

CIGI 2011

Planification séquentielle tactique-opérationnelle d'une chaîne logistique textile

IMEN SAFRA^{1,2}, AIDA JEBALI², ZIED JEMAI¹, HANEN BOUCHRIHA², ASMA GHAFARI¹

¹LGI / ECP

Grande voie des vignes

92295 Chatenay-Malabry Cedex. Paris FRANCE

imen.safra@ecp.fr, asma.ghaffari@ecp.fr, zied.jemai@ecp.fr

²ACS / ENIT

BP. 37 Le Belvédère. 1002 TUNISIE

aida.jebali@enit.rnu.tn, hanen.bouchriha@enit.rnu.tn

Résumé – Dans ce papier, nous présentons une approche séquentielle de planification de la production-distribution-intégrant les niveaux de décision tactique et opérationnel. Cette approche s'applique dans les chaînes logistiques où on vise le choix des sous-traitants, la définition des quantités optimales à produire des différents produits au sein des différentes unités de production et des quantités à acheminer vers les différents clients, passant par les dépôts de stockage, telle que la chaîne logistique textile. Deux modèles mathématiques ont été conjointement développés en vue de déterminer les décisions optimales pour chaque niveau de décision. Dans la modélisation, les relations entre décisions tactiques et décisions opérationnelles sont mises en avant afin de garantir une décision cohérente dans l'ensemble. L'objectif est la minimisation des coûts et tient compte, en plus des coûts de production, stockage et distribution, d'un coût périodique de sous-utilisation de la capacité interne de production. Un horizon de planification de six mois est proposé pour le modèle tactique. Un horizon glissant de périodicité hebdomadaire est utilisé, au niveau opérationnel, pour intégrer les commandes qui arrivent au fil des semaines, lorsque d'autres productions planifiées sont déjà en cours de réalisation sur le mois. Ici, notre ambition est de prouver, à travers un cas d'étude réel d'une multinationale travaillant dans le domaine textile et habillement, l'intérêt de la considération d'une réserve de capacité de production interne pour le cas où nous ne disposons pas d'une information avancée sur les ventes des clients.

Abstract - This paper describes a sequential approach integrating tactical and operational decision levels to model the multi-product and multi-period production and distribution planning problem. This approach aims to define optimal quantities to produce, to store and to deliver, while taking into account outsourcing options. The objective is the minimization of the overall costs ; it considers, in addition to production, storage and distribution costs, the cost incurred by under-utilization of internal production capacities. A rolling weekly periodicity is used at the operational level, to integrate new production orders, coming weekly, taking into account the ongoing production planned for the month.

The aim of this paper is to prove, through a real case study of an apparel multinational company, that the consideration of a safety production capacity will be useful to best perform customers' unforeseen requirements, especially when no advance information, on customers' sales, is available.

Mots clés - intégration des niveaux de décisions, coût de sous-utilisation de la capacité de production, distribution, horizon glissant, chaîne logistique textile.

Keywords – decision levels integration, under-capacity utilization cost, distribution, rolling horizon, apparel supply chain.

1 INTRODUCTION

De nos jours, la performance d'une entreprise ne dépend plus uniquement d'une parfaite maîtrise et optimisation des coûts, mais inclut notamment la valorisation du capital immatériel de l'entreprise, comme la valeur de la marque, les compétences et le capital humain. D'où l'émergence de nouvelles approches de pilotage des performances semble être nécessaire pour la survie des entreprises. Délai, flexibilité, qualité et expertise sont les fondements de ces approches. Essentiellement pour des industries de mode, où des produits personnalisés sont caractérisés par une diversité croissante et un cycle de vie assez court, où des concurrents compétitifs règnent et des

marchés émergents régissent, obligeant ces entreprises à s'acquiescer une meilleure flexibilité par un réseau de producteurs et sous-traitants spécialistes, compétents et compétitifs, afin de répondre aux besoins des clients tout en offrant les meilleurs prix dans un délai optimum. Cela suppose d'une part de définir clairement les objectifs moyens et courts termes de l'entreprise. D'autre part, de mettre en place une approche de planification intégrée, à des fins d'optimisation des délais et coûts. C'est pourquoi, les travaux de recherche s'intéressent de plus en plus à une vision globale qui intègre la production et la distribution dans la chaîne [Chen et Vairaktarakis, 2005] [Sarmiento et Nagi, 1999] [Mula et al. 2010]. Une telle planification intégrée intervient à trois niveaux de décision : stratégique, tactique et opérationnel

[Huang et al., 2003]. Pour le niveau stratégique, il s'agit de la politique à long terme de l'entreprise. Les décisions à ce niveau concernent, entre autres, l'ouverture, la fermeture et la localisation des sites de production et/ou de stockage [Kim et al., 2007]. Une majorité des travaux s'intéresse au niveau tactique, il s'agit généralement de prendre des décisions concernant la taille des lots de production, de stockage et de distribution et leurs affectations aux sites (voir [Lee et Kim, 2002], [Dhaenens-flipo et Finke, 2001], [Aliev et al., 2007], [Eskioglu et al., 2007] et [Selim et al., 2008]). Pour faire face à des demandes à court terme, des décisions opérationnelles sont considérées pour assurer le fonctionnement de la chaîne. Ce niveau implique, entre autres, des décisions concernant l'ordonnement de la production, l'affectation des produits aux chaînes et/ou aux véhicules (voir [Nishi et al., 2007], [Rizk et al., 2006] et [Rizk et al., 2008]). D'autres travaux tiennent compte de l'intégration de deux niveaux de décisions, incluant généralement le niveau stratégique. En effet, des décisions concernant la conception de la chaîne logistique sont considérées en étroite relation avec les décisions concernant la taille des lots à produire et à transporter et leur affectation aux sites (voir [Cohen et Lee, 1989], [Jayarman et Pirkul, 2001], [Jang et al., 2002], [Tsiakis et Papageorgiou, 2007] et [Keskin et Uster, 2007]). D'autres travaux intègrent des décisions, combinant le niveau stratégique et opérationnel tels que [Sabri et Beamon, 2000] [Timpe et Kallrath, 2000].

L'utilisation d'approches intégrées pour la planification de la production et de la distribution a été prônée dans plusieurs types d'industries : l'industrie de production d'ordinateurs [Cohen et Lee, 1989], [Artzen et al., 1995], l'industrie de production d'engrais [Haq et Kanda, 1991], l'industrie de production de détergents [Ozdamar et Yazdac, 1999], l'industrie de production de produits de santé [Jayarman et Pirkul, 2001], l'industrie pharmaceutique [Matta et Miller, 2004], l'industrie de pâte de papier [Rizk et al., 2006], l'industrie de raffinement de produits pétroliers [Kim et al., 2007], l'industrie chimique [Tsiakis et Papageorgiou, 2008]. Cependant, à notre connaissance, le problème d'intégration de la production et de la distribution n'a pas été encore traité pour le cas de l'industrie textile, et les travaux concernant ce secteur se focalisent uniquement sur le processus de production.

Pour tous les travaux cités auparavant, les niveaux de décisions sont traités indépendamment ou de manières séquentielles, sans évaluer, néanmoins, l'impact des décisions prises à un haut niveau au niveau plus bas. De plus, dans la majorité des travaux la complexité de l'ensemble de la chaîne n'est pas prise en compte (nombre limité de produits, production mono-site, etc.).

Pour notre cas d'études, nous allons évaluer l'effet de la prise en compte d'une réserve de capacité de production, considérée au niveau tactique sur les coûts en recourant au niveau opérationnel. Il s'agit d'autoriser l'utilisation uniquement d'un pourcentage de la capacité de production disponible au niveau tactique. Le reste de la capacité est une réserve à utiliser au niveau opérationnel. Notre objectif est aussi de montrer que, par la prise en compte de cette réserve, notre approche permet de répondre aux mieux aux aléas de la demande. Au niveau tactique, il s'agit d'un problème de planification multi-sites, multi-produits, multi-dépôts, multi-modes de transport et multi-périodes, tenant compte de l'activité de sous-traitance, et intégrant un coût de sous-utilisation de la capacité de

production interne. Le modèle de planification tactique est formulé, pour décider des quantités à produire, stocker et distribuer sur un horizon de six mois. Au niveau opérationnel, un autre modèle à horizon de planification variable, avec une périodicité hebdomadaire, est formulé, intégrant une nouvelle capacité assurée par des heures supplémentaires, pour une meilleure prise en compte des commandes imprévues et urgentes. Nous avons testé notre approche sur des instances réelles émanant d'un cas d'étude dans l'industrie textile-habillement. L'idée est de montrer comment la réserve de capacité de production considérée au niveau tactique apporte de l'efficacité au niveau opérationnel, dans le cas où les producteurs ne possèdent pas d'informations avancées sur les ventes des clients finaux. Ces problèmes de planification sont modélisés sous forme de programmes linéaires en nombres mixtes

Le reste du papier est organisé comme suit : nous présentons à la section 2 l'approche que nous proposons pour traiter le problème de planification de la production et de distribution aux niveaux de décision tactique et opérationnel. Les modèles de planification seront présentés, pour les deux niveaux de décisions, dans la section 3. Dans la section 4, nous exposerons notre cas d'étude. Dans la section 5, nous illustrerons les résultats obtenus et nous étudierons l'effet de la réserve de capacité de production considérée sur le coût total de la chaîne logistique considérée. Et nous finirons ce papier par une conclusion et des perspectives de recherche.

2 APPROCHE HIERARCHIQUE PROPOSEE

La chaîne logistique que nous considérons est composée de trois échelons : les sites de production (internes ou sous-traitants), les dépôts et les clients (voir figure 1). Notre approche tient compte de la planification multi-périodique de la production, du stockage et du transport de différents produits. La production peut se réaliser au sein de différentes unités y compris celles des sous-traitants. Ces derniers peuvent être de deux types : (1) des sous-traitants de capacité, qui sont à proximité et qui sont capables de produire des commandes urgentes, mais offrant généralement des coûts de production élevés ; (2) des sous-traitants de spécialité, qui sont plutôt lointains mais pouvant produire des commandes à délais longs et qui offrent des coûts compétitifs, qui pourraient être même très inférieurs au coût de production en interne, contre un coût de transport élevé. Le choix du mode de transport et des quantités à produire et à livrer aux clients tient compte bien évidemment des délais de transport.

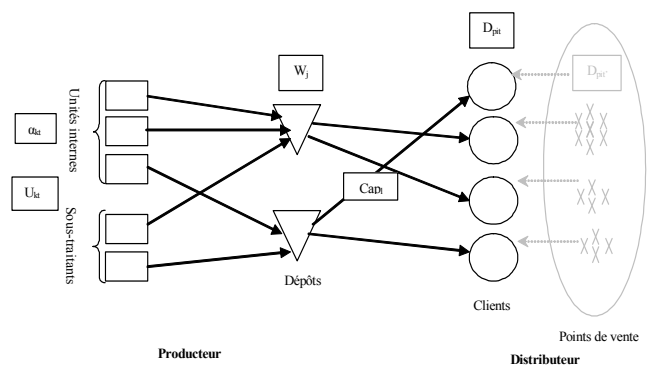


Figure 1. Chaîne logistique

Pour la modélisation de notre problème, nous avons considéré une approche hiérarchique avec deux niveaux de décisions : tactique et opérationnel (voir figure 2). La désagrégation de notre problème en deux niveaux est justifiée par la variation des délais de livraison des commandes. En effet, différentes commandes peuvent être prévisibles et même à délais de livraisons pouvant atteindre les six mois. D'autres demandes arrivent d'une façon imprévue avec un délai de livraison beaucoup plus restreint de l'ordre même de la semaine.

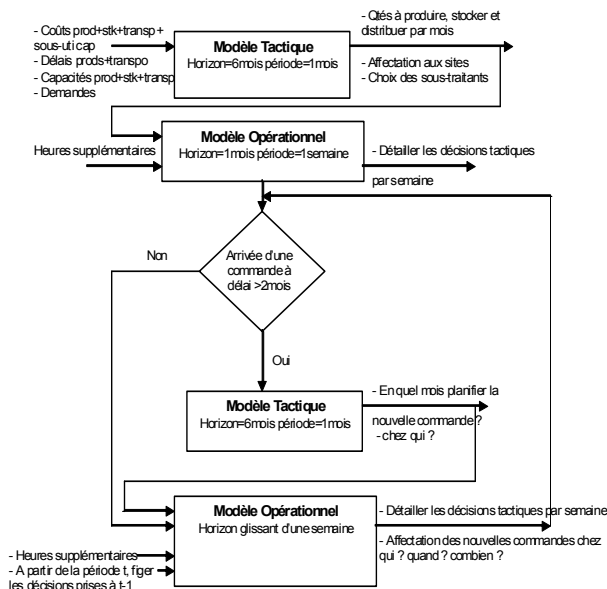


Figure 2. Intégration des niveaux tactique et opérationnel

Pour notre approche hiérarchique, le modèle tactique, traité sur un horizon de planification de six mois, est appliqué au début du premier mois, pour décider des placements des quantités à produire, stocker et distribuer, en tenant compte des sous-traitants lointains et de proximité, et d'un pourcentage de capacité de production interne à utiliser. L'objectif est de minimiser les coûts. Mise à part les coûts de production, de distribution et de stockage, nous avons pris en compte le coût de sous-utilisation de la capacité de production interne. Ce coût permet d'éviter la non utilisation des sites de production internes face à des coûts de sous-traitants plus compétitifs. A partir de la solution du modèle tactique, nous retenons le coût de production et de transport des quantités auprès des sous-traitants lointains sur les six mois ainsi que les affectations décidées dans les différents sites de production sur les mois. En effet, les décisions prises concernant le choix des sous-traitants lointains et les productions mensuelles sont fixés et ne peuvent pas être remis en cause. Les productions à réaliser dans les sites internes, décidées par le modèle tactique, représentent les inputs des modèles opérationnels. Les quantités mensuelles à produire, seront fractionnées sur les semaines au niveau opérationnel, en intégrant les nouvelles commandes qui arrivent et qui doivent être livrées dans un délai inférieur à deux mois. Afin d'intégrer ce type de commandes, nous optons pour une planification à horizon glissant. A ce niveau opérationnel, la réserve de capacité de production interne, considérée au niveau tactique, est relaxée et pourrait être exploitée. Cela donnera plus de flexibilité pour contenir les commandes imprévues et urgentes qui arrivent. A ce niveau, il est aussi possible de faire appel aux heures supplémentaires et à la sous-traitance de proximité. L'horizon de planification de ce modèle opérationnel varie entre huit et onze semaines, afin d'atteindre, pour chaque modèle

opérationnel, la fin du mois en cours et ainsi respecter les productions mensuelles décidées par le modèle tactique sur les mois. A la fin de chaque semaine, nous tournons le modèle opérationnel en intégrant les nouvelles commandes (à délai inférieur à deux mois) afin de les placer dans les différents sites internes ou encore de les confier à des sous-traitants de proximité. Nous figeons les décisions de la première semaine et nous enregistrons les coûts correspondants. Les décisions concernant les autres semaines ne sont pas fermes. Un glissement d'une semaine nous permet, par la suite, de replanifier la production-distribution en introduisant les commandes nouvellement arrivées. A ce niveau opérationnel, et dès la réception d'une commande à délai de livraison supérieur à deux mois, le modèle tactique sera appliqué au mois suivant. En effet, pour ce deuxième type de commandes, il est intéressant d'examiner la possibilité de le confier à des sous-traitants lointains. Les nouvelles affectations décidées par le modèle tactique seront bien évidemment introduites au niveau opérationnel. Cette procédure se répète jusqu'à l'achèvement des six mois. Le cumul des coûts de production et de transport auprès des sous-traitants lointains, obtenus par les modèles tactiques des différents mois, avec les coûts de la première semaine de chaque modèle opérationnel, représente le coût global de notre chaîne logistique sur les six mois.

3 MODELISATION DU PROBLEME

3.1 Modèle tactique

Nous considérons au niveau tactique un horizon de planification de six mois. En effet, dans le cas de la chaîne logistique textile, les commandes lancées auprès des sous-traitants lointains, nécessitent un délai d'environ six mois pour qu'elles soient commandées, produites et transportées. Ce modèle tactique décidera de la répartition des commandes sur le mois auprès des différents sites internes ou sous-traitants, des quantités mensuelles stockées et de celles distribuées en tenant compte des délais des modes de transport et des deadlines de livraison des commandes.

Nous considérons dans la formulation les ensembles et les indices suivants :

J = Ensemble des dépôts ; $j \in J$

K = Ensemble des sites de production ; $k \in K$; $K = U \cup V$;

U = unités internes de production

V = sous-traitants

I = Ensemble des clients ; $i \in I$

L = Ensemble de modes de transports. $l \in L = \{11, 12, 13\}$

P = Ensemble des produits finis $p \in P$

T = horizon de planification ; $t \in [1..T]$

En entrée, nous injectons à ce modèle, les demandes des clients (D_{pit}), les capacités de production des sites (U_{kt}), les capacités de stockage (W_j) et de transport (Cap_l), les délais relatifs aux différents modes de transport (e_l), les temps de production (Tp_p), les volumes unitaires des produits (V_p), ainsi que les différents coûts de production fixe et variable (S_{put} , C_{put}), de sous-traitance (G_{pvt}), de stockage (KP_{pjt}) et de distribution fixe et variable des sites vers les dépôts et des dépôts vers les clients (CF_{kjpl} , CFS_{jipl} , CT_{kjpl} , CS_{jipl}), en considérant en plus un coût de sous utilisation de la capacité interne de production exploitée (CSU_{ut}) pour pénaliser les ressources non utilisées. Finalement, pour offrir plus de flexibilité à notre système au niveau opérationnel, et permettre la satisfaction des demandes imprévues et urgentes qui peuvent arriver, nous avons décidé de réserver de la capacité de production au niveau tactique, pour cela, nous considérons un pourcentage de la capacité de production (α_{kt}).

3.1.1 Les variables du modèle

$Z1_{kjplt}$: quantité de produit p transportée du site $k \in K$ au dépôt j pendant la période t via le mode de transport l (exprimée en quantité de produit).

$Z2_{jiplt}$: quantité de produit p transportée du dépôt j au client i pendant la période t via le mode de transport l (exprimée en quantité de produit).

X_{pkt} : quantité de produit p produite dans le site $k \in K$ à la période t (exprimée en quantité de produit).

SU_{kt} : capacité de production non utilisée dans le site $k \in K$ à la période t (exprimée en heure).

J_{pjt} : Niveau de stock du produit p dans le dépôt j à la fin de la période t (exprimé en quantité de produit).

$Y_{pkt} = 1$ si le produit p est produit dans le site $k \in K$ pendant la période t ; 0 sinon.

$N1_{kjlt}$: Nombre de moyens de transports utilisés pour transporter des produits du site $k \in K$ au dépôt j pendant la période t via le mode de transport l .

$N2_{jilt}$: Nombre de moyens de transports utilisés pour transporter des produits du dépôt j au client i pendant la période t via le mode de transport l .

3.1.2 Formulation mathématique (M1)

$$\begin{aligned} \text{Min} & \left(\sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in U} C_{pkt} X_{pkt} + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in U} S_{pkt} Y_{pkt} + \sum_{k \in U} \sum_{t \in T} CSU_{kt} SU_{kt} \right. \\ & \left. + \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in V} G_{pkt} X_{pkt} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} KP_{pjt} (J_{pjt} + J_{pjt+1}) / 2 + \right. \\ & \left. \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} CT_{kjplt} * V_p * Z1_{kjplt} + \right. \\ & \left. \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} CS_{jiplt} * V_p * Z2_{jiplt} + \right. \\ & \left. \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} CF_{kjplt} * N1_{kjlt} + \right. \\ & \left. \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} CFS_{jiplt} * N2_{jilt} \right) \end{aligned}$$

SC :

$$J_{pjt} = J_{pjt-1} + \sum_{l \in L} \sum_{k \in K} Z1_{kjplt} - e_i - \sum_{j \in J; p \in P; t \in T; t \geq e_i} Z2_{jiplt} \quad (1)$$

$$\sum_{p \in P} J_{pjt} \leq W_j \quad j \in J; t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P} T p_p * X_{pkt} \leq \alpha_{kt} * U_{kt} \quad k \in K; t \in T \quad (3)$$

$$X_{pkt} \leq M * Y_{pkt} \quad k \in K; p \in P; t \in T \quad (4)$$

$$Y_{pkt} \leq X_{pkt} \quad k \in V; p \in P; t \in T \quad (5)$$

$$SU_{kt} \geq \alpha_{kt} * U_{kt} - \sum_{p \in P} T p_p * X_{pkt} \quad k \in U; t \in T \quad (6)$$

$$X_{pkt} = \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} Z1_{kjplt} \quad k \in K; p \in P; t \in T \quad (7)$$

$$D_{pit} = \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} Z2_{jiplt} - e_i \quad i \in I; p \in P; t \in T; t \geq e_i \quad (8)$$

$$\sum_p V_p * Z2_{jiplt} \leq N2_{jilt} * Cap_l \quad j \in J; i \in I; l \in L; t \in T \quad (9)$$

$$\sum_p V_p * Z1_{kjplt} \leq N1_{kjlt} * Cap_l \quad j \in J; k \in K; l \in L; t \in T \quad (10)$$

$$Y_{pkt} \in \{0,1\} \quad k \in K; p \in P; t \in T \quad (11)$$

$$Z1_{kjplt} \geq 0; Z2_{jiplt} \geq 0; X_{pkt} \geq 0; J_{pjt} \geq 0; N1_{kjplt} \geq 0; N2_{jiplt} \geq 0; SU_{kt} \geq 0 \quad (12)$$

$$k \in K; j \in J; p \in P; t \in T; l \in L; i \in I$$

Les deux premiers termes de la fonction coût représentent respectivement le coût de production variable en fonction des quantités produites, et le coût de lancement, au sein des sites internes. Le troisième terme représente le coût de sous-utilisation de la capacité interne de production sur l'horizon de planification, le quatrième est le coût de sous-traitance. Le cinquième terme est le coût de stockage moyen. Les derniers termes représentent les différents coûts de transport variables, en fonction des quantités transportées, et fixes selon le nombre

des moyens de transport à utiliser, entre les sites et les dépôts, puis entre les dépôts et les clients. La famille des contraintes (1) détermine le niveau de stock de produit dans le dépôt j à la fin de la période t en respectant le délai des modes de transports. Les contraintes (2) et (3) assurent respectivement le respect des capacités de stockage des dépôts et des capacités de production des sites internes, en tenant compte pour (3) des temps de production et d'un pourcentage de capacité de production interne à utiliser. La famille des contraintes (4) et (5) garantit la relation entre les variables binaires et continues. Les contraintes (6) définissent la capacité de production interne non utilisée. (7) et (8) représentent les contraintes de distribution et assurent respectivement le transport de toutes les quantités produites aux dépôts et la satisfaction de toutes les demandes des clients à temps, en respectant les délais des moyens de transport. La famille des contraintes (9) et (10) assure le respect des capacités des différents modes de transport. Enfin (11) et (12) représentent les contraintes d'intégrité et de signe.

Pour ce premier modèle, nous allons considérer un horizon de planification de six mois pour décider des quantités à sous-traiter auprès des sous-traitants lointains. Donc lors de la réception d'une commande à délai de livraison long, ce modèle intégrant les sous-traitants lointains, à coûts de production compétitifs, décide des affectations des produits aux différents sites en minimisant les coûts totaux.

En output de ce modèle, nous retenons les affectations des quantités aux différents sites de production, que nous injectons au deuxième modèle traitant le niveau opérationnel.

Une fois nous avons les affectations de quelques produits aux sous-traitants lointains, moyennant ce modèle tactique, nous enregistrons ce coût de production et de distribution. Et nous détaillons la planification les autres productions par le modèle opérationnel.

3.2 Modèle opérationnel

Notre modèle opérationnel considère initialement un horizon de deux mois avec une périodicité hebdomadaire. Et pour pouvoir détailler les placements décidés au niveau tactique sur les semaines, une concordance entre les horizons tactique et opérationnel est nécessaire. En considérant un horizon glissant d'une semaine, nous pouvons atteindre la fin du mois pour pouvoir bien placer toutes les quantités décidées au niveau tactique. C'est pourquoi notre horizon opérationnel varie de 8 à 11 semaines selon le cas considéré.

Ce modèle opérationnel affinera les placements décidés par le modèle tactique par semaine et placera les nouvelles commandes qui arrivent au fil des semaines auprès des différents sites internes ou sous-traitants proches. Ce modèle décide aussi des quantités hebdomadaires stockées et de celles distribuées en tenant compte des délais des modes de transport et des deadlines de livraison des commandes.

Pour ce niveau opérationnel, uniquement les sous-traitants de proximité sont considérés. Des heures supplémentaires peuvent être planifiées, afin de permettre une meilleure flexibilité à notre système.

Nous considérons dans la formulation les ensembles et les indices suivants :

J = Ensemble des dépôts ; $j \in J$

K = Ensemble des sites de production ; $k \in K$; $K = U \cup V$;

U : unités internes de production

V : sous-traitants locaux

CL = Ensemble des clients ; $i \in CL$;

L = Ensemble de modes de transports. $l \in L$;

PR = Ensemble des produits finis $p \in PR$; $PR = PR1 \cup PR2$;

$PR1$ = Produits planifiés par le modèle tactique.

$PR2$ = Les nouvelles commandes qui arrivent.

H = horizon de planification ; $t \in [1..h]$ avec $h \in \{8,9,10,11\}$

En entrée, nous injectons à ce modèle des demandes hebdomadaires (DM_{pit}), les commandes déjà placées par le modèle tactique sur le premier, deuxième et parfois celles du troisième mois ($X1_{pr1k}, X2_{pr1k}, X3_{pr1k}$), les capacités de production des sites en heures normales (UP_{kt}) et en heures supplémentaires (UPH_{ut}), les capacités de stockage (WD_j) et de transport (CM_l), les délais des moyens de transport (d_l), les temps de production (TP_p) et les volumes des produits (V_p). Ainsi que les différents coûts de production en heures normales fixes et variables (SP_{pr2ut}, CP_{pu}), en heures supplémentaires (CPH_{pkt}), les coûts de sous-traitance (GP_{pr2vt}), les coûts de stockage (CPS_{pj}) et les coûts de distribution fixes et variables des sites vers les dépôts puis vers les clients ($CFT_{kj}, CFST_{jil}, CTU_{kj}, CST_{jil}$). En considérant en plus un coût de sous utilisation de la capacité interne de production totale (CSU_{ut}) pour pénaliser les ressources non utilisées. Le coût de stockage au niveau de la fonction objectif est multiplié par le stock moyen entre le début et la fin de période, pour rapprocher les optimisations faites aux niveaux tactique et opérationnel. Le coût de sous-utilisation de la capacité sera estimé en coût horaire de main d'œuvre/machine. Pour ce niveau opérationnel, toute la capacité de production est utilisée.

3.2.1 Les variables du modèle

$ZT1_{kjpt}$: quantité de produit $p \in PR$ transportée du site $k \in K$ au dépôt j pendant la période t (exprimée en quantité de produit).

$ZT2_{jiplt}$: quantité de produit $p \in PR$ transportée du dépôt j au client i pendant la période t (exprimée en quantité de produit).

XP_{pkt} : quantité de produit $p \in PR$ produite dans le site $k \in K$ à la période t (exprimée en quantité de produit).

$XP2_{pkt}$: quantité de produit $p \in PR$ produite en heures supplémentaires dans le site $k \in U$ à la période t (exprimée en quantité de produit).

SPR_{kt} : capacité de production non utilisée dans le site $k \in K$ à la période t (exprimée en heure).

$YP_{pkt} = 1$ si le produit $p \in PR2$ est produit dans le site $k \in K$ pendant la période t ; 0 sinon.

$YH_{pkt} = 1$ si le produit $p \in PR$ est produit en heures supplémentaires dans le site $k \in K$ pendant la période t ; 0 sinon.

JP_{pjlt} : Niveau de stock du produit $p \in PR$ dans le dépôt j à la fin de la période t (exprimé en quantité de produit).

$NP1_{kjt}$: Nombre de moyens de transports utilisés pour transporter des produits du site $k \in K$ au dépôt j pendant la période t .

$NP2_{jilt}$: Nombre de moyens de transports utilisés pour transporter les produits du dépôt j au client i pendant la période t via le mode de transport l .

3.2.2 Formulation mathématique (M2)

$$\begin{aligned} & Min \left(\sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{k \in U} CP_{pkt} XP_{pkt} + \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{k \in U} SP_{pkt} (YP_{pkt} + YH_{pkt}) \right. \\ & + \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{k \in V} GP_{pkt} XP_{pkt} + \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{k \in U} CPH_{pkt} XP2_{pkt} + \\ & \sum_{t \in H} \sum_{k \in U} CSU_{kt} SPR_{kt} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} (JP_{pjlt} + JP_{pjlt+1}) / 2 + \\ & \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} CTU_{kj} * V_p * ZT1_{kjpt} + \\ & \sum_{t \in H} \sum_{p \in PR} \sum_{i \in CL} \sum_{j \in J} CST_{jil} * V_p * ZT2_{jiplt} + \\ & \left. \sum_{t \in H} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} CFT_{kj} * NP1_{kjt} + \sum_{t \in H} \sum_{l \in L} \sum_{i \in CL} \sum_{j \in J} CFST_{jil} * NP2_{jilt} \right) \end{aligned}$$

SC :

$$JP_{pjlt} = JP_{pjlt-1} + \sum_{k \in K} ZT1_{kjpt} - \sum_{i \in CL} \sum_{l \in L} ZT2_{jiplt} \quad j \in J; p \in PR; t \in H \quad (1)$$

$$\sum_{p \in PR} JP_{pjlt} \leq WD_j \quad j \in J; t \in H \quad (2)$$

$$YH_{pkt} + YP_{pkt} \leq 1 \quad k \in K; p \in PR; t \in H \quad (3)$$

$$XP2_{pkt} \leq M * (YH_{pkt} + YP_{pkt}) \quad k \in K; p \in PR; t \in H \quad (4)$$

$$YH_{pkt} \leq XP2_{pkt} \quad k \in K; p \in PR; t \in H \quad (5)$$

$$\sum_{p \in PR} TP_p * XP2_{pkt} \leq UPH_{kt} \quad k \in U; t \in H \quad (6)$$

$$\sum_{p \in PR} TP_p * XP_{pkt} \leq UP_{kt} \quad k \in K; t \in H \quad (7)$$

$$XP_{pkt} \leq M * (YH_{pkt} + YP_{pkt}) \quad k \in K; p \in PR; t \in H \quad (8)$$

$$YP_{pkt} \leq XP_{pkt} \quad k \in V; p \in PR; t \in H \quad (9)$$

$$X1_{pk} = \sum_{t=1}^4 XP_{pkt} + \sum_{t=1}^4 XP2_{pkt} \quad k \in U; p \in PR1; t \in [1..8] \quad (10)$$

$$X1_{pk} = \sum_{t=1}^{h-8} XP_{pkt} + \sum_{t=1}^{h-8} XP2_{pkt} \quad k \in U; p \in PR1; t \in [1..h]; h \neq 8 \quad (11)$$

$$X2_{pk} = \sum_{t=1}^8 XP_{pkt} + \sum_{t=1}^8 XP2_{pkt} \quad k \in U; p \in PR1; t \in [1..8] \quad (12)$$

$$X2_{pk} = \sum_{t=h-7}^{h-4} XP_{pkt} + \sum_{t=h-7}^{h-4} XP2_{pkt} \quad k \in U; p \in PR1; t \in [1..h]; h \neq 8 \quad (13)$$

$$X3_{pk} = \sum_{t=h-3}^h XP_{pkt} + \sum_{t=h-3}^h XP2_{pkt} \quad k \in U; p \in PR1; t \in [1..h]; h \neq 8 \quad (14)$$

$$SPR_{kt} \geq UP_{kt} - \sum_{p \in P} TP_p * XP_{pkt} \quad k \in U; t \in H \quad (15)$$

$$XP2_{pkt} + XP_{pkt} = \sum_{j \in J} ZT1_{kjpt} \quad k \in K; p \in PR; t \in H \quad (16)$$

$$DM_{pit} = \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} ZT2_{jiplt} - d_l \quad i \in CL; p \in PR; t \in H; l \geq d_l \quad (17)$$

$$\sum_{p \in PR} V_p * ZT2_{jiplt} \leq NP2_{jilt} * CM_l \quad j \in J; i \in CL; t \in H; l \in L \quad (18)$$

$$\sum_{p \in PR} V_p * ZT1_{kjpt} \leq NP1_{kjt} * CM_l \quad j \in J; k \in K; t \in H; l \in L \quad (19)$$

$$YP_{pkt} \in \{0,1\} \quad k \in K; p \in PR2; t \in H \quad (20)$$

$$\begin{aligned} & YH_{pkt} \in \{0,1\}; ZT1_{kjpt} \geq 0; ZT2_{jiplt} \geq 0; XP_{pkt} \geq 0; XP2_{pkt} \geq 0; \\ & JP_{pjlt} \geq 0; NP1_{kjt} \geq 0; NP2_{jilt} \geq 0; SPR_{kt} \geq 0 \quad (21) \\ & k \in K; p \in PR; t \in H; j \in J; i \in CL; l \in L \end{aligned}$$

Le premier terme de la fonction objectif représente le coût de production variable en interne en fonction des quantités produites, le deuxième terme représente respectivement les coûts de lancement de la production en heures normales et supplémentaires dans les sites internes. Le troisième terme est le coût de sous-traitance et le quatrième représente le coût de production en heures supplémentaires. Le terme suivant est le coût de sous-utilisation de la capacité de production interne. Le coût de stock moyen entre t et $t+1$ est représenté par le sixième terme. Les quatre derniers termes sont relatifs aux coûts de transport variables et fixes des sites vers les dépôts puis vers les clients. La première famille de contraintes, pour ce modèle opérationnel, assure l'équilibre des flux. Les contraintes (2) permettent le respect des capacités de stockage. La famille des contraintes (3) (4) et (5) garantissent la considération du coût de lancement de la production en heures supplémentaires uniquement pour le cas où il n'y a pas eu de production en heures normales. Les contraintes (6) et (7) assurent le respect des capacités de production en heures normales et supplémentaires, en considérant les temps de production des différents produits. L'affectation des produits aux sites est assurée par les contraintes (8) et (9). Les familles de

contraintes (10) à (14) assurent le respect des décisions prises par le modèle tactique (M1). Les contraintes (15) définissent la capacité de production interne non utilisée. Le transport de toutes les quantités produites en heures normales et supplémentaires vers les dépôts est assuré par les contraintes (16). La famille des contraintes (17) assure la satisfaction des demandes des clients à temps, en respectant les délais de transport. Le respect des capacités des modes de transport est assuré par les contraintes (18) et (19). Les contraintes (20) et (21) représentent les contraintes d'intégrité et de restriction de signe.

Pour ce modèle, nous considérons les demandes à délais de livraisons inférieurs à deux mois. Pour les commandes à délais supérieurs à deux mois, nous appliquons notre modèle tactique, à partir du mois suivant, pour décider des placements des demandes sans écarter la possibilité de les confier à des sous-traitants lointains. Le modèle opérationnel pourrait donc contenir ces demandes, si le modèle tactique propose leur placement dans des sites de production internes. Les coûts de production et de transport des commandes affectées aux sous-traitants lointains sont comptabilisés au niveau tactique.

Pour cela, nous avons commencé par considérer les deux premiers mois, en détaillant sur les semaines les quantités décidées à produire au niveau tactique. Nous figeons ensuite les quantités produites, stockées et distribuées pour la première semaine et nous re-planifions de nouveau les quantités restantes à produire en avançant d'une semaine et en intégrant les nouvelles commandes qui arrivent pendant cette semaine, et qui ont un délai de livraison inférieur ou égal à deux mois. Les quantités décidées pour la première semaine sont de nouveau figées et nous glissons d'une autre semaine pour re-planifier les quantités restantes et intégrer les nouvelles commandes. Nous obtenons à la fin de chaque semaine un plan détaillé de production, stockage et distribution des différents produits, tenant compte des affectations du modèle tactique et des demandes imprévues et urgentes nouvellement arrivées.

La somme des coûts obtenus pour les premières semaines des horizons glissants jusqu'au sixième mois, additionnée au coût tactique des productions chez les sous-traitants lointains, représente le coût total engendré par le processus de planification proposé sur les six mois considérés. L'évaluation des coûts sur six mois est proposée ici à titre expérimental.

4 CAS D'ETUDE : INDUSTRIE TEXTILE

L'absence de travaux traitant le problème de planification de la production-distribution dans la chaîne textile nous a incités à appliquer notre approche à ce cas d'étude. En effet, cette industrie présente quelques spécificités : diversité des produits et des acteurs dans la chaîne, variabilité de la demande, raccourcissement du cycle de vie des produits, effet de mode et demandes personnalisées. Pour cette industrie, une optimisation des coûts, un respect des deadlines et un temps de réponse rapide, sont nécessaires pour la survie des entreprises. Bien évidemment, l'ensemble de ces spécificités attribue au problème de planification considéré une complexité importante.

Notre approche tient compte de la planification de la production, du stockage et de la distribution des références de produits textiles de type maille. En effet, vu la large gamme de produits traités dans ce domaine pour une saison donnée, nous nous contentons de la considération d'une seule famille de produits avec déjà plus d'une centaine de références différentes par an.

Notre approche modélise la chaîne logistique d'une multinationale tunisienne produisant pour le marché national et

international, avec trois sites de production internes, une dizaine de sous-traitants locaux et un sous-traitant chinois, deux dépôts de stockage, une cinquantaine de références de produits de type maille et une vingtaine de clients par saison et utilisant trois modes de transports pour la distribution de la marchandise (bateau, avion, camion). Par clients, nous entendons, dans ce travail, les distributeurs qui livrent leurs points de ventes respectifs. Les commandes pour ce type d'industrie peuvent être de deux types : (1) des commandes de mise en place, qui sont prévisibles, planifiées et prises suffisamment à l'avance et avant même six mois (collections des saisons estivales ou hivernales) ; (2) des commandes de réassort ou d'actualisation, qui sont généralement imprévues et même urgentes, pour combler des ruptures de stocks dans les boutiques ou pour remplacer des produits invendus.

Ces commandes proviennent de deux types de clients : soit des clients internes à cette entreprise exprimant généralement leurs besoins suffisamment à l'avance (délai > 4 mois), soit des clients externes du marché international dont les dates de livraison des commandes sont généralement réduites (délai < 1 mois).

La difficulté réside donc dans le placement des commandes chez les différents producteurs à moindre coût et en respectant les délais. Ces producteurs peuvent être des sites internes à l'entreprise, des sous-traitants de capacité offrant une flexibilité mais à des prix 20% plus élevés que les coûts de production en interne, ou un sous-traitant chinois de spécialité, produisant de grands volumes et offrant la moitié des prix de production en interne, pour des produits basiques. Les capacités de production de tous les sites sont limitées. Les quantités produites, destinées aux différents clients, sont groupées au sein des dépôts locaux appropriés, et ramassés une fois par semaine pour livraison. Ces dépôts sont caractérisés par une capacité de stockage limitée et un coût de stockage unitaire de l'ordre de 5% du coût unitaire de production. Le transport des différents produits en local, se fait moyennant des camions. Le coût de transport par camion est fixe et ne dépend que du client considéré. Pour le transport à l'étranger, des avions ou des bateaux peuvent être utilisés avec des délais et des coûts de transports différents. En effet, pour le bateau, un délai variable de trois semaines à huit semaines s'avère nécessaire. Par contre, pour l'avion, la livraison se fait au cours de la même semaine. Les coûts de transport par bateau et avion sont composés des coûts variables selon le volume transporté et des coûts fixes des frets ou des transitaires selon le nombre de moyens de transports utilisés pour la même période.

Le coût de sous-utilisation de la capacité est par contre estimé en coût horaire de main d'œuvre/machine, et est approximé au tiers du coût de production en interne. Une capacité de production additionnelle est assurée, dans les sites internes, par des heures supplémentaires pour la semaine et elle représente 25% de la capacité de production en heures normales et coûte 14% plus cher.

Pour ce travail, nous supposons que les producteurs n'ont aucune visibilité sur les ventes des clients finaux, ce qui nous a incité à s'acquiescer une flexibilité, pour accueillir les nouvelles commandes imprévues et urgentes qui arrivent au niveau opérationnel et les livrer à temps et au moindre coût. Ceci est assuré, entre autres, par la considération d'une réserve de capacité de production interne à considérer au niveau tactique sur les six mois. Ce pourcentage est calculé en se basant sur un historique des demandes par année, et est défini comme le rapport des quantités commandées à délai de livraison supérieur à deux mois par les quantités totales produites. Ce cas d'étude s'aligne bien avec notre modélisation présentée à la section 3. Notre approche permettra de planifier, sur un

horizon de six mois avec une périodicité mensuelle, les quantités à produire à stocker et à distribuer chez le sous-traitant chinois, les sous-traitants locaux ou en interne, de sorte à minimiser les coûts. Ces productions seront au niveau opérationnel détaillées sur les semaines, excluant celles affectées au sous-traitant chinois, et intégrant les commandes à délai court et qui sont des commandes urgentes, de réassort ou d'actualisation.

A partir d'un historique de demandes des années 2006 et 2007, nous distinguons les différentes commandes à délais supérieurs à deux mois, et nous calculons le rapport de ces commandes sur la production totale. Nous obtenons le pourcentage de capacité à considérer dans la planification au niveau tactique et donc la réserve de capacité de production. Dans ce travail, ce pourcentage de capacité de production interne utilisée au niveau tactique, est déterminé pour les six mois, et sera évalué dans la suite.

5 RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION

Dans ce travail, nous proposons de simuler notre approche sur six mois de l'année 2008 (de mars à août), en se basant sur un historique des demandes des années 2006, 2007 et 2008. Les données utilisées dans l'expérimentation sont des données réelles.

Pour la résolution des modèles mathématiques mis en œuvre par l'approche proposée nous avons utilisé le solveur Cplex 12.0 sur un PC Intel Core i5 avec une fréquence d'horloge de 2.3 Ghz.

5.1 Considération de toute la capacité de production disponible

Pour notre premier cas d'étude, nous considérons toute la capacité interne de production ($\alpha=1$). Pour cela, nous nous situons au début du mois de mars, et nous simulons notre premier modèle tactique, en introduisant les demandes à dates d'arrivée antérieures au 1er mars et à dates de livraisons postérieures. Ce modèle, avec 56 produits et 12 clients contient 122622 contraintes, 66103 variables dont 5040 variables binaires, et est résolu en 30 minutes en fournissant une solution optimale à 10^{-4} près. En sortie, nous retenons de ce modèle les affectations des quantités aux différents sites de productions, que nous injectons au 2ème modèle traitant le niveau opérationnel.

Une fois nous avons les affectations de quelques produits aux sous-traitants chinois, moyennant ce modèle tactique, nous enregistrons ce coût de production et de distribution. Nous détaillons les productions mensuelles affectées aux sites internes par le modèle opérationnel 1. Ce modèle, appliqué au début du mois de mars, avec 27 produits finis et 9 clients, contient 55699 contraintes et 25289 variables dont 3456 variables binaires, est résolu en 4 minutes en fournissant une solution optimale à 10^{-4} près. En output, nous figeons les décisions prises à la première semaine, nous retenons de ce modèle le coût de cette semaine, et nous re-planifions les quantités restantes à produire, avec l'intégration de nouvelles demandes qui arrivent sur la semaine glissante. Pour la suite des simulations des modèles opérationnelles, nous considérons les demandes à délais de livraisons inférieurs à deux mois. Pour les commandes à délais supérieurs à deux mois, nous appliquons notre modèle tactique, à partir du mois suivant, pour décider des éventuels placements de ce type de demandes auprès du sous-traitant chinois. Notre modèle opérationnel pourrait donc contenir ces demandes, si le modèle tactique propose leur placement dans des sites de productions internes. Si ces productions seront affectées au sous-traitant chinois,

elles ne seront prises en compte au niveau opérationnel et leurs coûts seront comptabilisés au niveau tactique.

Dans la suite des simulations, nous tournons notre modèle opérationnel 24 fois sur les six mois de mars à août et nous enregistrons les coûts respectifs des premières périodes de chaque modèle. De manière séquentielle, le modèle tactique est appliqué, dès qu'une commande à délai de livraison supérieur à deux mois arrive, pour qu'elle soit intégrée au mois suivant. D'où pour l'année 2008, et en introduisant au fur et à mesure les demandes hebdomadaires qui arrivent, nous tournons ce modèle tactique quatre fois pour les mois de mars, mai, juin et août. Vu qu'au cours des semaines des mois de mars et juin, aucune demande à délai supérieur à deux mois n'a été enregistrée.

Nous obtenons à la fin des simulations sur les six mois, un planning de production, stockage et distribution hebdomadaire des différents produits, tenant compte des affectations du modèle tactique et des demandes imprévues et urgentes qui arrivent. Et la somme des coûts obtenus pour les premières semaines des modèles opérationnels jusqu'au mois d'août, additionnée au coût tactique des productions chez le sous-traitant chinois, obtenu par les 4 modèles tactiques, représente le coût total de production, stockage et distribution pour les six mois de mars à août obtenu par l'utilisation de l'approche de planification ainsi proposée. Ce coût est égal à 2864341,361 TND (voir figure 3) pour une réserve de capacité de production nulle.

5.2 Détermination d'un pourcentage de capacité de production interne à considérer au niveau tactique

Nous sommes dans le cas où nous n'avons aucune visibilité sur les commandes qui pourraient arriver les jours à venir. Le mieux que nous puissions faire, dans ce cas, est la considération d'une réserve de capacité au niveau tactique, pour pouvoir satisfaire les commandes à délai court au niveau opérationnel. Nous proposons de considérer une réserve $r = (1 - \alpha)$ calculée en se basant sur un historique des demandes des années 2006 et 2007. Pour tous les mois, la réserve considérée est la même et est définie comme suit :

$$r = 1 - \alpha = \frac{\text{commandes à } dl_{\text{livraison}} > 2 \text{ mois}}{\text{commandes totales produites}}$$

Ce taux est calculé pour chaque mois et nous obtenons les résultats suivants :

Tableau 1. capacité de production utilisée par mois 06/07

Mois	mars	avr	mai	jun	jul	août
α_{2006}	0,62	0,90	0,89	0,71	0,61	0,76
α_{2007}	0,75	0,91	0,72	0,91	0,87	0,95

Ces valeurs ne permettent pas de confirmer une saisonnalité des productions réalisées pour les mois allant de mars à août les années 2006 et 2007. Nous avons alors opté pour le calcul d'une moyenne des capacités de production utilisées pour les années 2006 et 2007, afin de déterminer le pourcentage de capacité pour les mois de mars à août de l'année 2008, et nous avons obtenu un α_{moyen} pour l'année 2008 égal à 80%.

5.3 Utilisation d'un pourcentage moyen de capacité de production interne

Pour ce cas d'étude, et en se basant sur ce qui précède, nous avons considéré un alpha égal à 0,8 pour tous les modèles tactiques que nous faisons tourner séquentiellement avec les modèles opérationnels. Et de la même manière que pour le travail présenté au paragraphe 5.1, mais en considérant ici un

alpha égal à 80%, nous avons obtenu un coût global de notre chaîne logistique sur les six mois de l'année 2008 égal à 2746344,8 TND.

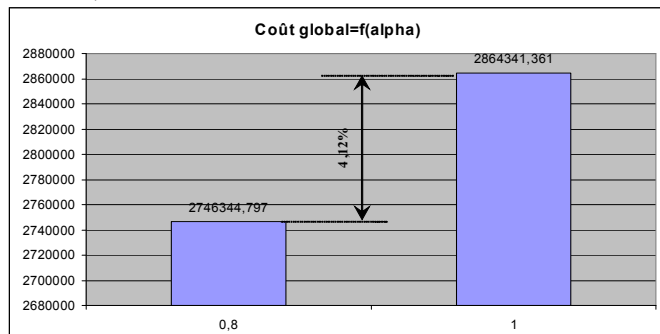


Figure 3. variation de la capacité de production utilisée

En comparant ce coût obtenu pour les six mois de l'année 2008 pour un alpha égal à 80% à celui obtenu en considérant toute la capacité de production disponible ($\alpha = 100\%$) (voir figure 3), nous remarquons un gain $\Delta 1 = 4,12\%$ lors de la considération d'une réserve de capacité de production de 20%. Ce gain en coût justifie l'importance de la considération d'une telle réserve de capacité de production pour pouvoir absorber aux mieux les demandes qui arrivent au fur et à mesure avec des coûts maîtrisés.

La performance de cette approche de planification dépendra certes du choix du pourcentage de capacité de production à considérer au niveau tactique, plus précisément au choix de la méthode utilisée pour l'estimer.

6 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans ce travail, nous avons pu confirmer l'utilité et l'efficacité de la considération d'une réserve de capacité de production au niveau de la planification tactique, pour une chaîne logistique textile où les producteurs ne possèdent pas d'informations avancées sur les ventes des clients finaux.

Parmi les perspectives directes de notre travail, nous citons l'évaluation de notre approche par la considération d'une réserve de capacité de production variable par période. Cette réserve permettra un gain meilleur pour notre chaîne logistique, par un ajustement des capacités de production par période.

Dans nos perspectives, nous proposons également d'évaluer notre approche pour un système à information partagée, où le producteur possède une information avancée sur les ventes des clients finaux et pourra par conséquent anticiper en réserve de capacité de production à temps par un suivi des ventes. La réserve de capacité de production, dans ce cas sera aussi considérée au niveau opérationnel et réajustée par semaine en fonction des prévisions sur les commandes à venir à partir du suivi des ventes courantes.

7 REFERENCES

Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Guirimov, B.G., Aliev, R.R., (2007) Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management. *Information Sciences* 177, pp.4241-4255.

Amtzen, B.C, Brown, G.G, Harrison, T.P, Trafon, L.L. (1995) Global supply chain management at Digital Equipment Corporation", *INTERFACES*, 25, pp. 69-93.

Chen, Z.L. Vairaktarakis, G.L. (2005) Integrated scheduling of production and distribution operations. *Management Science*, 51(4).

Cohen, M.A., Lee, H.L. (1989) Resource deployment analysis of

global manufacturing and distribution networks. *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, pp.81-104.

Dhaenens-flipo, C., Finke, G., (2001) An integrated model for an industrial production-distribution problem. *IIE Transactions* 33, pp.705-715.

Eskioglu, S.D., Eskioglu, B., Romeijn, H.E., (2007) A Lagrangean heuristic for integrated production and transportation planning problems in a dynamic, multi-item, two-layer supply chain. *IIE Transactions* 39, pp.191-201.

Haq, A.N. Kanda, P.V.A. (1991) An integrated production-inventory-distribution model for manufacture of urea: a case. *International Journal of Production Economics*, 39.

Huang, G.Q., Lau, J.S.K., Mak, K.L., (2003) The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature. *International Journal of Production Research* 41, pp.1483-1517.

Jang, Y.J., Jang, S.Y., Chang, B.M., Park, J., (2002) A combined model of network design and production/distribution planning for a supply network. *Computers and Industrial Engineering* 43, pp.263-281.

Jayaraman, V., Pirkul, H., (2001) Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. *European Journal of Operational Research* 133, pp.394-408.

Keskin, B.B. and Üster, H., (2007) Meta-heuristic approaches with memory and evolution for a multi-product production/distribution system design problem. *European Journal of Operational Research* 182.

Kim, Y. Yun, C. Park, S.B. Park, S. Fan, L.T., (2007) An integrated model of supply Network and production planning for multiple fuel products of multi-site refineries. *Computers and Chemical Engineering*.

Lee, Y.H., Kim, S.H., (2002) Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints. *Computers and Industrial Engineering* 43, pp.169-190.

Matta, R.D. and Miller, T., (2004) Production and inter-facility transportation scheduling for a process industry. *European Journal of Operational Research* 158.

Mula, J., Peidro, D., Diaz-Madroñero, M., Vicens, E. (2010) Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European Journal of Operational Research*, 204, pp. 377-390.

Nishi, T. and Konishi, M. and Ago, M., (2007) A distributed decision making system for integrated optimization of production scheduling and distribution for aluminium production line. *Computer and Chemical Engineering* 31.

Ozdamar, L. and Yazgac, T., (1999) A Hierarchical Planning Approach for a Production-Distribution System, *International Journal of Production Research*, 37, pp. 3759 - 3772.

Rizk, N., Martel, A., D'amours, S., (2006) Multi-item dynamic production-distribution planning in process industries with divergent finishing stages. *Computers and Operations Research* 33, pp.3600-3623.

Rizk, N., Martel, A., D'amours, S., (2008) Synchronized production-distribution planning in a single-plant multi-destination network. *Journal of the Operational Research Society* 59, pp. 90-104.

Sabri, E.H., Beamon, B.M.,(2000) A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design. *Omega-International Journal of Management Science* 28, pp.581-598.

Sarmiento, A.M., Nagi, R., (1999) A review of integrated analysis of production-distribution systems. *IIE Transactions* 31, pp. 1061-1074.

Selim, H., Am, C., Ozkarahan, I., (2008) Collaborative production-distribution planning in supply chain: a fuzzy goal programming approach. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review* 44, pp.396-419.

Timpe, C.H., Kallrath, J., (2000) Optimal planning in large multi-site production networks. *European Journal of Operational Research* 126, pp.422-435.

Tsiakis, P. and Papageorgiou, L.G., (2007) optimal production allocation and distribution supply chain networks. *International journal of production economics*.