

Gestion de la production à l'entreprise Meriplast

Makhloufi Y., Mehani A., Aoudia Z. et Aïssani D.

lamos_bejaia@hotmail.com, zo.aoudia@gmail.com

Résumé L'entreprise Meriplast veut renforcer sa capacité de production en implantant une troisième unité de production dans la Wilaya de Sétif. A cet effet, les gestionnaires de l'entreprise s'interrogent si les capacités de production actuelles pourront faire face à l'augmentation de la demande afin de justifier cet investissement.

Dans ce travail, nous avons proposé un modèle linéaire, pour l'ordonnancement des tâches des différentes gammes des produits Meriplast sur les deux unités de production actuelles (Béjaïa et Oued ghir).

Pour la résolution, nous avons dû implémenter deux métaheuristiques à savoir : l'algorithme génétique et la recherche tabou. Les résultats obtenus, nous ont permis de connaître les quantités produites par jour, où nous les avons comparé avec les données réelles. En plus de la performance du système actuel, nous avons déterminé le taux d'augmentation de la demande qui nécessitera des mesures spécifiques.

Key words: Modélisation, gestion de la production, ordonnancement, algorithmes génétiques, recherche tabou

3.1 Introduction

Depuis plusieurs années, le contexte de mondialisation et l'accroissement de la concurrence ont défini un nouvel ordre économique et industriel pour les entreprises de production de biens. En effet, ces entreprises sont quotidiennement confrontées à la maîtrise et à l'amélioration des performances de l'ensemble de leurs processus afin de garantir leur pérennité et leur compétitivité [1].

L'entreprise Meriplast, tout comme toute autre entreprise industrielle, tente de faire face à l'augmentation de la demande en conservant les critères de qualités des services fournis. Pour ce faire, elle tente d'appliquer les approches scientifiques et les méthodes de la recherche opérationnelle.

Au début de son lancement, l'entreprise disposait d'un seul site de production. Par la suite, elle a fait l'acquisition d'un nouveau site de production qui lui permet d'augmenter considérablement sa production. La question qui se pose : est-ce que les capacités de production des deux unités peuvent faire face à l'augmentation de la demande ?

Cet article est organisé comme suit : nous présentons en premier lieu le système de production de l'entreprise Meriplast. Ensuite, nous présentons l'approche que nous avons adopté pour la résolution du problème.

3.2 Position du problème

L’objectif des dirigeants de MERIPLAST est d’améliorer la productivité et la qualité des produits finis, afin de satisfaire ses clients en respectant les délais de livraison et en leur proposant des produits de meilleure qualité à des coûts plus raisonnables. En effet, dans le domaine industriel, les clients deviennent de plus en plus exigeants. Ce qui incite les entreprises à être compétitives, pour gagner des parts de marché en satisfaisant au mieux la clientèle et ce, en trouvant un compromis entre les coûts, la qualité et surtout les délais de livraison des produits finis.

La question qui se pose est la suivante : est-ce que les capacités de production des deux unités de Béjaia et Oued Ghir peuvent faire face à l’augmentation de la demande ? Dans un premier temps, nous nous intéressons à la gestion de la production du système actuel. Puis, nous aborderons l’évaluation des performances dans le cas où la demande est augmentée.

L’ordonnancement est une fonction clé dans la gestion de la production. Elle vise à planifier dans le temps et d’organiser l’utilisation des ressources présentes dans les ateliers de production de l’entreprise afin d’atteindre les objectifs tracés auparavant (qualité, coût et délais).

Le système de production de l’entreprise Meriplast est modélisé sous forme d’un problème d’ordonnancement de type job-shop flexible qui est NP-Difficile. D’où, la nécessité de recourir aux métaheuristiques pour la résolution[2, 5].

3.3 Modélisation du problème

3.3.1 Description du problème

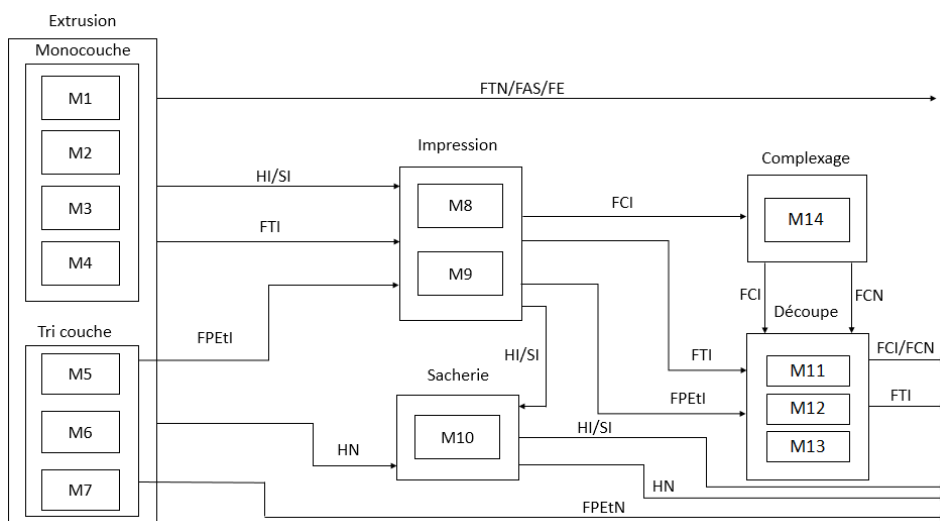


FIGURE 3.1

Cette figure montre le système de production de l'entreprise Meriplast en regroupant les deux unités ensemble. Nous avons remarqué que chaque produit a son propre ordre de passage sur les différentes machines disponibles.

Le problème d'ordonnancement de type job shop flexible est formulé en un programme linéaire mixte qui minimise la plus grande date d'achèvement des travaux.

3.3.2 Formulation du problème

Les paramètres

Les paramètres et les notations utilisés sont présentés dans le tableau 1

Paramètres	Signification
J	ensemble des jobs $j = 1, \dots, 12$
O_{ij}	la i ème tâche du job j
$O_{i_{der}j}$	la dernière tâche de j
$nbopj$	nombre de tâches du job j
N	$N = \sum_{j=1}^12 2nbopj$
$d_{i,j,k}$	la durée de la tâche O_{ij} sur la machine k
E_{ij}	ensemble des machines pouvant effectuer O_{ij}
t_{ij}	date de début de O_{ij}
$t_{i_{der}j}$	date de début de $O_{i_{der}j}$
C_j	date de fin du job j
C_{max}	a plus grande date de fin des jobs

TABLE 3.1

Paramètres contrôlables

- l'affectation des opérations aux machines,
- date de début de chaque opération,
- le séquençement des opérations sur machine.

Paramètres non contrôlables

- nombre et type de job,
- nombre et type d'opérations constituant chaque job,
- nombre, capacités de chaque machine,
- durées des opérations,
- succession des opérations de chaque job.

Les hypothèses

Dans notre problème, on se fixe les hypothèses suivantes :

- chaque machine est disponible pendant toute la période de l'ordonnancement, c'est-à-dire les pannes des machines ne sont pas prises en compte dans notre étude,
- à l'instant $t = 0$, toutes les machines sont disponibles et prêtes à l'utilisation,
- une machine ne peut exécuter qu'une seule opération, donc elle devient disponible à la fin de l'opération en cours d'exécution,
- une opération en cours d'exécution ne peut pas être interrompue,
- les jobs sont indépendants les uns des autres.

Les variables Soient les variables suivantes :

$$X_{i,j,k} = \begin{cases} 1 & \text{si } O_{i,j} \text{ est exécutée par la machine } k \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$j = 1, \dots, 12, i = 1, \dots, nbop_j, k \in E_{ij}.$$

$$Y_{ij,i'j',k} = \begin{cases} 1 & \text{si l'opération } O_{i',j'} \text{ succède à l'opération } O_{i,j} \text{ sur la machine } k \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$j, j' = 1, \dots, 12, i, i' = 1, \dots, nbop_j, k \in E_{ij}.$$

L'objectif

C'est de minimiser la plus grande date d'achèvement des travaux C_{\max} :

$$\min \max_{j \in J} C_j$$

où la date d'achèvement C_j d'un ob j est égale à la date de début de sa dernière opération $t_{i_{der}j}$ plus la durée de cette dernière sur la machine qui l'exécutera :

$$C_j = t_{i_{der}j} + \sum_{k \in E_{i_{der}j}} d_{i_{der}j,k} \dot{X}_{i_{der}j,k}, \text{ pour tout } j = 1, \dots, 12.$$

Les contraintes

1. Une opération $O_{i,j}$ n'est affectée qu'à une et une seule machine :
2. La succession des opérations d'un même job doit être respectée :

$$t_{ij} \geq t_{i-1,j} + \sum_{d_{i-1,j,k}} X_{i-1,j,k}, \forall j = 1, \dots, 12, i = 2, \dots, nbop_j$$

3. Deux opérations ne peuvent s'effectuer simultanément sur une machine :
4. Chaque opération précède une et une seule opération $O_{i',j'}$:

$$\sum_{j'=1}^1 \sum_{i'=1}^{nbop_{j'}} \sum_{k \in E_{ij} \cap E_{i'j'}} Y_{ij,i'j',k} = 1$$

5. Contraintes de non-négativité et de binarité :

$$\begin{aligned} C_j &\geq 0 \quad j = 1, \dots, 12 \\ t_{ij} &\geq 0 \quad j = 1, \dots, 12, i = 1, \dots, nbop_j \\ d_{i,j,k} &\geq 0 \quad k \in E_{ij}, j = 1, \dots, 12, i = 1, \dots, nbop_j \\ X_{i,j,k} &\in \{0, 1\} \quad k \in E_{ij}, j = 1, \dots, 12, i = 1, \dots, nbop_j \\ Y_{ij,i'j',k} &\in \{0, 1\} \quad k \in E_{ij}, j, j' = 1, \dots, 12, i, i' = 1, \dots, nbop_j \end{aligned}$$

3.4 Résolution du problème

Vue le nombre important de variables et de contraintes prises en considération, la résolution exacte s'avère très compliquée, d'où la nécessité d'avoir recours aux métaheuristiques. Nous choisissons l'algorithme génétique et la recherche tabou.[7]

3.4.1 Algorithme génétique

Les algorithmes génétiques font partie de la famille des algorithmes évolutionnaires. Avec ce type de méthodes, il s'agit de trouver une bonne solution satisfaisante dans un temps de calcul raisonnable. L'algorithme de la méthode adaptée à notre problème d'ordonnancement est donné par l'algorithme :

Algorithme 1 : Algorithme génétique

Entrée : N, P_c, P_m, I_{max} : le nombre d'itérations maximum.

Sortie : ID_{best} : meilleur individu, $EVL(ID_{best})$: son évaluation.

Générer la population initiale ;
 Calculer son évaluation ;
 $i=0$;
Tant que $i \leq I_{max}$ **faire**
 Pour k allant de 1 jusqu'à $N/2$ **faire**
 selectionner deux parents parmi les meilleurs ;
 générer $\alpha \in [0, 1]$;
 Si $\alpha \leq P_c$ **alors**
 On fait le croisement des deux parents ;
 Sinon
 On copie les deux parents dans les enfants ;
 Finsi ;
 générer $\beta \in [0, 1]$;
 Si $\beta \leq P_m$ **alors**
 On fait muter l'enfant 1 ;
 Sinon
 On fait muter l'enfant 2 ;
 Finsi ;
 Fin pour ;
 Insertion des meilleurs individus ;
 ID_{best} = meilleur individu trouver ;
 $EVL(ID_{best})$ = l'évaluation du meilleur individu ;
 $i = i + 1$;
Fin Tant que ;

3.4.2 Recherche tabou

La méthode de recherche tabou est une métaheuristique fondée sur le principe de la recherche locale. Ce principe consiste à explorer l'espace de recherche composé de toutes les solutions réalisables dans le but d'aboutir à la solution optimale [EG03].

Cette approche utilise une solution initiale réalisable et une structure de voisinage à chaque itération de la méthode. Le voisinage, $V(x)$, de x est généré en effectuant un mouvement, appelé aussi une simple perturbation de x .

A l'itération n , l'ensemble des voisins de la solution courante, x_n , est généré, puis, ils sont examinés et le meilleur voisins, $x \in V(x)$, de x est sélectionné. On peut remarquer qu'il est possible d'avoir le voisin de moins bonne qualité que la solution courante. Nous adoptons les notations suivantes afin d'élaborer notre algorithme :

- S_{meil} : la meilleure solution trouvée et $EVL(S_{meil})$ son évaluation ,
- S_c : la solution courant,
- S_v : le meilleur voisin de S_c ,
- nb_{max} : le nombre d'itérations maximum sans amélioration,
- nbr : le nombre d'itérations sans amélioration.

Algorithme 2 : L'algorithme de la méthode recherche tabou

Entrée : N :nombre d'itérations, Tl :taille de la liste tabou, nv :nombre de voisin à générer à chaque itération.

Sortie : $S_{meil}, EVL(S_{meil})$

S_c = la solution initiale;

$nbr = 0$;

$k=1$;

$EVL(S_{meil}) = \infty$;

Tant que ($nbr < nb_{max}$) et ($k \leq N$) **faire**

$S_{mv} = \emptyset$; $EVL(S_{mv}) = \infty$;

Pour chaque voisin S_v de S_c non tabou **faire**

Si $F(S_v) < EVL(S_{mv})$ **alors**

$S_{mv} = S_v$;

$EVL(S_{mv}) = F(S_v)$;

Finsi;

Fin pour;

$S_c = S_{mv}$;

$nbr = nbr + 1$;

Si $EVL(S_{mv}) < EVL(S_{meil})$ **alors**

$S_{meil} = S_{mv}$;

$EVL(S_{meil}) = EVL(S_{mv})$;

Finsi;

Mettre à jour la liste tabou

$k = k + 1$;

Fin Tant que;

3.5 Résultats

3.5.1 Données d'entrée

Comme nous n'avons pas les données concernant la demande mais les données de production journalière du mois de mai 2017, nous les avons considéré comme demande et nous résumons dans le tableau suivant :

Produit	FTN	FTI	FE	FAS	FPEtN	FPEtI	HN	HI	SN	SI	FCN	FCI
Quantité(tonne)	10	6	6	8	5	8.5	2	1.5	2	2.5	4	5

Tableau 2- Les données d'entrée

3.5.2 Résultats de l'algorithme génétique et recherche tabou

Nous donnons les deux tableaux qui résument les résultats pour l'algorithme génétique et la recherche tabou.

Pour chacun des algorithmes, nous présentons dans les tableaux respectifs suivants une des meilleures solutions obtenues. Les paramètres utilisés pour l'algorithme génétique sont les suivants :

- taille de la population : 25,
- nombre d'itérations de l'algorithme : 80,
- probabilité de croisement P_c : 0.7,
- probabilité de mutation P_m : 0.3.

Pour l'algorithme de recherche tabou, avec les paramètres suivants :

- taille de la liste tabou : 9
- nombre de voisins : 6
- nombre d'itérations : 80

Machine	Produit	date de début	date de fin
Extr 1	SN	0j : 00 : 00 : 00	1j : 04 : 14 : 07
Extr 2	SI	0j : 00 : 00 : 00	1j : 06 : 00 : 00
Extr 3	HI	0j : 00 : 00 : 00	1j : 18 : 21 : 10
Extr 4	FTN	0j : 00 : 00 : 00	1j : 10 : 17 : 08
Extr 5	FPEtN	0j : 00 : 00 : 00	0j : 21 : 49 : 05
Extr 6	FTI	0j : 00 : 00 : 00	0j : 12 : 00 : 00
	FE	0j : 12 : 15 : 00	1j : 00 : 15 : 00
Extr 7	FPEtI	0j : 00 : 00 : 00	0j : 08 : 09 : 36
	HN	0j : 08 : 24 : 36	0j : 10 : 19 : 48
	FAS	0j : 10 : 34 : 48	0j : 18 : 15 : 36
Impr 1	FPEtI	0j : 08 : 09 : 36	1j : 01 : 09 : 36
	FCI	1j : 01 : 24 : 36	1j : 11 : 24 : 36
	FTI	1j : 11 : 39 : 36	1j : 23 : 39 : 36
Impr 2	SI	1j : 06 : 00 : 00	1j : 11 : 00 : 00
	HI	1j : 18 : 21 : 10	1j : 21 : 21 : 10
Sache	HN	0j : 10 : 19 : 48	0j : 17 : 11 : 13
	SN	1j : 04 : 14 : 07	1j : 11 : 05 : 32
	SI	1j : 11 : 20 : 32	1j : 19 : 54 : 50
	HI	1j : 21 : 21 : 10	2j : 02 : 29 : 44
Compl	FCN	0j : 00 : 00 : 00	0j : 03 : 29 : 27
	FCI	1j : 11 : 24 : 36	1j : 15 : 46 : 24
Décou 1	FPEtI	1j : 01 : 09 : 36	1j : 14 : 45 : 36
Décou 2	FCN	0j : 03 : 29 : 27	0j : 05 : 49 : 56
	FTI	1j : 23 : 39 : 36	2j : 03 : 10 : 19
Décou 3	FCI	1j : 15 : 46 : 24	1j : 17 : 57 : 19

Tableau 3- Résultats Algorithmes génétiques

Machine	Produit	date de début	date de fin
Extr 1	HN	0j : 00 : 00 : 00	1j : 04 : 14 : 07
Extr 2	SI	0j : 00 : 00 : 00	1j : 06 : 00 : 00
Extr 3	HI	0j : 00 : 00 : 00	1j : 18 : 21 : 10
Extr 4	SN	0j : 00 : 00 : 00	0j : 06 : 51 : 25
	FTN	0j : 07 : 06 : 25	1j : 17 : 23 : 34
Extr 5	FE	0j : 00 : 00 : 00	1j : 02 : 10 : 54
Extr 6	FPEtN	0j : 00 : 00 : 00	0j : 10 : 00 : 00
	FAS	0j : 10 : 15 : 00	1j : 02 : 15 : 00
Extr 7	FTI	0j : 00 : 00 : 00	0j : 05 : 45 : 36
	FPEtI	0j : 06 : 00 : 36	0j : 14 : 10 : 12
Impr 1	FCI	0j : 00 : 00 : 00	0j : 10 : 00 : 00
	FPEtI	0j : 14 : 10 : 12	1j : 07 : 10 : 12
	FTI	1j : 07 : 25 : 12	1j : 19 : 25 : 12
Impr 2	SI	1j : 06 : 00 : 00	1j : 11 : 00 : 00
	HI	1j : 18 : 21 : 10	1j : 21 : 21 : 10
Sach	SN	0j : 06 : 51 : 25	0j : 13 : 42 : 51
	HN	1j : 04 : 14 : 07	1j : 11 : 05 : 32
	SI	1j : 11 : 20 : 32	1j : 19 : 54 : 50
	HI	1j : 21 : 21 : 10	2j : 02 : 29 : 45
Compl	FCN	0j : 00 : 00 : 00	0j : 03 : 29 : 27
	FCI	0j : 10 : 00 : 00	0j : 14 : 21 : 48
Décou 1	FCI	0j : 14 : 21 : 48	0j : 22 : 21 : 48
Décou 2	FCN	0j : 03 : 29 : 27	0j : 05 : 49 : 56
	FTI	1j : 19 : 25 : 12	1j : 22 : 55 : 55
Décou 3	FPEtI	1j : 07 : 10 : 12	1j : 10 : 52 : 44

Tableau 4 - Résultats recherche Tabou

3.5.3 Comparaison des résultats

Le tableau suivant résume les résultats obtenus par les deux méthodes :

	Makespan Cmax
Recherche tabou	2j : 02 : 29 : 45
Algorithme génétique	2j : 03 : 10 : 19

En exécutant, plusieurs fois, les deux méthodes avec les mêmes données d'entrée (tableau 2), nous avons constaté que la méthode recherche tabou produit de meilleurs résultats comparés à ceux de l'algorithme génétique. Mais, on remarque une certaine similitude des résultats à cause du caractère aléatoire des deux méthodes.

3.5.4 Evaluation des performances de la production

Afin d'évaluer les performances du système de production de l'entreprise Meriplast, on fait varier la demande, puis on suit l'évolution du système. Pour cela, on va appliquer la méthode recherche tabou avec les même paramètres. Dans un premier temps, on va comparer les quantités produites avec la méthode tabou sur 24H avec les capacités de production. Puis, en second lieu, on va comparer la production réelle du mois de mai 2017 avec les résultats que nous avons obtenus. Enfin, nous prendrons les données du tableau comme demande actuelle et nous les ferons varier.

Production par 24H avec la recherche tabou

En utilisant l'ordonnancement trouvé par la méthode recherche tabou du tableau précédent, nous allons extraire les quantités produites par 24H. Le résultat est dans le tableau suivant :

Production	0-24H (Tonnes)	24H-48H (Tonnes)	Capacités (Tonnes/24H)
M1	1.7	0.3	1.7
M2	2	0.5	2
M3	0.85	0.65	0.85
M4	6.92	5.08	7
M5	5.5	0.5	5.5
M6	11.875	1.125	12
M7	14.5	0	25
M8	9.915	9.385	12
M9	0	4	12
M10	2	4.32 (reste 0.68)	7
M11	5	0	15
M12	4	6	41
M13	0	8.5	55
M14	9	0	27.5

Tableau 5 - Résultats de la production pour la recherche tabou

D'après le tableau précédent, on remarque que toutes les machines d'extrusion atteignent leurs capacités de production sauf la machine M7. Par contre, les autres machines n'ont pas encore atteint leurs capacités, à savoir les découpeuses, la complexeuse et les imprimantes.

Production réelle

Avec les données de production du mois de mai 2017 de l'entreprise, et les capacités des machines, on peut calculer les pourcentages d'utilisation des

machines, comme le montre le tableau suivant (données du 7 mai 2017) :

Machine	Quantité produite (Tonne)	Capacité (Tonne/24H)	Pourcentage d'utilisation
M1	1.866	1.7	109
M2	1.543	2	77.15
M3	0	0.85	0
M4	5.544	7	79.2
M5	4.62	5.5	84
M6	11.301	12	94.17
M7	10.677	25	42.70
M8	6.907	12	57.55
M9	10.907	12	90.89
M10	2.48	7	35.42
M11	0.459	15	3.06
M12	4.63	41	11.29
M13	10.572	55	19.22
M14	3.954	27.5	14.37

Tableau 6 - Pourcentage d'utilisation des machines

Une petite comparaison entre les deux tableaux 5 et 6, fait apparaître que les résultats obtenus par la méthode tabou sont supérieurs à ceux de la production réelle, ce qui peut être expliqué par le fait qu'on a négligé certains paramètres comme les délais et nous avons pris en considération les gammes de produits et non pas les produits.

3.5.5 Variation de la demande

Ici, nous allons faire varier la demande journalière totale et nous allons comparer la quantité produite par rapport aux capacités de production des deux unités et nous nous arrêterons lorsque les capacités seront atteintes. La demande considérée est celle du tableau 2. Et les taux d'augmentation sont 10%, 25% et 40%. Les résultats sont résumés dans les tableaux suivants :

Machine	Quantité produite (Tonne)	Capacité (Tonne/24H)	Pourcentage d'utilisation
M1	1.866	1.7	109
M2	1.543	2	77.15
M3	0	0.85	0
M4	5.544	7	79.2
M5	4.62	5.5	84
M6	11.301	12	94.17
M7	10.677	25	42.70
M8	6.907	12	57.55
M9	10.907	12	90.89
M10	2.48	7	35.42
M11	0.459	15	3.06
M12	4.63	41	11.29
M13	10.572	55	19.22
M14	3.954	27.5	14.37

Tableau 7 - Augmentation de la demande de 10%

Production	0-24H (T)	24H-48H (T)	Capacités(T/24H)
M1	1.7	0.8	1.7
M2	2	1.125	2
M3	0.85	0.85 (reste 0.175)	0.85
M4	6.92	7 (reste 1.08)	7
M5	5.5	1.25	5.5
M6	10.625	0	12
M7	24.48	0.52	25
M8	7.5	3.125	12
M9	7.625	9.25 (reste 1.875)	12
M10	2.5	3.65 (reste 3.85)	7
M11	3.77	6.6	15
M12	3.075	9.425	41
M13	0	10.625	55
M14	11.25	0	27.5

Tableau 8 - Augmentation de la demande de 25%

Production	0-24H (T)	24H-48H (T)	48H-72H (T)	Capacités (T/24H)
M1	1.7	1.1	0	1.7
M2	2	1.5	0	2
M3	0.85	0.85	0.4	0.85
M4	6.92	7	2.88	7
M5	5.5	1.5	0	5.5
M6	11.9	0	0	12
M7	24.48	3.52	0	25
M8	7.97	0.43	0	12
M9	7	11.9	2.1	12
M10	2.8	2.47	5.93	7
M11	2.43	4.56	0	15
M12	0	14	0	41
M13	0	0.9	11	55
M14	11.17	1.42	0	27.5

Tableau 9 - Augmentation de la demande de 40%

Interprétation des résultats

Pour une augmentation de la demande de 10%, tableau 7, on remarque que les capacités de production des deux unités peuvent faire face. Les machines M1, M2, M3, M4 et M5 ont atteint leurs capacités. Par contre, les autres machines ne les ont pas encore atteint. Même constat si la demande augmente de 25%.

Enfin, en augmentant la demande totale jusqu'à 40%, nous remarquons que les extrudeuses et la sacherie ont atteint leurs capacités. Ce n'est pas le cas des autres machines. En particulier les découpeuses qui sont, largement, moins utilisées. Ce fait peut être expliqué par ce fait que les découpeuses ne fonctionnent pas toutes seules. Elles sont rattachées soit à la complexeuse, soit aux imprimantes. Puis, les imprimantes aussi sont utilisées soit après les extrudeuses ou après la sacherie. Et comme les extrudeuses et la sacherie ont atteint leurs capacités, donc on ne pourra pas atteindre les capacités des autres machines.

3.6 Conclusion et perspectives

Dans ce travail, nous avons appliqué une des méthodes de recherche opérationnelle, afin de gérer la production à l'entreprise Meriplast. La modélisation par un modèle linéaire avec des variables mixtes nous a permis d'évaluer les capacités du système de production actuel. Puis, l'évaluation des performances des capacités de production nous ont permis de déterminer le taux d'augmentation de la demande qui nécessitera des mesures spécifiques.

Il serait intéressant de poursuivre ce travail qui s'inscrit dans le cadre de la gestion de production de l'entreprise Meriplast, en considérant les délais et coûts, dans un premier lieu. Peut être, ensuite, considérer le cas stochastique du système.

Références

1. L. Azzabi. Contribution à l'amélioration d'un système de production : intégration de la méthode six sigma et approche multicritère d'aide à la décision dans sidelec internationale. PhD thesis, Ecole Doctorale De SFAX, 2010.
2. T. Chaari. Un algorithme génétique pour l'ordonnancement robuste : application au problème du fow shop hybride. PhD thesis, Université de Valenciennes et du Hainaut- Cambresis, 2010.
3. Y. Collette and P. Siarry. Optimisation Multiobjectif. Editions Eyrolles, Paris, 2002.
4. M. Ennigrou and K. Ghedira. Approche multi-agents basée sur la recherche tabou pour le job shop flexible. PhD thesis, Institut pré- paratoire aux etudes d'Ingénieurs-ElManar, Tunisie, 2003.
5. H. Jin-Kao, P. Galinier, and M. Habib. Métaheuristiques pour l'optimisation combinatoire et l'affectation sous contraintes. Revue d'Intelligence Artificielle, 1999.
6. K. Mellouli, A. El Kamel, and P. Borne. Programmation linéaire et applications. Editions Technip, 2004.
7. M. Widmer. Les Métaheuristiques : Des outils performants pour les problèmes industriels. 3eme Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation MOSIM'01, Troyes, 2001.