelles. Elle permet de simuler des scénarios d'actions/Résultats (Moyens/Finalités) introduits dans la composante conceptuelle de l'approche d'agilité (Figure 4). Le choix d'un outil d'expérimentation est important et la modélisation d'un scénario de départ, en est une condition.

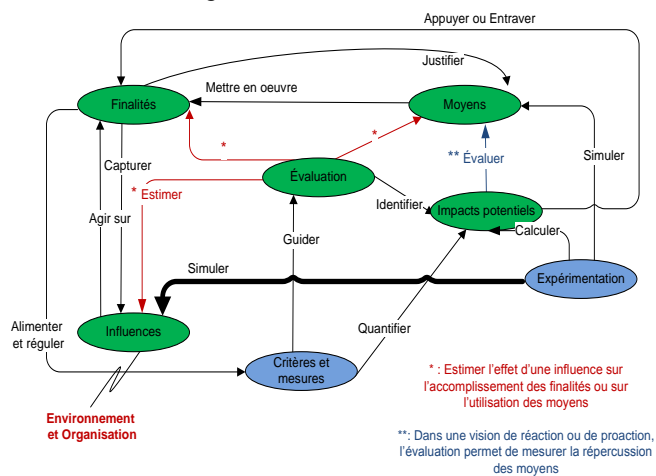


Figure 4 Introduction de l'expérimentation

3.4.1 Conception des scénarios

L'approche d'agilité repose sur la rigueur de ses composantes et la ténacité d'intégration entre le concept, le contexte et l'expérimental. Cela sous entend une formulation rigoureuse de scénarios reflétant au mieux les influences et les actions. Des techniques permettent d'orienter la conception de scénarios de changement et d'action (Table 2).

Table 2 Formulation de scénarios d'expérimentation

Techniques potentielles pour la conception des scénarios
Historiques, Études de cas, Prévisions, Questionnaires, Expertises
Conditions à respecter
Portée du changement : Les scénarios de changement doivent refléter une ou plusieurs influences que l'environnement d'affaires exerce sur l'usine de sciage.
Finalités : Les objectifs et leurs priorités doivent émaner de la volonté des gestionnaires (contexte) et de la vision établie (concept).
Performance : Les critères de performance et leurs priorités doivent justifier la vision d'agilité (concept), mais surtout refléter la volonté des gestionnaires vis-à-vis de leur environnement (contexte). L'évaluation doit donc être intimement liée avec les finalités.
Moyens : Les actions potentiellement favorables doivent émaner de la réalité industrielle étudiée (contexte). Les simuler permet aux gestionnaires d'estimer les impacts potentiels d'une décision par rapport aux finalités (concept).

3.4.1 Outil d'expérimentation : LogiLab

LogiLab est un outil d'optimisation et de simulation développé par l'équipe FORAC (www.forac.ulaval.ca). Intégrant un ensemble de modèles mathématiques génériques, cet outil permet de configurer à l'aide d'une interface, les unités de production impliquées dans la chaîne logistique forestière et les flux physiques, selon les données contextuelles. Il permet d'expérimenter le fonctionnement de la chaîne logistique et de visualiser les résultats d'optimisation. Cette dernière vise la maximisation des profits en considérant les coûts opérationnels (matière première, production, transport, stockage, etc.).

3.4.2 Première génération expérimentale

Dans cette analyse, nous nous focalisons sur une chaîne logistique composée d'une source d'approvisionnement (Forêt), de deux centres de sciage, d'une papetière, d'un centre de transformation des granules en énergie. Les clients sont représentés par les trois niches de demande : Le papier, le bois et l'énergie.

Notre premier objectif d'expérimentation consiste à valider l'interaction entre les influences (turbulences internes et externes) et l'usine de sciage.

Les critères considérés s'inscrivent dans les trois familles définies précédemment : Flexibilité, Temps ou efficacité, et Efficience. Les critères suivants sont calculés par LogiLab :

- Profit général de la chaîne ;
- Taux de satisfaction de la demande (efficacité vis-à-vis du client) au moment désiré (Temps) ;
- Efficience (Utilisation de la capacité unitaire et agrégée) : permet de compléter l'efficacité et d'appuyer la notion de durabilité pour justifier l'utilisation des ressources ;
- Flexibilité : Écart de satisfaction de la demande entre deux scénarios ;

L'usine dessert trois classes de demande : Le bois d'œuvre, l'énergie et les pâtes et papier (copeaux). Pour le bois d'œuvre, les produits se différencient par plusieurs caractéristiques telles que les dimensions (2x3, 2x4, 2x6, 2x8) ainsi que la qualité et la pureté du bois. Dans le présent article nous nous limitons à une classification selon les dimensions. La demande en bois d'œuvre est présentée dans la table 3 et la figure 5, comme étant stable sur un horizon de 50 semaines (Situation avant d'introduire le changement).

Table 3 Demande de bois d'œuvre sur un horizon de 50 semaines

Item	2x3	2x4	2x6	2x8
Prix/unité	0,31	0,28	0,28	0,29
Volume (1000 pmp)	310	1900	582,2	183,2

PMP : pied mesure de planche = une pièce de bois de 12'' de long X 12'' de large X 1'' d'épaisseur.

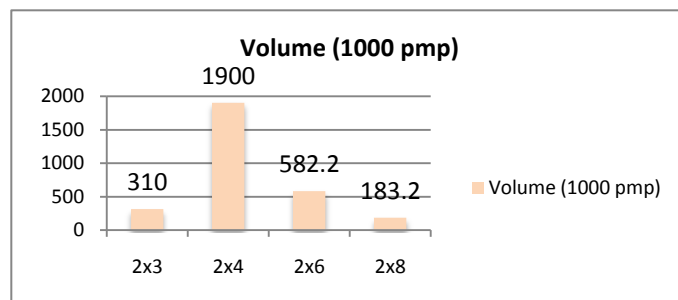


Figure 5 Demande de bois d'œuvre par item en pmp

Conformément à la dimension conceptuelle de l'approche d'agilité et à la réalité de l'industrie forestière, plusieurs influences internes et externes peuvent affecter le fonctionnement de l'usine de sciage et sa performance : Fluctuations des prix du marché, Réduction de la capacité disponible, variation de la demande d'un produit, Perte d'un client, changement des coûts de production, avènement d'une nouvelle demande, d'un nouveau fournisseur ou partenaire. La première génération d'expérimentations porte sur les scénarios présentés à la table 4.

Table 4 Scénarios de changement pour la première génération expérimentale

Influences externes et internes : Description des scénarios	
S0	Situation de départ
S1	Changement de la demande de l'item 2x4
S2	Baisse dans le prix du papier pour la période 5 à 16 Baisse dans la demande du 2x6 pour les 10 premières périodes
S3	Baisse considérable dans la demande en papier Augmentation considérable en demande de 2x3
S4	Accroissement de la demande de papier Baisse des prix de vente du bois
S5	Changement des coûts de production de tous les centres
S6	Baisse de la demande d'énergie Baisse dans les coûts de production Baisse dans le coût d'approvisionnement Accroissement de la demande en bois

Les gestionnaires peuvent voir à travers la figure 6, l'évolution de leur profit en fonction des scénarios de changements ci-dessus conçus. Cette première analyse donne une idée globale sur l'agilité face aux différents changements, en prenant comme critère le profit global du réseau.

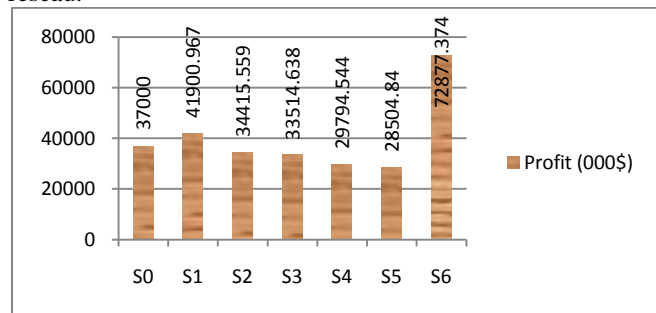


Figure 6 Profit global (en 1000\$) en fonction des scénarios de changement

Une analyse plus approfondie (Figure 7) permet de voir les impacts potentiels du changement sur la satisfaction de la demande selon ses différentes classes et sur un horizon de planification d'une année. Nous y voyons les scénarios S0 à S6. Il est à noter que la satisfaction du client supporte le critère d'efficacité présenté dans la table 1 du présent article.

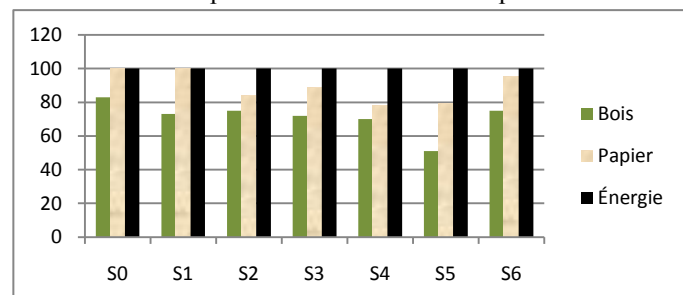


Figure 7 Taux (%) de satisfaction des trois familles de demande par scénario

Pour mieux appuyer la notion d'agilité, l'efficacité est un critère qui permet de compléter l'efficacité. En effet, si la satisfaction de la demande est importante, elle ne doit pas nuire à la survie et la prospérité de l'usine. D'où une troisième analyse basée sur l'utilisation de la capacité (figure 8). C'est aussi un indicateur permettant d'envisager des acquisitions supplémentaires ou une vision de capture de nouvelles niches de demande. C'est également un indice pour réduire la capacité disponible, si des charges fixes, y sont investies sans utilisation rationnelle.

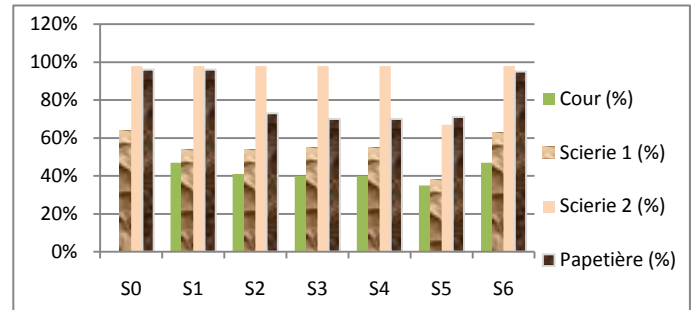


Figure 8 Pourcentage d'utilisation de la capacité selon les scénarios et les centres de coût du réseau

3.4.3 Deuxième génération expérimentale

Alors que la première génération expérimentale porte sur des scénarios combinant plusieurs influences, la deuxième vise un produit en particulier qui est le bois 2x4 et permet aux gestionnaires d'analyser l'impact des turbulences affectant la demande de ce produit sur la performance de l'usine. Le portrait de la demande du produit 2x4 est donné à la figure 9, sous les deux scénarios S0 et S1, sur une période d'une année.

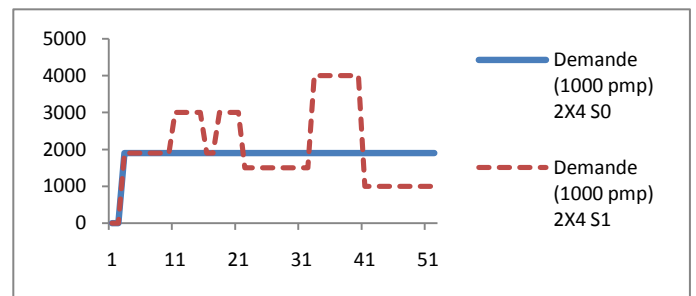


Figure 9 Demande du 2x4 sur une période d'une année : Scénario initial et scénario de changement

Considérant ce changement, le profit global de l'usine est présenté dans la figure 10, sous ses deux scénarios. S0 est le scénario de départ et S1 est la scénario de changement de la demande du produit 2x4.

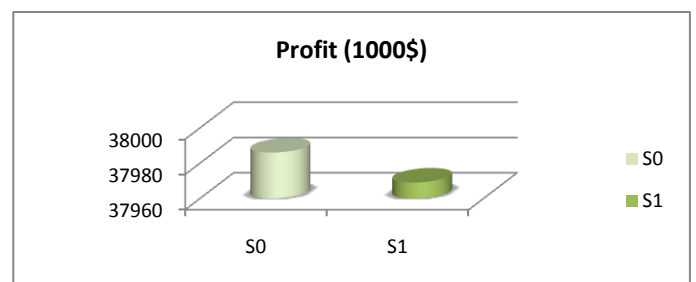


Figure 10 Impact potentiel de l'influence sur le profit

Une deuxième analyse permet de voir les impacts potentiels sur les différents critères pour analyser l'aptitude de survivre, et l'éventualité de prendre une décision de reconfiguration (Figure 11). Nous voyons par exemple, que

la satisfaction de la demande en bois d'œuvre de manière globale, est passée de 83% à 74%.

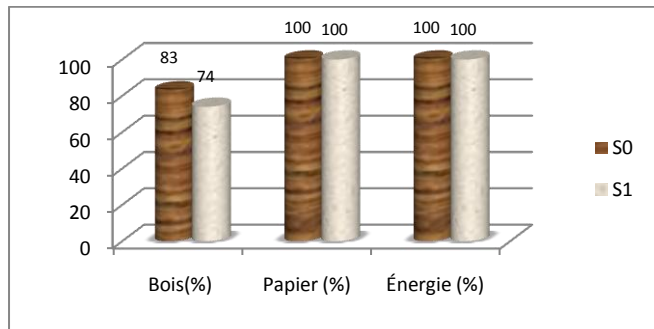


Figure 11 Impact potentiel de l'influence sur l'efficacité (Pourcentage ou taux de satisfaction de la demande)

L'analyse porte ensuite sur l'efficacité, en mesurant le taux d'utilisation de la capacité et donc l'aptitude à couvrir les charges fixes (Figure 12).

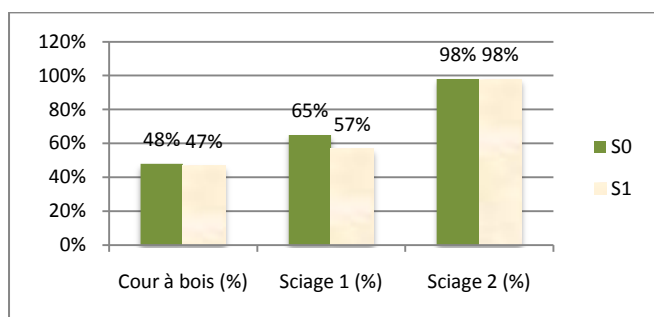


Figure 12 Impact potentiel du changement sur le taux d'utilisation de la capacité de S0 à S1

3.4.4 Agilité statique (vs) agilité dynamique :

Les analyses précédentes permettent d'estimer l'aptitude d'une usine de sciage à survivre ou prospérer face aux turbulences internes et externes, sans recourir à une reconfiguration des ressources ou la prise de décisions. Cette aptitude définit ce que nous appelons agilité statique, versus un autre type que nous qualifions de dynamique. Cette dernière reflète l'aptitude de l'usine de reconfigurer ses ressources pour prospérer dans un environnement turbulent (influences) en mettant en œuvre des moyens et en respectant des contraintes. À titre d'exemple, la sous utilisation provoquée par l'avènement du scénario S1 (Figure 9 à 12), peut inciter à une réduction de la capacité pour diminuer les charges fixes inutilisées. Plusieurs actions peuvent se présenter en tant que moyens d'amélioration de l'agilité, aidant les gestionnaires à prendre des orientations stratégiques, tactiques et opérationnelles.

3.5 Cadre décisionnel d'agilité

Même si le BMM met en exergue un processus d'évaluation des impacts potentiels du changement et des actions entreprises par l'usine, il serait pertinent d'avoir un cadre de prise de décision, qui repose sur les autres dimensions d'agilité. Cette dernière est une vision, mais aussi une approche par laquelle l'usine se procure des moyens de survie et prospérité. Elle a donc besoin d'un cadre d'évaluation (Performance) et de points de repère pour contrôler ses actions (Seuils de performance).

L'utilisation des critères de performance émane des finalités de l'entreprise et appuie des objectifs à atteindre pour supporter la vision d'affaire. Grâce à une analyse rigoureuse et multidimensionnelle, les gestionnaires peuvent comprendre le comportement des critères de performance

(utilisation de la capacité, satisfaction des clients, profit, etc.) en réponse aux turbulences. Ils peuvent aussi corréliser l'évolution des dits critères en fonction des décisions qu'ils prennent. Comment peuvent-ils distinguer les zones de risques et repérer les opportunités? Comment peuvent-ils orienter leur prise de décision grâce à cette approche multi dimensionnelle?

La définition de certains seuils permet de mieux interpréter la corrélation entre des actions et un contexte particulier, et donc de se prononcer sur l'intérêt à prendre une orientation plutôt qu'une autre. Une décision est plus pertinente, lorsqu'elle est repérée par des seuils maximums et minimums et lorsqu'elle considère globalement plusieurs dimensions de la compagnie. Une approche rigoureuse d'agilité ne peut pas se restreindre à la spécification des déterminants conceptuels et à l'analyse de la corrélation entre les composants. Elle doit aussi reposer sur des aptitudes de pilotage des orientations d'affaires supportant l'agilité. Des seuils de performance permettent de positionner les impacts des influences et le potentiel des actions et de délimiter la marge de manœuvre de l'usine vis-à-vis de son environnement, de sa vision, de ses moyens et de sa performance ce qui donne au BMM un aspect plus intégré et mieux adapté à l'agilité (figure 15).

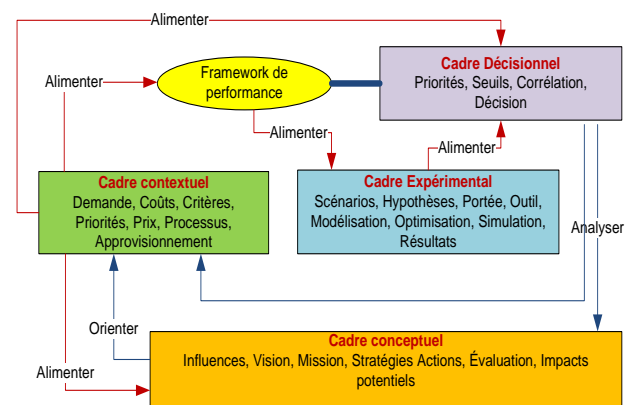


Figure 13 Approche multidimensionnelle de l'agilité

4 CONCLUSION

Nous avons présenté une approche de spécification de l'agilité dans le domaine du sciage. Nous nous sommes fondés sur le fait que l'agilité est un concept d'affaires plutôt qu'une simple mesure de performance, et nous avons élaboré une approche se cheminant d'un cadre conceptuel à un cadre contextuel puis expérimental. À travers ces trois dimensions, nous avons montré l'importance d'une spécification rigoureuse de la performance, et nous avons mis en œuvre des analyses basées sur des expérimentations préliminaires avec LogiLab. Nous avons conclu par l'intérêt d'introduire la fondation d'un cadre décisionnel qui serait défini plus rigoureusement et de manière itérative intégrée avec les autres cadres d'agilité. La présentation détaillée de ce cadre décisionnel fera l'objet de travaux futurs.

5 REFERENCES

- Business Rules Group (2007), The Business Motivation Model: Business Governance in a Volatile World, www.BusinessRulesGroup.org.
- Bustelo, Avella and Fernandez (2007), Agility drivers, enabler and outcomes, Empirical test of an integrated agile manufactured model, International Journal of Operations & Production Management Vol. 27 No. 12, 2007, pp.1303 – 1332.

- F. Cid Yáñez ; J. -M. Frayret; F. Léger; A. Rousseau (2008). Agent-based simulation and analysis of demand-driven production strategies in the timber industry, *International Journal of Production Research* 2008, 1–25.
- Crama, Y., Pochet, Y., and Wera, Y. (2001). A Discussion of Production Planning Approaches in the Process Industry. *Core Discussion Paper*, Liège, Belgium, 37.
- Martin Christopher, Denis Towill (2001), An integrated model for the design of agile supply chains, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 31 No. 4, 2001, p. 235-246.
- Deif, Almaraghy, Agile MPC system linking manufacturing and market strategies, *Journal of Manufacturing Systems* 26 (2007), p 99-107.
- Fransoo J.C., (1993). Production control and demand management in capacitated flow process industries. Ph.D. thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
- Frayret J.-M., D'Amours S., Rousseau A., Harvey S., (2005). Agent-based Supply Chain Planning in the Forest Products Industry, Centre CENTOR, Université Laval, working paper DT-2005-JMF-1.
- Gaudreault J., Frayret J., Rousseau A., D'Amours S. (2006) Integrated planning and scheduling in a divergent production system with co-production: a real-time perspective. Centre CENTOR, Université Laval, Document de travail DT-2006-JMF-1, 2006 (Working paper).
- Helo 2004, Managing agility and productivity in the electronics industry, *Industrial management and Data systems* 2004, 104 7 p567.
- Kidd (1996), Enabling technologies of agile manufacturing and it's related activities in Korea, *Computers and industrial engineering*, [Volume 30, Issue 3](#), July 1996, Pages 323-334.
- Paulo Leitao, Francisco Restivo (2006), A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control, *Computers in Industry* 57 (2006) 121–130.
- Maness, T.C. and Norton, S. E. (2002). Multiple Period Combined Optimization Approach to Forest Production Planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17, 460-471.
- Martin Christopher and Denis Towill (2003), An integrated Model for the design of Agile Supply Chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.31 No 4, 2001, pp. 235-246.
- Mirsky 1993. How Kanban, MRP and finite scheduling work together in the process industry. In APICS Conference Proceedings, USA, 1993, pages 549–552.
- QFIC (2005). Quebec Forest Industry Council, Web site. <http://www.qfic.qc.ca/html/english/sciage/index.php>.
- Ramashesh, Kulkarni, Jayakumar (2001). Agility in manufacturing system : an exploratory modeling framework and simulation, *Integrated Manufacturing systems*; 2001; 12,6/7, p. 534.
- Ronald E.Giachetti, Luis D.Martinez, Oscar A.Saenez, Chin Cheng Chen, Analysis of the structural measures of flexibility and agility using a measurement theoretical framework, *International Journal Production Economic* 86 (2003), pp 47-62.
- Sharifi, Zhang (2001), Agile manufacturing in Practice: Application of a methodology *International Journal of Operations & Production Management* Vol.21 No. 5/6, 2001, pp 772-794.
- Thoews (2008).The use of simulation as decision tool For Improvements in Sawmill Manufacturing. Mémoire de maîtrise, UBC.
- Todoroki, C. Ronnqvist, M. (2002) Dynamic control of timber production at a sawmill with log sawing optimization. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (1), 79-89.
- Zhang, C., Zhang, C.H., (2007). Design and simulation of demand information sharing in a supply chain, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15, 32–46.
- Vovurka , R.j and Filedner G.1998, The journey towards agility, *Industrial Management & Data systems*, volume 4 p165-71.