

## OPTIMISATION DU TEMPS PRODUCTIF: EXPLOITATION DES Outils INFORMATIQUES DE DIMENSIONNEMENT

Aomar Ibourk<sup>1</sup> et Abdelhakim Rharrassi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Université Cadi Ayyad – Marrakech , Maroc

<sup>2</sup> Ecole technique de la BEFRA-Marrakech, Maroc

(Reçu le 10 Décembre 2007, accepté le 22 Mai 2008)

---

\* Correspondance et tirés à part, e-mail : [rharrassi1@yahoo.fr](mailto:rharrassi1@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cet article est de montrer l'apport des techniques d'optimisation, notamment l'exploitation des outils informatiques spécialisés de dimensionnement, qui peuvent servir de moyen d'aide à la décision et permettre à l'entreprise la prise de mesures souvent simples et ne nécessitant pas d'investissements colossaux telles que l'amélioration de la pente des convoyeurs, mais dont les retombées peuvent être très bénéfiques comme le montre le cas traité de la station de concassage Sidi Mansour

**Mots-clés :** *Dimensionnement, convoyeurs, tension du flux, ratio de criticité.*

### ABSTRACT

#### **Optimization of the product time : the use of computer tools**

The aim of this article is to demonstrate the assistance of the optimization techniques, especially the uses of specialized computer tools of dimensioning, which can serve as means of aid to the decision, and enable the enterprise to take measures, always simple and don't require expensive investments, such as the improvement of the rate of sloping conveyors, but the result can be very beneficial as shown by this treated case of rock breaker mill.

**Keywords :** *Dimesioning, convoyors, flux tension, criticity ratio.*

### I – INTRODUCTION

S'agissant de processus industriels, nous sommes fréquemment confrontés à des problèmes d'optimisation plus ou moins complexes, présentant généralement plusieurs solutions admissibles mais non optimales. La grande difficulté dans toute tentative d'optimisation d'un problème opérationnel

consiste à le simplifier suffisamment pour permettre d'en extraire un modèle mathématique sur lequel on va pouvoir utiliser des méthodes d'optimisation évoluées, sans pour autant rendre impossible la prise en compte ultérieure des contraintes opérationnelles que l'on aura mises de côté pendant la phase de modélisation [1]. De plus, dans ce genre d'application, on a tendance à utiliser des méthodes complexes comme les techniques d'ordonnancement évoluées, l'approvisionnement synchrone et la production synchrone [2]. D'où l'importance des outils informatiques spécialisés qui permettent en plus de la recherche d'une solution « optimale » via la simulation de plusieurs scénarios, de bénéficier du savoir et des compétences des concepteurs dans un domaine opérationnel particulier, tel que le dimensionnement des convoyeurs. Nous nous en sommes servis afin d'optimiser le temps de production au sein de la station de concassage Sidi Mansour (Sefiani Sarl) suite à l'ouverture de ses portes à la recherche scientifique, vu les nouvelles opportunités offertes à la production des granulats qui connaît un regain d'intérêt grâce à la grande expansion immobilière et en infrastructures, notamment les routes et les autoroutes que connaît l'axe Agadir-Marrakech. Ceci s'inscrit dans le cadre du projet du gouvernement marocain de promouvoir le tourisme en vue d'arriver à dix millions de visiteurs par an en 2010.

## **II - MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **II-1. Le contexte d'étude**

La station de concassage Sidi Mansour fait partie de l'entreprise marocaine Sefiani Sarl qui est une société à responsabilité limitée, comptant entre 400 et 650 employés dont 40 cadres, de classe 1 selon la classification du ministère de l'équipement et du transport et dont les principales activités sont : les travaux routiers, les terrassements généraux, la construction des ouvrages d'art, l'assainissement, la fonderie et la production des granulats.

La station se trouve dans la commune rurale Sidi Mansour, à 35 kilomètres, sur la route reliant Marrakech à Chichaoua. La matière première est amenée depuis l'oued N'fis qui constitue une enceinte pour beaucoup d'autres stations telles que Ménara préfa et Sicofam.

Elle est composée de quatre concasseurs, un lac qui constitue un dispositif naturel et écologique pour le recyclage des eaux usées, un atelier de mécanique et de chaudronnerie, un magasin et un service de vente.

La capacité globale de la station est de 1600m<sup>3</sup> et les produits manufacturés sont : le sable naturel et les granulats GNA, GNB, type1, type2, 0/3, 0/4, 4/6, 3/8, 6/10, 10/14 et 0/25, tels que :

0/3 : Granulats de dimension entre 0 et 3mm ;

GNA [3]: Grave non traitée à granulométrie 0/31.5 issue d'un concassé pur ou ayant un indice de concassage égal à 100% et une propreté non mesurable.  
GNB [3]: Grave non traitée à granulométrie 0/31.5 ayant un indice de concassage égal ou supérieur à 35% et une propreté non mesurable.

## II-2. Constatations

Avant d'entreprendre des actions correctives, nous avons procédé à un diagnostic global en vue de déceler les problèmes sur lesquels il faut agir en premier lieu. Nous avons donc relevé les anomalies suivantes :

- Présence de beaucoup de stocks de produits manufacturés. Ceci reflète une décision de se protéger. D'où la nécessité de faire des prévisions ;
- La gestion du magasin se base sur l'expérience et le bon sens. Il faut donc établir un système de gestion du stock ;
- Existence de beaucoup d'opérations sans valeur ajoutée au sein du système de production. Cela requiert un diagnostic du flux ;
- Les zones de stockage entravent le bon déroulement des opérations. Il faut revoir l'implantation du site ;
- Présence de stocks de produits non conformes. La méthode de contrôle de qualité actuellement utilisée (contrôle produit) doit être remplacée par un contrôle processus.

Conformément aux vœux des responsables, nous nous sommes intéressés à l'analyse et à l'optimisation du flux de production.

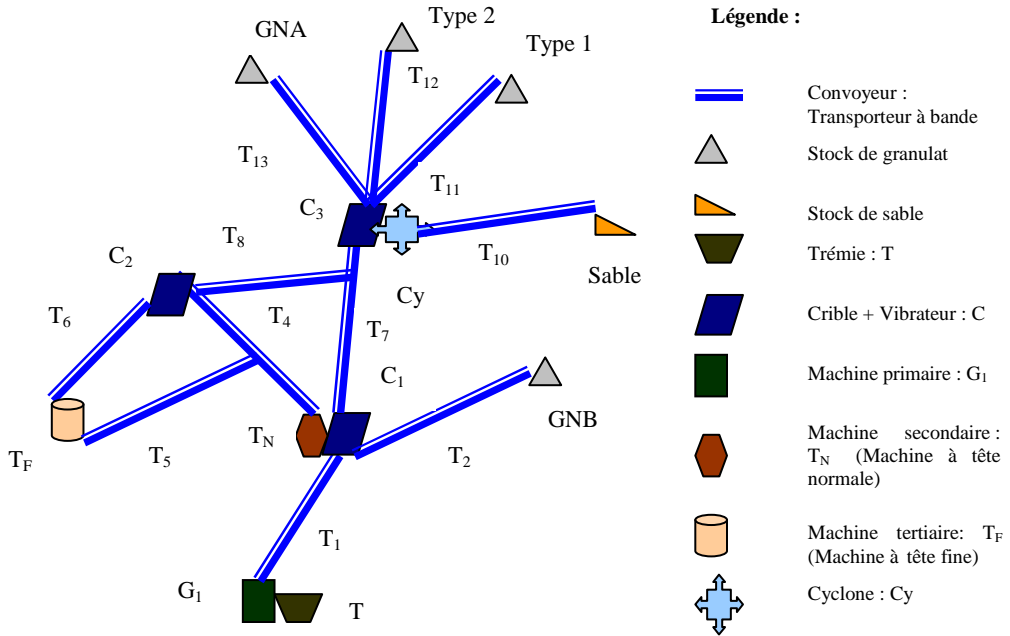
## II-3. Analyse du flux de production

La production est divergente, en V selon la classification VAT de David Backlock [4]. En effet, il y a un seul composant en entrée (matière première amenée de l'oued N'fis). En sortie il y a plusieurs types de granulats manufacturés et il n'y a pas de module intermédiaire.

D'après [5] la démarche d'analyse comprend quatre étapes :

- La schématisation du processus ;
- La détermination du chemin (des chemins) critique(s) ;
- Le calcul des ratios d'incertitude et de tension du flux (de criticité) ;
- L'analyse (par anticipation dans notre cas).

Notre attention s'est focalisée sur le concasseur 2, illustré par le dessin ci-après (*Figure 1*) qui met en évidence ses différents constituants et les produits manufacturés. Nous nous intéressons à la production du GNB. Les résultats seront extrapolés aux autres processus formant la station puisqu'ils sont identiques.



**Figure 1 :** Croquis du concasseur 2

Les chemins critiques sont ceux sur lesquels tout retard sur une activité, entraîne un report de la date finale de fabrication. Dans notre cas on distingue trois chemins critiques suivis par la matière concassée selon la taille des cailloux :

- Taille petite : T-G<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>-C<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> ;
- Taille moyenne : T-G<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>-C<sub>1</sub>-T<sub>N</sub>-T<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>-T<sub>8</sub>-T<sub>7</sub>-T<sub>2</sub> ;
- Taille grande : T-G<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>-C<sub>1</sub>-T<sub>N</sub>-T<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>- T<sub>6</sub>-T<sub>F</sub>-T<sub>5</sub>-T<sub>4</sub> -T<sub>8</sub>-T<sub>7</sub>-T<sub>2</sub>.

Le décèlement de ces chemins permettra de calculer le ratio de criticité. Quant au ratio d'incertitude qui a but de montrer si l'entreprise travaille sur des commandes ou non, il est donné par la relation suivante [5]:

$$R i = \frac{H P}{H C C P} \quad (1)$$

Où HP est l'horizon de production. C'est le temps qui s'écoule entre la sortie du magasin de la première matière nécessaire à la fabrication et le moment où le produit fini quitte le site.

Et HCCP est l'horizon commercial connu par la production. C'est l'intervalle entre le moment où l'information contenue dans une commande ferme client est connue et utilisée par la production et le moment où le produit fini quitte le site industriel [6].

Les mesures qui figurent dans le tableau 1 sont effectuées pour la charge d'un camion de 25m<sup>3</sup> considérée comme une commande.

HP = transport du site de stockage jusqu'au Trémie (t<sub>1</sub>) + temps dans le processus (t<sub>2</sub>) + temps de chargement (t<sub>3</sub>)

**Tableau 1. Mesure de HP**

Elément	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
Temps moyen	5min 30s	15min 21s	4min 4s

La mesure de HCCP donne :                   HP = 24min 56s  
 HCCP = 15min 21s  
 On en déduit que :                                Ri = 1.62

D'autre part, le ratio de criticité (de tension du flux) compare le temps d'obtention total avec la somme des temps avec valeur ajoutée [7] et il a pour but d'examiner l'efficacité des constituants du premier.

$$R_{tf} = \frac{TOT}{TVA} \quad (2)$$

Où TOT est le temps d'obtention total et TVA le temps avec valeur ajoutée. C'est la somme des temps de transformation ou d'assemblage nécessaires à la fabrication d'une unité ou d'un produit fini commercialisé [6]. Le contrôle, le transport et l'attente ou le stockage sont qualifiés de « valeur ajoutée inutile » [8].

Devant l'impossibilité de calculer ce ratio pour toute une commande (la charge d'un camion), nous avons opté pour une technique qui consiste à suivre le parcours d'un élément et de mesurer les temps mis pour traverser chaque machine, crible ou convoyeur.

Seuls les temps dans les machines et les cribles sont opératoires, donc avec valeur ajoutée.

Le **Tableau 2** ci-dessous résume les temps moyens de traversée dans les différents constituants du processus.

**Tableau 2** : Temps de passage dans les éléments du processus 2

Elément(s)	Temps de traversée
T <sub>N</sub> (tt <sub>N</sub> )	5s
T <sub>F</sub> (tt <sub>F</sub> )	5s 26
T+G <sub>1</sub> (tg <sub>1</sub> )	5s
C <sub>1</sub> (tc <sub>1</sub> )	6s 11
C <sub>2</sub> (tc <sub>2</sub> )	8s 08
T <sub>1</sub> (tt <sub>1</sub> )	12s 02
T <sub>4</sub> (tt <sub>4</sub> )	9s 32
T <sub>2</sub> (tt <sub>2</sub> )	17s 32
T <sub>5</sub> +T <sub>6</sub> (tt <sub>5</sub> +tt <sub>6</sub> )	8s 37
T <sub>7</sub> +T <sub>8</sub> (tt <sub>7</sub> +tt <sub>8</sub> )	17s 32

T<sub>5</sub> et T<sub>7</sub> sont liés respectivement à T<sub>6</sub> et T<sub>8</sub>. Nous avons donc relevé le temps de passage sur les deux en un seul coup. On peut aisément déterminer le temps relatif à chacun d'entre eux (proportionnel à la longueur puisque la vitesse est constante). Notons aussi que la trémie T et la machine primaire G<sub>1</sub> constituent un seul bloc.

R<sub>tf</sub> sera calculé selon le chemin critique suivi, c'est-à-dire selon la taille du caillou.

Caillou de petite taille :

$$\text{TOT} = \text{tg}_1 + \text{tt}_1 + \text{tc}_1 + \text{tt}_2 = 40\text{s } 45 \quad (3)$$

$$\text{TVA} = \text{tg}_1 + \text{tc}_1 = 11\text{s } 11$$

$$\text{R}_{\text{tf}} = 4$$

Caillou de moyenne taille:

$$\text{TOT} = \text{tg}_1 + \text{tt}_1 + \text{tc}_1 + \text{tt}_n + \text{tt}_4 + \text{tc}_2 + \text{tt}_7 + \text{tt}_8 + \text{tt}_2 \quad (4)$$

$$= 80\text{s } 17$$

$$\text{TVA} = \text{tg}_1 + \text{tc}_1 + \text{tt}_n + \text{tc}_2$$

$$= 24\text{s } 21$$

$$\text{R}_{\text{tf}} = 3.3$$

Caillou de grande taille (de la même façon) :

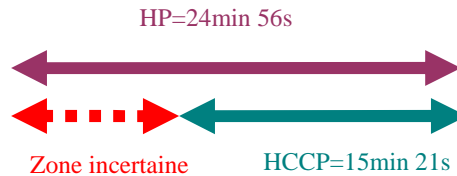
$$\text{TOT} = 105\text{s } 12$$

$$\text{TVA} = 29\text{s } 45$$

$$\text{R}_{\text{tf}} = 3.6$$

### III – RÉSULTATS ET DISCUSSION

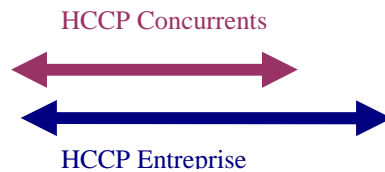
- Le processus étudié ne présente pas un seul chemin critiques, mais un ensemble de chemins;
- $HP > HCCP$ , ceci se traduit par l'existence d'une zone incertaine au début des quarts de travail comme l'illustre la **Figure 2** ci-dessous et implique que l'entreprise ne travaille pas dans la certitude (prévisions naïves basées sur l'expérience, et faites par le chef du site).



**Figure 2 :** Comparaison de HP et HCCP

Le ratio d'incertitude peut être amélioré en planifiant la production (MRP II) aux chantiers et usines Sefiani (principaux clients de la station de concassage Sidi Mansour) et en fidélisant la clientèle externe. Ceci afin que les commandes parviennent à la station à l'avance pour pouvoir travailler dans la certitude.

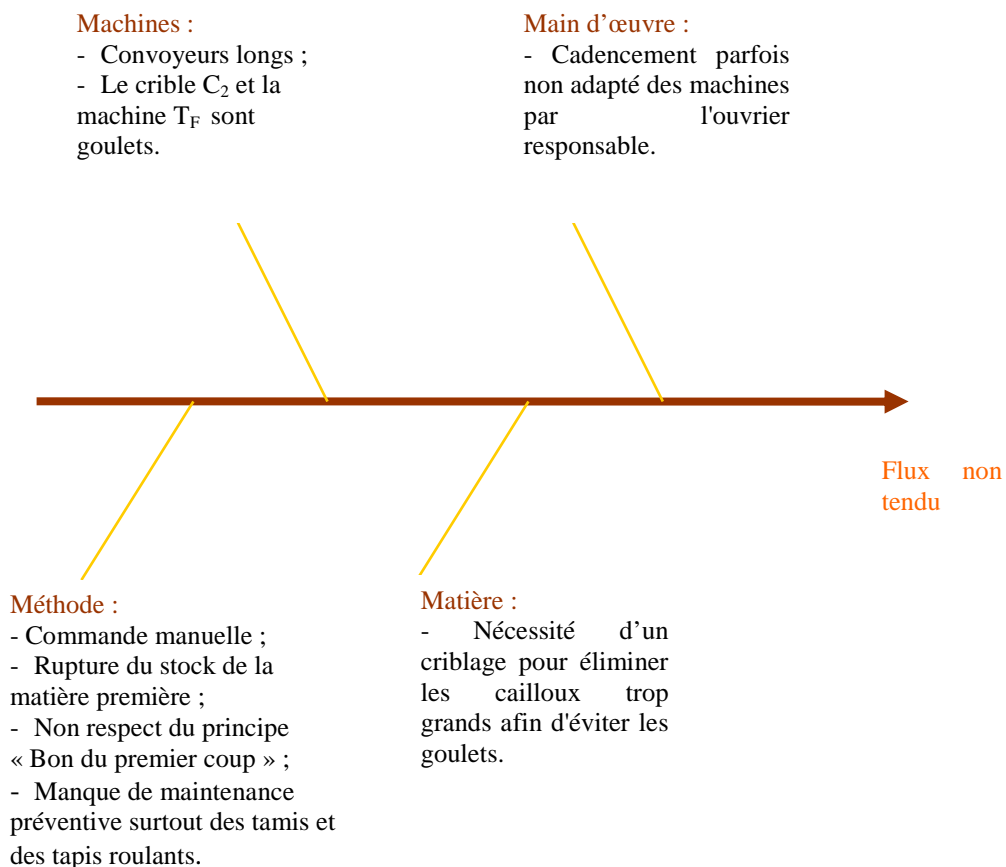
Après, HCCP doit être comparé avec celui des concurrents pour ne pas tomber dans la situation illustrée par la **Figure 3** [6] :



**Figure 3 :** Comparaison de Ri avec les concurrents

Le client demandera un HCCP au moins égal à celui des concurrents.

- L'idéal est que  $R_{tf}$  soit égal à un. Pour s'y approcher, il faut minimiser les temps de gaspillage. Les causes de la non tension du flux sont inventoriées dans le diagramme Cause à effet de la **Figure 4** ci-après :



**Figure 4 :** *Les causes de la non tension du flux*

Certaines de ces anomalies nécessitent une formation du personnel, d'autre un surdimensionnement du matériel (le crible  $C_2$  et la machine  $T_F$ ). Quant aux convoyeurs, objet de notre étude, ils requièrent une optimisation de leur longueur.

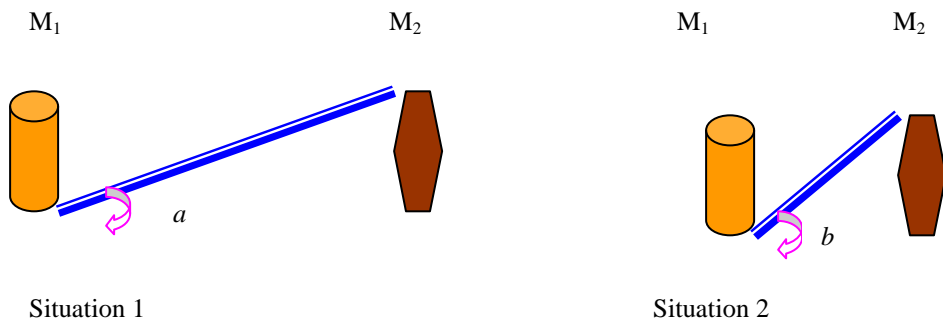
Concernant les machines goulets, l'ouvrier responsable de cadencer leur fonctionnement croit que lorsqu'elles sont pleines alors elles fonctionnent correctement. Cela retarde le déplacement du flux. Il faut cadencer le fonctionnement selon la machine de débit le plus faible. Pour la giratoire à tête normale  $T_N$  par exemple, le temps  $tt_n$  à l'état pleine est de 19s 70 alors qu'il n'est que de 5s 26 lorsque la machine est non goulet. Un équilibrage des flux doit donc être établi.



### III-1. Amélioration de la tension du flux : optimisation de la longueur des convoyeurs et estimation des gains en temps et en production

La raison principale de la non tension du flux est le temps de passage de la matière sur les convoyeurs. La vitesse d'entraînement étant fixe, pour améliorer le ratio de criticité il faut diminuer la distance parcourue par le flux sur les convoyeurs. Ceci revient à améliorer la pente de ces derniers.

Prenons deux machines  $M_1$  et  $M_2$  dans deux situations différentes comme dans la **Figure 5**. La pente  $a$  du premier convoyeur est inférieure à celle du deuxième  $b$ . La longueur dans le premier cas est nécessairement plus grande, et par suite le temps de traversée de la matière est plus allongé.



**Figure 5 :** *Effet de la pente sur la longueur des convoyeurs*

Le dimensionnement d'un convoyeur doit respecter plusieurs contraintes :

- Le flux ne doit pas revenir en arrière (pente trop raide) ;
- Il faut respecter la hauteur de la machine réceptrice ou la hauteur du stock alimenter par les convoyeurs ;
- Le moteur d'entraînement doit être capable de fournir la puissance requise qui augmente avec la pente.

Et il dépend de :

- La nature du régime de fonctionnement (sévère ou pas) ;
- La quantité journalière convoyée ;
- Les caractéristiques techniques du convoyeur choisi (avec racleur ou pas, système de tension de la bande ...etc.).

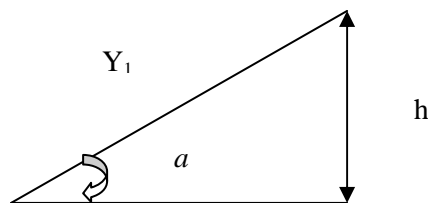
Le site [www.tecnitude.com](http://www.tecnitude.com) permet un dimensionnement « on line ». Le but est de voir jusqu'à quelle pente on peut aller sans changer les moteurs d'entraînement des convoyeurs actuellement utilisés. Pour ce faire, nous

avons effectué plusieurs scénarios. L'étude montre que la limite recherchée est 25° alors que la norme en France est autour de 35°.

Dans un premier temps nous allons estimer les gains en production pour pouvoir en tenir compte lors du dimensionnement.

### III-1-1. Évaluation des gains en production

Prenons à titre d'exemple le convoyeur T<sub>1</sub> schématisé dans la **Figure 6**.



**Figure 6** : Calcul de la longueur utile des convoyeurs

Avec une inclinaison de 25°, la longueur Y<sub>1</sub> du convoyeur serait :

$$Y_1 = \frac{h}{\sin(\alpha)} = \frac{8.5}{\sin(25^\circ)} = 20.2m \quad (5)$$

Où h = 8.5m. h est la hauteur imposée par le crible C<sub>1</sub> récepteur du flux.

La longueur actuellement utilisée est de 24.5m. En la réduisant à 20.2m, on aura une diminution du temps tt<sub>1</sub> de (100\*4.3) /24.5 = 18%. Et donc t<sub>1</sub> sera 0.82\*(12s) = 9s 84 au lieu de 12s.

#### i. Gains en temps et en production avec 25°

Le **Tableau 3** ci-après, résume les gains en temps sur les convoyeurs faisant partie des chemins suivis par la matière concassée pour une inclinaison de 25°.

**Tableau 3** : Gains en temps pour une inclinaison de 25°

Convoyeur	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
Gain en temps	2s 11	4s 20	4s 40	0s 46	2s	1s 65	1s 87

Recalculons dans ce cas TOT et Rtf pour les différents chemins critiques.  
 Prenons le cas des petits cailloux à titre d'exemple :  
 Les gains en temps sont ceux réalisés sur T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>.  
 $\Sigma$  Gains en temps = 6s 31

$$TOT_{\text{final}} = TOT_{\text{initial}} - \Sigma \text{ Gains en temps} = 34s 14 \quad (6)$$

**Tableau 4 :** Gains en production pour une inclinaison de 25°

Chemin critique	Gain total en temps	TOT <sub>final</sub>	Gain en temps donc en production	Nouveau Rtf
Chemin petit caillou	6s 31	34s 11	15.6%	3.07
Chemin moyen caillou	12s 81	67s 36	16%	2.78
Chemin grand caillou	21s 07	84s 05	20%	2.85

Une inclinaison de 25° permettra une réduction du temps d'obtention total, et par suite une amélioration de la production de 15.6% à 20%. Soit un apport journalier moyen de  $0.156 \cdot 1600 = 249.6m^3$  à  $320m^3$  ( $1600m^3$  est la production journalière actuelle de toute l'installation). Par la même occasion le flux sera mieux tendu.

ii. Gains en temps et en production avec 36°

De la même manière le **Tableau 5** ci-dessous récapitule les gains en temps pour 36°.

**Tableau 5 :** Gains en temps pour une inclinaison de 36°

Convoyeur	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
Gain en temps	9s 80	8s	6s	0s 46	2s 35	2s 50	3s

Les performances escomptées dans ce cas sont les suivantes (**Tableau 6**) :

**Tableau 6** : Gains en production pour une inclinaison de 36°

Chemin	Gain total en	TOT <sub>final</sub>	Gain en temps donc	Nouveau
Chemin	17s 80	22s 65	44%	2.04
Chemin	29s 30	50s 87	36.54%	2.10
Chemin	38s 85	66s 27	36.95%	2.25

Avec 36°, L'apport journalier moyen en production sera plus grand : de 584m<sup>3</sup> à 704m<sup>3</sup>. Le flux sera encore plus tendu, mais des mesures spécifiques de protection doivent être entreprises [9].

### III-1-2. Dimensionnement

Le concasseur 2 produit actuellement 60 tonnes/heure. Avec des convoyeurs de 25°, la production pourra augmenter de 20% soit 12 tonnes/heure de plus. La longueur va être réduite à 20.2m.

De même, avec 36°, la production pourra augmenter de 44% soit 24.4 tonnes/heure de plus. La longueur ne sera que de 14.5m.

Nous avons tenu compte de ces changements lors du dimensionnement et nous avons volontairement choisi les options les plus sévères pour pouvoir extrapoler l'étude à tous les autres convoyeurs sans problème. Le dimensionnement sera effectué par les outils de Tecnitude [10].

#### i. Dimensionnement pour 25°

	données	unité
Entre axe ou longueur du convoyeur	20.2	mètres
Hauteur d'élévation	8.5	mètres
<i>Inclinaison du convoyeur</i>	24.88	<i>degrés</i>
	<u>Rem</u> : Si l'inclinaison du convoyeur est supérieure à 45°, modifiez la longueur...	
Largeur de bande	600	mm
Débit	72	tonnes/heure
Vitesse	2	m/s
Diamètre du tambour de tête	300	mm
Longueur de l'auget de réception	5	mètres
Racleur : OUI = 1 / NON = 2	2	

Puissances calculées		
Puissance absorbée	<input type="text" value="3.16"/> Kw	<input type="text" value="4.29"/> CV
Facteur de service: Conditions normales = 1 / Conditions sévères = 2	<input type="text" value="2"/>	
Puissance minimum à installer	<input type="text" value="5.37"/> Kw	<input type="text" value="7.30"/> CV

Informations techniques	
Vitesse de rotation du tambour	<input type="text" value="127.32"/> Tr/mn
Couple sortie réducteur	<input type="text" value="402"/> Nm

Calcul de la tension de la bande	
Type de tension: Vis = 1 / Contrepoids = 2	<input type="text" value="2"/>
Tension de la bande	<input type="text" value="16.5"/> daN/cm

Les moteurs actuellement utilisés peuvent fournir la puissance requise (5.37KW) puisqu'ils sont de 5.5KW. Donc on peut aller sans problème jusqu' à 25° avec le matériel de bord et bénéficier du gain en production correspondant.

#### ii. Dimensionnement pour 36°

	données	unité
Entre axe ou longueur du convoyeur	<input type="text" value="14.5"/>	mètres
Hauteur d'élévation	<input type="text" value="8.5"/>	mètres
<i>Inclinaison du convoyeur</i>	<input type="text" value="35.89"/> <u>Rem</u> : Si l'inclinaison du convoyeur est supérieure à 45°, modifiez la longueur...	<i>degrés</i>
Largeur de bande	<input type="text" value="600"/>	mm
Débit	<input type="text" value="86.4"/>	tonnes/heure
Vitesse	<input type="text" value="2"/>	m/s

Diamètre du tambour de tête	300	mm
Longueur de l'auget de réception	5	mètres
Racleur : OUI = 1 / NON = 2	2	

### Puissances calculées

Puissance absorbée	3.56 Kw	4.84 CV
Facteur de service: Conditions normales = 1 / Conditions sévères = 2	2	
Puissance minimum à installer	6.05 Kw	8.23 CV

### Informations techniques

Vitesse de rotation du tambour	127.32	Tr/mn
Couple sortie réducteur	454	Nm

### Calcul de la tension de la bande

Type de tension: Vis = 1 / Contrepoids = 2	2	
Tension de la bande	18.7	daN/cm

Les moteurs utilisés actuellement ne peuvent pas fournir la puissance nécessaire : Il faut les remplacer par d'autres de puissance minimum de 6.05KW. Nous estimons que le gain en production qui est de 36.54% à 44% justifie amplement un tel investissement.

## IV.CONCLUSION

Dans les domaines opérationnels, il ne suffit pas de maîtriser les outils d'optimisation pour pouvoir formuler le modèle mathématique et tenir compte de toutes les contraintes possibles dont on néglige généralement une bonne partie pour des raisons de simplification, il faut en plus être connaisseur dans les disciplines scientifiques et techniques auxquelles se rattachent la problématique traitée. Les logiciels de simulation spécialisés de leur part, requièrent des capacités significatives en informatique ou bien

nécessitent un ajustement aux prototypes prédéfinies et disponibles dans leur bibliothèque. Ce qui peut être au détriment de la précision souhaitée.

L'avantage des logiciels et des outils informatiques de dimensionnement est qu'ils permettent de bénéficier du savoir et des compétences de leurs concepteurs et sont facilement manipulables.

Nous avons exploité ces derniers, en l'occurrence les outils du site « [www.tecnitude.com](http://www.tecnitude.com) », pour déterminer la pente et par suite la longueur 'optimale' des convoyeurs de la station de concassage Sidi Mansour (sefiani Sarl). Sans de tels outils, la tâche serait très difficile puisque l'application fait appel à la résistance des matériaux, à la mécanique, à l'électrotechnique, etc. Nous avons donc effectué plusieurs scénarios, L'étude montre qu'avec le matériel utilisé actuellement, notamment les moteurs d'entraînement, on peut aller jusqu'à une pente de 25°. On bénéficiera ainsi d'un surplus de production de 15.6% à 20%.

L'adoption d'une pente de 36° améliorera la production de 36.54% à 44%. L'ampleur de ces gains justifie largement l'investissement nécessaire au renouvellement du matériel d'entraînement.

Au cours de notre étude, nous avons montré que les méthodes d'optimisation et de gestion de production sont d'un apport incontestable dans l'amélioration des revenus de l'entreprise et que l'emploi d'un matériel sophistiqué, souvent coûteux, n'est pas toujours la bonne solution.

Nous étions heureux de constater que nos propositions ont été favorablement accueillies par les décideurs.

## RÉFÉRENCES

- [1] - Nicolas DURAND, «Algorithmes génétiques et autres outils d'optimisation appliqués à la gestion du trafic aérien», Thèse de Doctorat, France, 2004;
- [2] - Vincent GIARD., et Gisèle MENDY «Amélioration de la synchronisation de la production sur une chaîne logistique», *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 25, n° 1, p. 63-82, 2006;
- [3] - A. JANATI IDRISI. « Imprégnation des assises de chaussées en graves non traitées de l'émulsion de bitume », 2004; [www.mtpnet.gov.ma/.../889/402ImprégnationdesGNTparlémulsiondebitume.pdf](http://www.mtpnet.gov.ma/.../889/402ImprégnationdesGNTparlémulsiondebitume.pdf)
- [4] - Georges JAVEL, « Organisation et gestion de la production », Editions Dunod, France, 2000;
- [5] - Raymond BITEAU et Stéphanie BITEAU, «La maîtrise des flux industriels», Editions Organisation, France, 2003;

- [6] - Raymond BITEAU et Stéphanie BITEAU, « Maîtriser les flux industriels », Editions Organisation, France (2000);
- [7] - Philippe PIERRE et Michel FENDER, «La logistique globale», Edition Organisation, France, 2002;
- [8] - Robert CHAPEAUCOU, «Techniques d'amélioration continue en production», Editions Dunod. Collection l'usine nouvelle, France, 1998;  
[www.recherche.enac.fr/opti/papers/notice.html?todo=abstract&type=thesis&file=thesend.txt](http://www.recherche.enac.fr/opti/papers/notice.html?todo=abstract&type=thesis&file=thesend.txt)
- [9] - Décret n° 73-404, article 2 relatif aux mesures de la sécurité à observer en ce qui concerne l'installation et l'utilisation des convoyeurs dans les mines et carrières en France, du 26 mars 1973.
- [10] - [www.tecnitude.com](http://www.tecnitude.com) (calcul de la puissance).