



Année Universitaire : 2015-2016

**Master Sciences et Techniques GMP  
Génie des Matériaux et des Procédés**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et  
Techniques

**Titre  
Etude de l'amélioration de la capacité de production**

**Présenté par:**

**BOUKHIR NADIR**

**Encadré par:**

- AOURABI MONSSEF      SIKA MAROC
- Pr. MISBAHI KHALID      FST Fès

**Soutenu Le 17 Juin 2016 devant le jury composé de:**

- Pr. K.Misbahi FST Fès
- Pr. O.Sqali FST Fès
- Mr.J.Hazm FST Fès

**Stage effectué à : SIKA Maroc**





## *DEDICACE*

*J'aimerai dédier ce rapport :*

*A la mémoire de ma mère*

*A mon cher père*

*A mes frères et sœurs*

*A mes neveux HAMZA et RIME*

*Une chaleureuse dédicace à ma sœur ZAKIA*

*et son mari IMAD BOUAMAR qui m'ont*

*beaucoup aidé durant mon parcours*

*A mon encadrant Mr K.MISBAHI*

*A tous mes amis*

*A toutes ma grande famille*



## *Remerciement*

Tout d'abord, j'adresse mes sincères remerciements à mon encadrant **Mr.MISBAHI KHALID** enseignant chercheur à la FST de Fès qui m'a beaucoup aidé à la recherche de stage. J'ai pu apprécier ses compétences scientifiques et sa rigueur mais aussi ses qualités humaines ; je tiens également à le remercier pour m'avoir orienté, conseillé et encouragé tout au long de la période de mon stage.

Avec le même degré de respect je tiens à remercier vivement mon encadrent de stage, **Mr AOURABI MONSSEF** responsable d'exploitation à la société SIKA-site AIN SBAA. J'adresse mes vifs remerciements à toute l'équipe du site AIN SBAA pour leurs services et leurs gentillesse.

Je remercie surtout les professeurs O.SQALI et J.HAZM d'avoir accepté de juger mon travail.

Et enfin j'adresse mes remerciements à mes amis pour leurs encouragements et leurs services ainsi que mes frères et sœurs et sans oublier mes chers parents qui m'ont comblé de leurs soutiens et m'ont voué un amour inconditionnel.



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Domaine d'application des super-plastifiants haut réducteurs d'eau.....	17
Tableau 2 : Domaine d'application des plastifiants réducteurs d'eau.....	18
Tableau 3 : Domaine d'utilisation des accélérateurs de durcissement.....	19
Tableau 4 : Suivi des durées de production des produits majeurs .....	28
Tableau 5 : Les vitesses et natures d'écoulement.....	33
Tableau 6 : Les coefficients de perte de charge .....	34
Tableau 7 : Données nécessaires pour le calcul des pertes de charge.....	35
Tableau 8 : Longueurs des différents circuits .....	35
Tableau 9 : Les pertes de charges.....	36
Tableau 10 : Fiche technique des pompes existantes .....	36
Tableau 11 : Calcul des pressions .....	38
Tableau 12 : Les puissances utiles .....	39
Tableau 13 : Tableau des solutions .....	41
Tableau 14 : La durée de pompage par la pompe à piston.....	43
Tableau 15 : Comparaison entre l'état actuel et l'état prévu en terme de capacité de production .....	44
Tableau 16 : Estimation de projet .....	45
Tableau 17 : Gain annuel .....	45



## Liste des figures

Figure 1 : Histoire de création au Maroc.....	10
Figure 2 : Les niveaux de contrôle de qualité .....	12
Figure 3 : Les étapes de production .....	14
Figure 4 : Principe des super-plastifiants haut réducteurs d'eau.....	16
Figure 5 : L'effet des accélérateurs de durcissement sur le béton.....	19
Figure 6 : L'effet de l'hydrofuge de masse. ....	21
Figure 7 : Pourcentage des étapes de production .....	29
Figure 8 : Circuits de canalisation.....	30
Figure 9 : Diagramme d'Ishikawa.....	32
Figure 10 : Schéma des différents points du circuit de pompage.....	37
Figure 11 : Etat actuel .....	42
Figure 12 : Solution proposée .....	43

## Liste des abréviations

MP	Matière première
PF	Produit fini
Asp	Aspiration
Ref	Refoulement
L	Longueur
D	Diamètre
TUCP	Taux d'utilisation de la capacité de production
CDCF	Cahier de charge fonctionnel
QV	Débit volumique
V	Vitesse d'écoulement
$\lambda$	Coefficient de pertes de charges



## Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>7</b>
<b>Partie 1 : Présentation de la société et étude bibliographique</b>	<b>8</b>
<b>I. Présentation de la société</b>	<b>9</b>
<b>A. Groupe SIKA</b>	<b>9</b>
<b>B. SIKA Maroc</b>	<b>10</b>
1. Organigramme de la société.	11
<b>C. SIKA Ain SBAA</b>	<b>11</b>
1. Généralité sur la société	11
2. Organisation technique de la société	11
1.1. Service laboratoire	12
1.2. Service production	12
1.3. Service administration	13
<b>II. Procédé de fabrication.</b>	<b>14</b>
1. Réception et stockage des matières premières	15
2. Transfert des matières premières vers la zone de production	15
3. Mélangeage	15
4. Contrôle de qualité du produit fini	15
5. Stockage et conditionnement	15
<b>III. Classification des adjuvants</b>	<b>15</b>
1. Super-plastifiants hauts réducteurs d'eau	15
2. Plastifiants-réducteurs d'eau	18
3. Accélérateur de prise et durcissement :	18
4. Retardateur de prise.	19
5. Hydrofuge de masse.	20
6. Agents de mouture	21
<b>IV. Généralités sur la formulation</b>	<b>22</b>
1. Définition	22
2. Principe	22
3. Objectif	22
<b>V. Généralité sur la capacité de production</b>	<b>22</b>
1. Comment augmenter la capacité de production	23
2. Taux d'utilisation de la capacité de production	23



---

<b>VI. Généralité sur l'écoulement fluidique</b>	<b>23</b>
1. Calcul des pertes de charges	24
2. Les caractéristiques d'un système de pompage	25
<b>Partie 2 : Présentation du sujet et étude de l'existant</b>	<b>26</b>
<b>I. Présentation du sujet</b>	<b>27</b>
1. Taux d'utilisation de la capacité de production	27
<b>II. Etude de l'existant</b>	<b>28</b>
1. Le temps de production	28
2. Transfert de la matière première	29
3. Vitesse et nature d'écoulement des matières premières	32
4. Calcul des pertes de charges	33
5. Dimensionnement des pompes	36
5.1. Caractéristiques techniques des pompes utilisées	36
5.2. Détermination de la puissance utile de la pompe	38
<b>Partie 3 : Solutions proposées, une étude techno-économique sur les solutions.</b>	<b>40</b>
<b>I. Solutions proposées</b>	<b>41</b>
1. Interprétation	42
2. Principales solutions :	42
<b>II. Etude technico-économique sur les solutions proposées</b>	<b>45</b>
1. Estimation de projet	45
Conclusion générale :	46



# Introduction

Les adjuvants pour bétons sont des produits chimiques de diverses origines : résines synthétiques, bois ou d'autres matières premières. Ces matières sont mélangées au béton pour lui conférer des qualités particulières. Il s'agit soit d'accélérer sa prise pour le faire durcir plus vite ou, au contraire, de diminuer sa prise en période de forte chaleur ou alors de le rendre plus fluide au moment de l'utilisation et également améliorer la performance. Ces différentes situations sont obtenues à partir des spécificités de chaque adjuvant.

En 1990 ce type de produit n'existait pas sur le marché marocain. En effet, la consommation au Maroc était faible ou presque inexistante (1%), du fait de l'absence des règles professionnelles imposant l'utilisation de ce type de produit dans les grandes constructions.

Actuellement, l'utilisation de ces produits est bien réglementée et fait partie des cahiers des charges des constructions.

Les adjuvants peuvent être considérés comme des constituants de base du béton, ce qui explique l'augmentation de leur consommation jour après jour.

De ce fait les industries de ces produits ont besoin d'être réactifs pour rester compétitifs afin de conquérir des nouveaux marchés. Pour y arriver, ils sont contraints d'améliorer leurs capacités de production, pour suivre les évolutions de la demande et laisser ainsi une marge pour faire face aux demandes imprévues.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, pour l'obtention du diplôme de master sciences et techniques. Il s'agit d'étudier l'amélioration de la capacité de production de SIKA-AIN SBAA.

Dans la première partie de ce manuscrit, on va s'intéresser à une présentation de la société SIKA et une étude bibliographique sur les différentes classes des adjuvants ainsi que les généralités sur la mécanique des fluides et le dimensionnement d'un système de pompage.

La deuxième partie concerne une présentation du sujet avec une étude de l'existant. Enfin et une troisième partie est consacrée aux solutions proposées suivie par une étude technico-économique de ces solutions.





# Partie 1 : Présentation de la société et étude bibliographique



## I. Présentation de la société

### A. Groupe SIKA

C'est une entreprise suisse avec 17000 collaborateurs et 124 filiales dans 93 pays, SIKA est devenue mondiale dans le secteur des produits chimiques de spécialité et un fournisseur leader des matériaux de construction en particulier dans les domaines de l'étanchéité, du collage, de l'insonorisation, du renforcement et de la protection d'ossatures pour le bâtiment et l'industrie .

SIKA se fixe comme objectif de fournir aux marchés de la construction et de l'industrie le meilleur de la technologie dans son domaine, à des coûts maîtrisés et en appliquant les principes du développement durable.

L'attachement du groupe SIKA à la qualité, au service, à la sécurité et au respect de l'environnement guide son développement.

La performance des solutions et la valeur ajoutée qu'elles apportent aux clients sont la base de la reconnaissance de sa marque à l'échelle mondiale. [4]



## B.SIKA Maroc

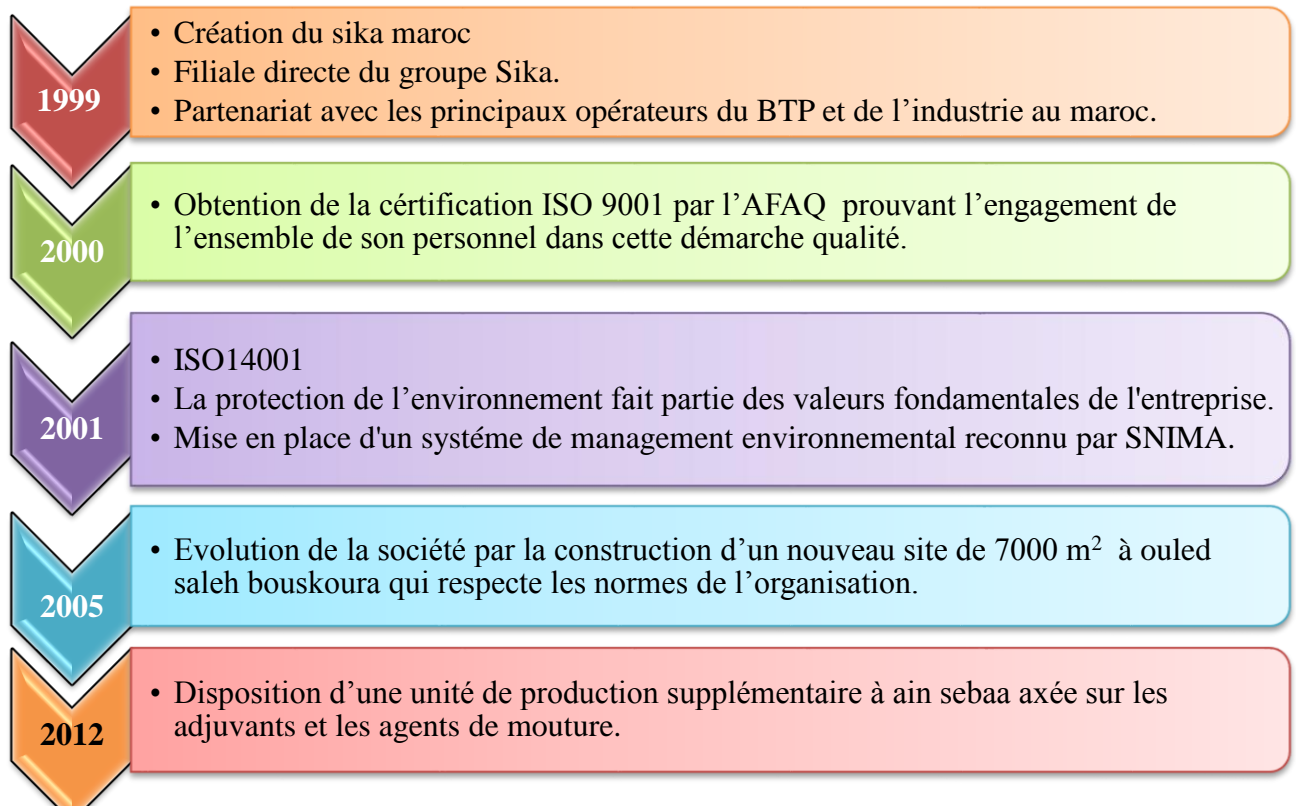


Figure 1 : Histoire de création au Maroc

## 1. Organigramme de la société.

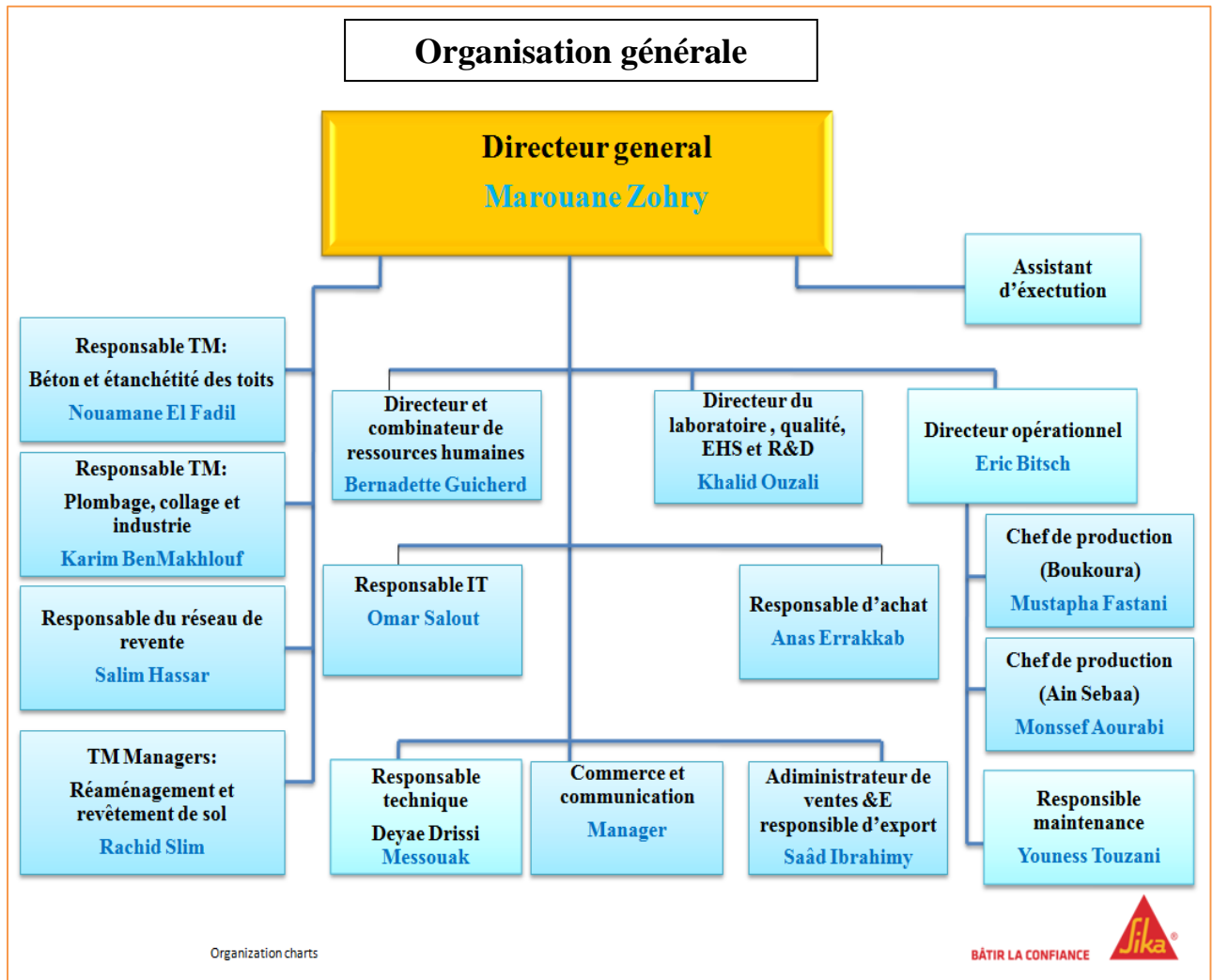


Figure 2 : organigramme de la société

## C.SIKA Ain SBAA

### 1. Généralité sur la société

SIKA Maroc dispose d'une usine de production moderne et automatisée orientée vers les adjuvants et les agents de mouture, ce qui permet à SIKA de se positionner comme leader sur le marché du béton au Maroc avec une gamme de produits très diversifiée.

### 2. Organisation technique de la société

L'usine est constituée de plusieurs services contribuant au bon déroulement de la production, du contrôle et d'exportation ce qui entraîne ainsi un bon fonctionnement de l'entreprise .

### 1.1. Service laboratoire

L'usine est dotée d'un laboratoire contenant tous les équipements nécessaires à la réalisation des contrôles de qualité depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis. Le service laboratoire a deux principaux rôles, à savoir :

Le service laboratoire a deux principaux rôles, à savoir :

- ✚ [Surveiller la qualité des produits ainsi que celle des matières premières.](#)

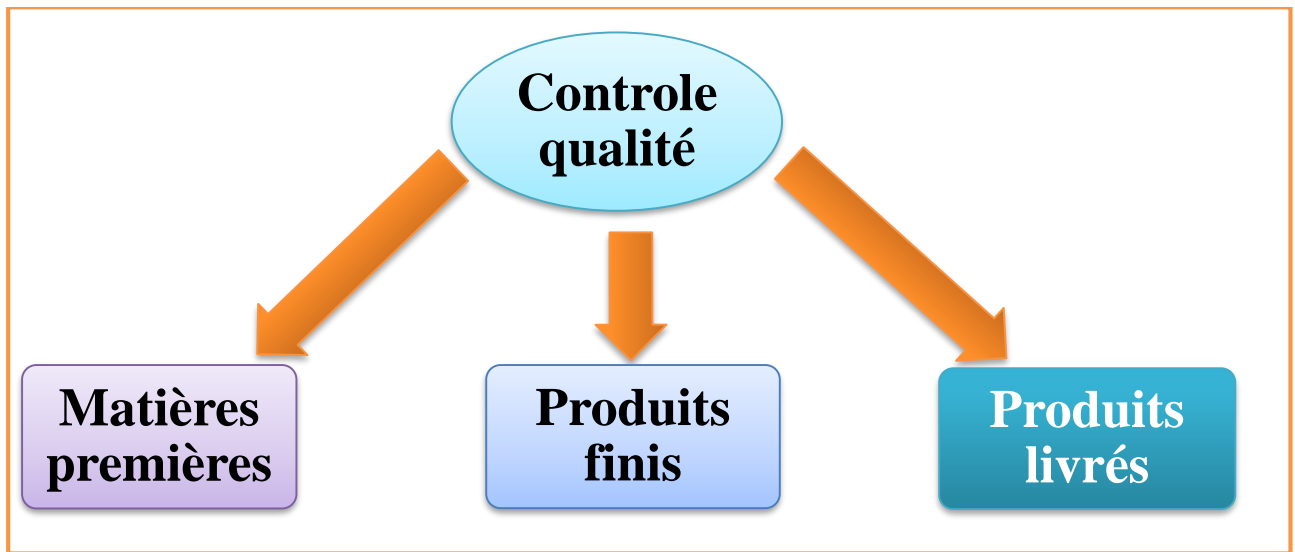


Figure 3 : les niveaux de contrôle de qualité

- ✚ [Développer la performance des nouveaux produits.](#)

La société place l'innovation, la recherche et le développement au cœur de sa stratégie industrielle.

Une équipe du laboratoire travaille en permanence afin de mettre au point de nouveaux produits pour des ciments et bétons encore plus performants, durables, fonctionnels mais également esthétiques.

### 1.2. Service production

C'est un service qui s'occupe de la fabrication des produits selon les formulations données par le laboratoire.



Une salle de contrôle gérée par un assistant de production équipée d'un logiciel d'automate contrôlant tout le circuit de transfert de la matière première vers la zone de production, ainsi que le circuit de stockage des produits finis.

### 1.3. Service administration

C'est un service qui s'occupe des achats, de la préparation et du suivi de la production de l'entreprise ainsi que du service des ventes. Il fournit les outils nécessaires pour garder une production optimale.

## II. Procédé de fabrication.

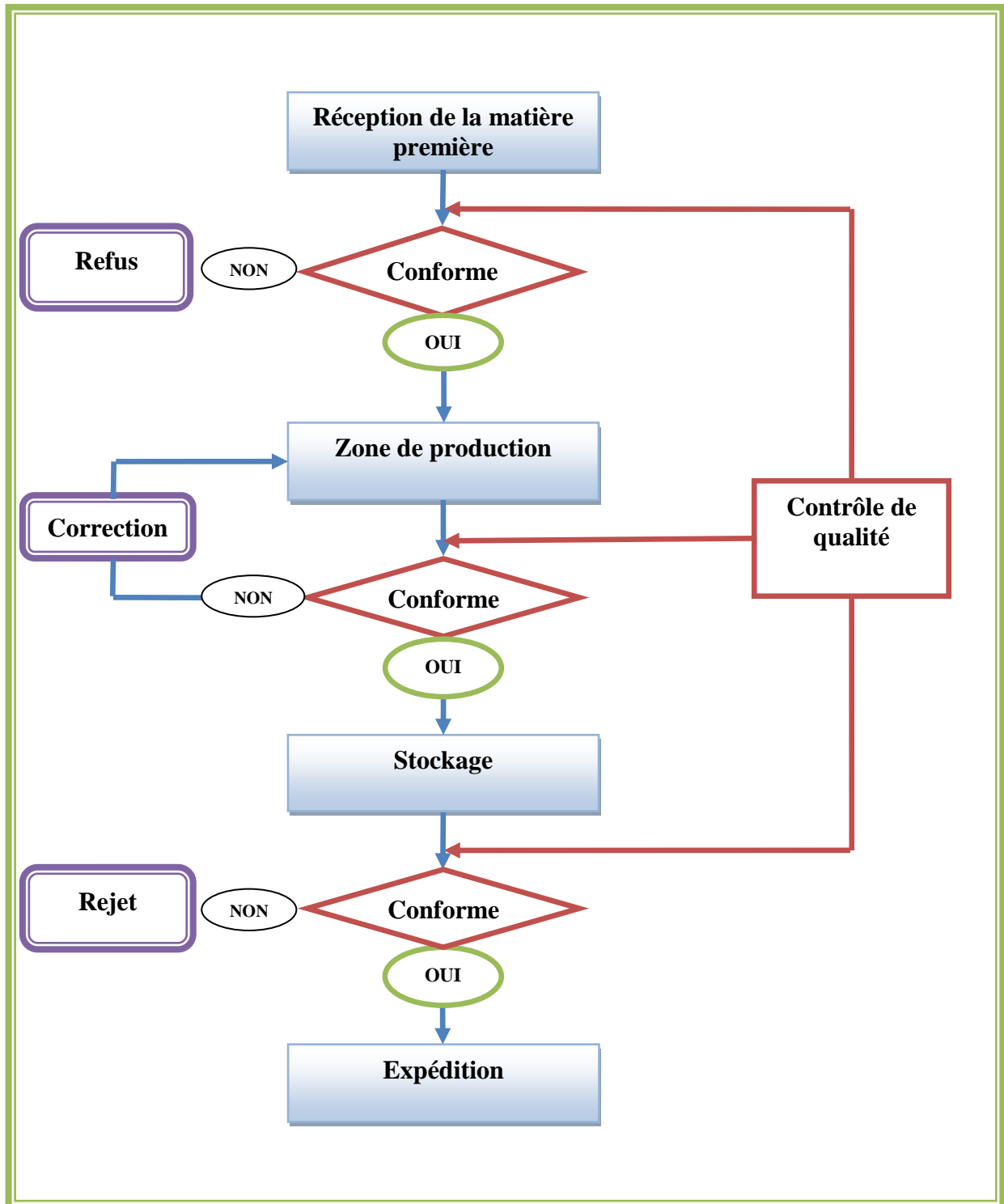


Figure 4 : Les étapes de production



### 1. Réception et stockage des matières premières

La matière première liquide arrive dans des cuves et des citernes, alors que celle solide arrive dans des sachets en plastique. Elle doit subir certains tests physico-chimiques de conformité avant son stockage, à savoir : pH, l'extrait sec, la densité et l'aspect. Ces tests sont assurés par une équipe d'opérateurs du laboratoire.

### 2. Transfert des matières premières vers la zone de production

La matière première est transférée vers la zone de production selon la formulation pour chaque produit donnée par le responsable du laboratoire.

### 3. Mélangeage

Cette étape est assurée par une boucle qui fait partie du mixeur et qui a pour rôle de faire circuler le produit à l'aide d'un système de pompage d'une façon continue pendant un temps bien déterminé afin d'homogénéiser le mélange.

### 4. Contrôle de qualité du produit fini

Après l'obtention du produit fini, l'étape de contrôle de qualité valide la conformité du produit par un certain nombre de tests.

### 5. Stockage et conditionnement

Si le produit fini respecte les normes de qualité il sera directement stocké vers des réservoirs de stockage ou dans des cuves d'une capacité de  $1\text{m}^3$ .

Avant l'expédition d'un tel produit, une équipe d'opérateurs s'occupe des travaux de conditionnement et d'emballage.

## III. Classification des adjuvants

On peut classer les adjuvants selon leurs fonctions dans les catégories suivantes :

- ✚ Les super-plastifiants hauts réducteurs d'eau
- ✚ Les plastifiants réducteurs d'eau
- ✚ Les retardateurs
- ✚ Les accélérateurs
- ✚ Les agents de mouture
- ✚ Les hydrofuges

### 1. Super-plastifiants hauts réducteurs d'eau

Les super-plastifiants sont essentiellement des adjuvants fabriqués à base de lignosulfonates et gluconates, introduits dans un béton, un mortier ou un coulis, ils ont pour

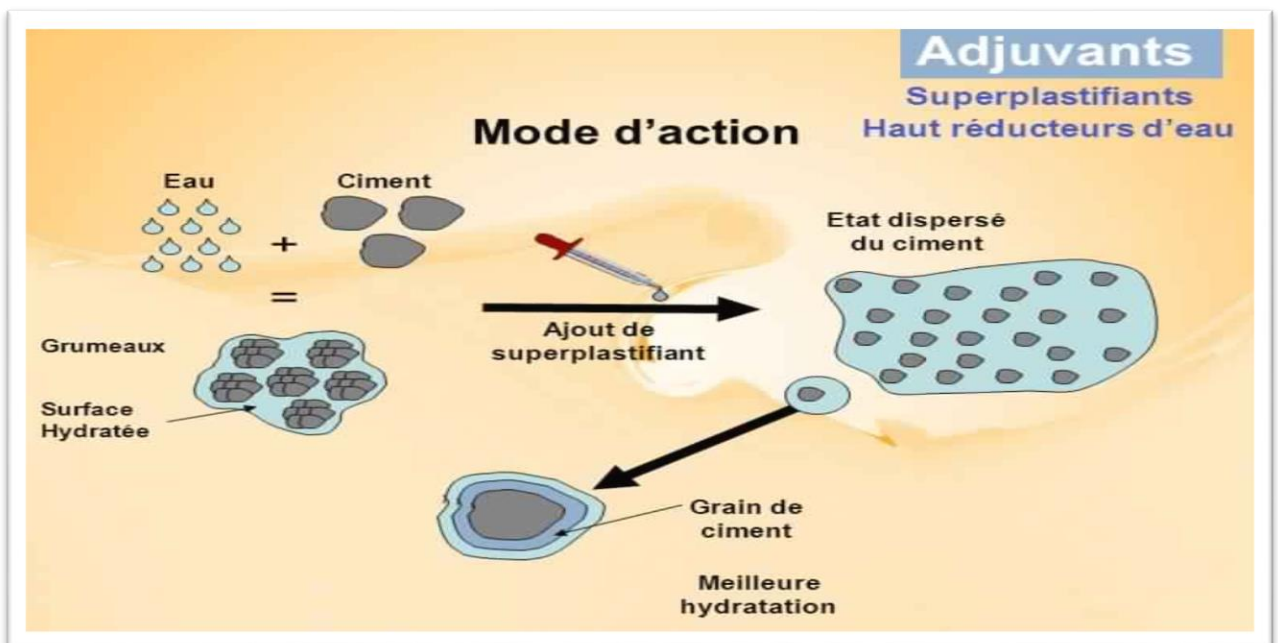


fonction principale de provoquer un accroissement important de l'ouvrabilité du mélange et la performance du béton.

### ➤ Mode d'action

Les super-plastifiants sont des polymères organiques composés de groupes hydrophobes et d'autres hydrophiles ayant pour rôle de fluidifier le mélange du béton par dispersion rapide des particules du ciment (Électriquement chargées). Ces derniers ont souvent une tendance à rester agglomérées au contact de l'eau seule, à cause des forces attractives entre leurs charges positives et négatives et de la tension superficielle élevée d'eau. [4]

Cet effet dispersant est obtenu grâce à la répulsion électrostatique créée par la présence de molécules (plastifiant) de signes identiques qui viennent se coller à la surface des grains de ciment. Ceci permet de réduire la tension superficielle de l'eau par la suite inhiber la floculation, donc réduire fortement la quantité d'eau de gâchage tout en maintenant la maniabilité. Par conséquent, on arrive à réaliser des bétons à compacité élevée, permettant des gains de performance très importants en terme de résistance mécanique initiale et finale. Le pourcentage moyen de tels additifs est de 0,8 à 3 % du poids de ciment. [4]



**Figure 5 : Principe des super-plastifiants haut réducteurs d'eau**



### **Influence du moment d'addition de super-plastifiant sur le béton**

L'addition du super-plastifiant ne doit jamais s'effectuer sur un béton sec (c'est-à-dire avant l'ajout de l'eau). Il sera absorbé par les agrégats et le sable et donc inefficace sur le ciment.

Le temps optimal d'addition du super-plastifiant dans le béton est de 2 minutes après le mélange eau-ciment-agrégats puis malaxé pendant 3 minutes à vitesse maximal. A ce moment, le super-plastifiant reste suffisamment disponible pour jouer son rôle. Il suffit de reconnaître que les adjuvants en général et les super-plastifiants en particulier, s'ils sont bien utilisés, restent des constituants essentiels pour des bétons durables. [4]

Produit	Domaine d'application	Spécificité et fonction principale
SIKA® VISCOCRETE TEMPO 10 M	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Béton en cas du délai de mise en œuvre prolongé</li><li>✓ Bétons plastiques et très fluides</li><li>✓ Bétons avec réduction d'eau maximale (jusqu'à 30 %)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Evolution plus rapide des résistances à court terme</li><li>✓ Etanchéité fortement améliorée</li><li>✓ Réduction importante d'eau</li><li>✓ Fluidité élevée au cours de la mise en œuvre</li></ul>
SIKAPLAST® FLUID 80 R	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ bétons pompés à longues distances</li><li>✓ bétons avec des eaux chargées</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ haute réduction d'eau</li><li>✓ maintien prolongé de la rhéologie</li></ul>
SIKAFLUID® 200 XM	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ bétons pompés à longues distances</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ La fluidification par temps chaud</li><li>✓ bétons à hautes résistances</li></ul>
SIKAFLUID® R SIKAFLUID® 210 RD	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ bétons avec une très grande fluidité pendant des durées importantes.</li><li>✓ bétons à hautes résistances</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Ralentir la prise du béton</li><li>✓ Etalement de la phase de dégagement de la chaleur d'hydratation</li><li>✓ La fluidification par temps chaud</li></ul>

**Tableau 1 : Domaine d'application des super-plastifiants haut réducteurs d'eau**



## 2. Plastifiants-réducteurs d'eau

Les plastifiants réducteurs d'eau sont aussi des adjuvants qui, ajoutés au béton peuvent avoir un rôle triple : augmenter la maniabilité en réduisant la quantité d'eau de gâchage (Réducteur d'eau), augmenter l'étalement, et augmenter la compacité du béton entraînant une amélioration des résistances, Leurs pourcentage moyen est de 0,3 à 5 % du poids du ciment.[4]

Produit	Domaines d'applications	Spécificité
PLASTIMENT® BV 40	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Bétons préfabriqués étuvés</li><li>✓ Bétons précontraints</li><li>✓ Bétons armés à hautes performance</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Augmentation de la compacité du béton, amélioration des résistances mécaniques et de l'imperméabilité</li><li>✓ réduction du dosage en ciment</li><li>✓ amélioration de la maniabilité.</li></ul>

**Tableau 2 : Domaine d'application des plastifiants réducteurs d'eau**

## 3. Accélérateur de prise et durcissement :

C'est un adjuvant dont la fonction principale est d'accélérer le début et la fin de prise du béton. Mais en contrepartie, l'accélération recherchée peut entraîner une résistance mécanique moins élevée que le témoin.

### ➤ Mode d'action

Les accélérateurs sont des produits solubles dans l'eau, ils agissent en modifiant sélectivement la solubilité et la vitesse d'hydratation des liants constituants le ciment.

Certains accélérateurs sont plus efficaces avec un ciment portland qu'avec un ciment en forte teneur en constituants secondaires (CPJ).

Leur dosage moyen est de 0,8 à 2 % du poids du ciment. [4]

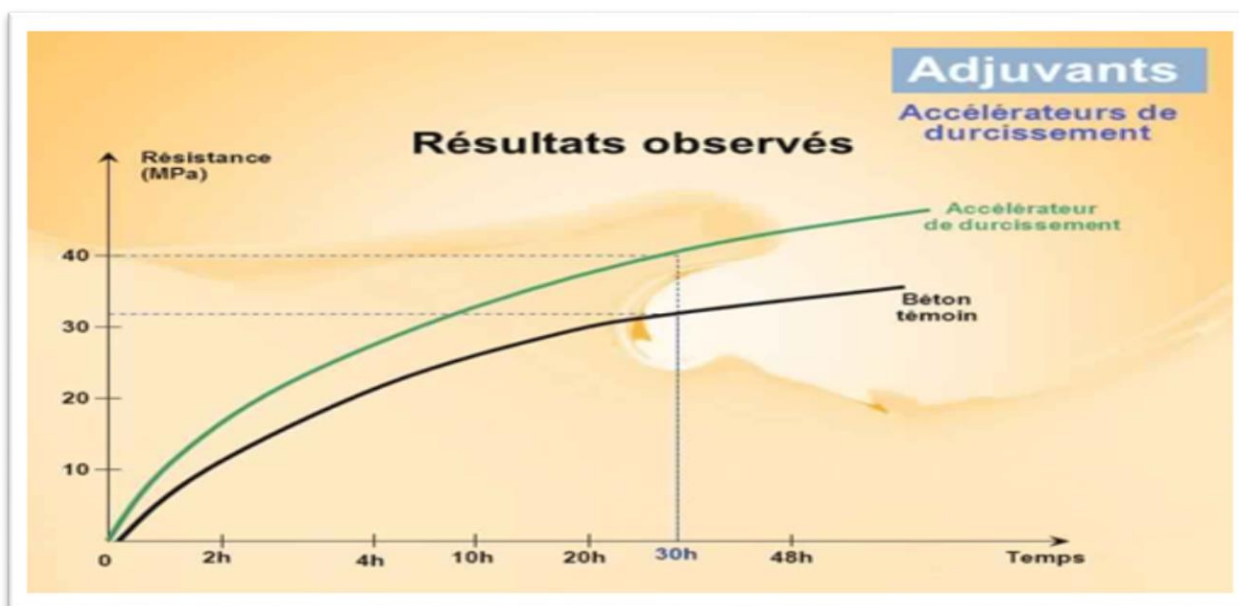


Figure 6 : l'effet des accélérateurs de durcissement sur le béton

Les accélérateurs de durcissement augmentent la vitesse de développement des résistances initiales du béton.

Produit	Domaine d'application	spécificité
SIKAVIT®	✓ Préfabrication sans étuvage	✓ Obtenir plus rapidement les résistances nécessaires au démoulage
SIKA®PRISE SC2	✓ Béton Prêt à l'emploi ✓ Fabrication d'éléments en béton armé	✓ Accélérer les cadences de production ✓ Réduire les temps d'étuvage

Tableau 3 : Domaine d'utilisation des accélérateurs de durcissement

#### 4. Retardateur de prise.

C'est un adjuvant avec un dosage de 0,2 à 0,5% du poids de ciment qui permet d'augmenter le temps de début de prise, et de réguler le dégagement de chaleur due à l'hydratation du ciment.

##### ➤ Mode d'action :

Les retardateurs peuvent agir en diminuant la vitesse d'hydratation de certains constituants anhydrides des ciments :

Ils se précipitent autour des grains de ciment et forment avec la chaux des précipités enrobant certaines parties des grains anhydrides ( $\text{CaSO}_4$ ). Il y a donc une formation d'une enveloppe plus ou moins imperméable d'épaisseur variable.

Le retard va dépendre alors :

- + De l'épaisseur de l'enveloppe
- + De son imperméabilité
- + De sa composition (de l'enveloppe créée par l'adjuvant)
- + Du pH du milieu

L'action va dépendre surtout de la teneur en alcalins  $\text{C}_3\text{A}$  et en sulfates  $\text{C}_3\text{S}$  dans le ciment.

[4]

#### ➤ Domaine d'utilisations

Les retardateurs sont utilisés :

- + Par temps chaud.
- + En cas de transport du béton sur de longues distances.
- + En cas de bétonnage partiel (reprise de bétonnage).



### 5. Hydrofuge de masse.

Ce sont des produits qui améliorent l'étanchéité des bétons et protègent de l'humidité en arrêtant l'absorption capillaire.

Ces adjuvants se combinent à la chaux du ciment pour former des cristallisations complémentaires qui obstruent les capillaires du mortier ou du béton. [4]

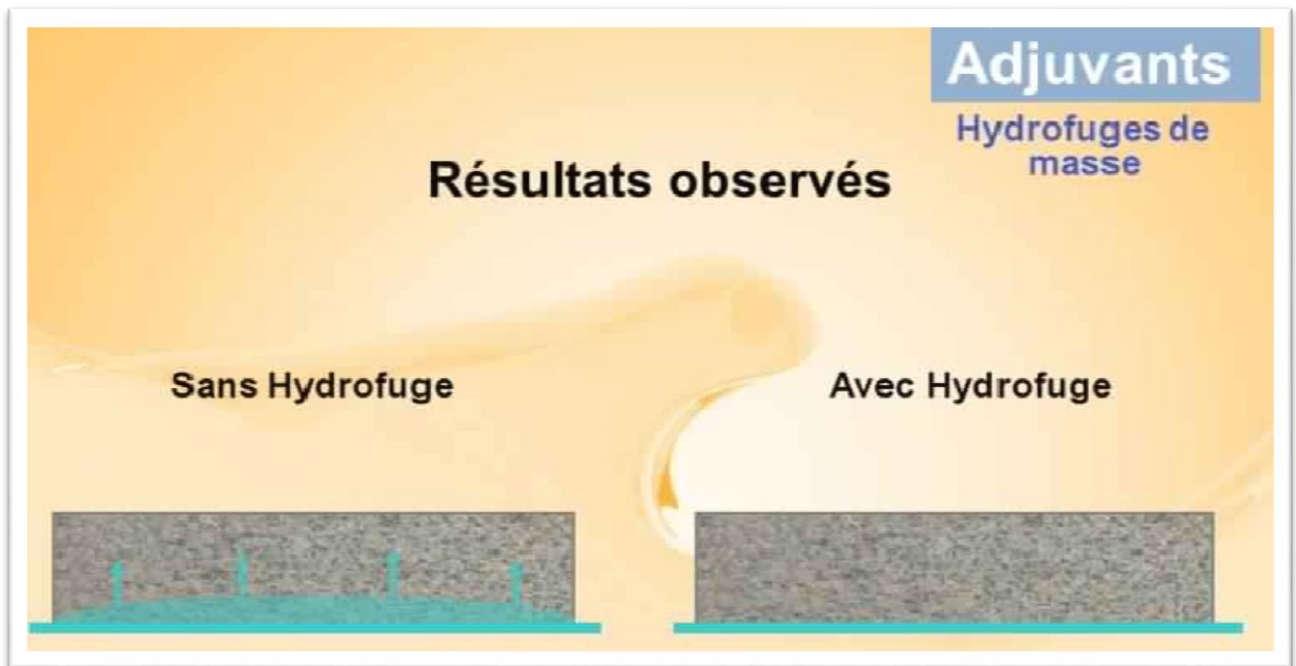


Figure 7 : l'effet de l'hydrofuge de masse.

Produits	Domaines d'applications	spécificité
Cimfuge	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Béton prêt à l'emploi BPE</li> <li>✓ Bétons étanches dans la masse, fondations, radiers, réservoirs.</li> </ul>	✓ Réduire la perméabilité et l'absorption capillaire du béton

## 6. Agents de mouture

Les agents de mouture sont des adjuvants généralement à base d'amines modifiées et d'alcools.

Leurs molécules se fixent sur la surface du grain de ciment en empêchant toute force d'attraction grâce à leur effet séparateur et fluidifiant.

Ils offrent plusieurs avantages:

- ✚ Réduction du temps de broyage (gain d'énergie)
- ✚ Augmentation de la capacité du broyeur.
- ✚ Réduction des agglomérations et du colmatage du ciment à l'intérieur des broyeurs
- ✚ Augmentation de la Surface Spécifique Blaine (SSB)
- ✚ Meilleure qualité du produit fini





## IV. Généralités sur la formulation

### 1. Définition

La formulation est une activité industrielle consistant à fabriquer (**formuler**) des produits **homogènes, stables, non toxiques** et possédants des propriétés finales spécifiques, répondant aux exigences d'un cahier de charges fonctionnel (CDCF) en mélangeant différentes matières premières.

### 2. Principe

La formulation c'est :

- ✚ Le conditionnement de plusieurs constituants en vue d'une application spécifique.
- ✚ Le mélange de plusieurs composés dont chacun a une fonction bien définie pour un but commun et précis.
- ✚ La mise en évidence d'un composé actif de façon à ce qu'il puisse répondre aux exigences.

La formulation assure ainsi un service vis-à-vis de l'utilisateur, en présentant les produits employés sous une forme correspondante aux meilleures conditions d'utilisation.

Les personnels des industries chargés de formuler des produits pour un usage particulier sont appelés des formulateurs.

L'invention d'une nouvelle formule : ce travail de recherche et développement peut demander plusieurs mois. Les exigences du CDCF peuvent, en cours d'étude, être modifiées, négociées avec le client qui apporte son aide, ou le responsable produits/production.

### 3. Objectif

La formulation consiste à :

- ✚ Mettre en forme.
- ✚ Diluer.
- ✚ Assimiler (toucher la cible).
- ✚ Protéger la substance active (SA).

## V. Généralité sur la capacité de production

La capacité correspond à la production maximale atteignable pour l'opération rationnelle d'un processus, elle permet à l'organisation de définir ses limites et opportunités en termes de compétitivité.



### Caractéristiques d'une capacité élevée:

- ✚ Immobilisation du capital
- ✚ Satisfaction du marché à long terme
- ✚ Réduction des prix de ventes pour stimuler la demande

### Caractéristiques d'une capacité limitée :

- ✚ Non satisfaction du marché, perte potentielle des clients.
- ✚ Utilisation excessive des ressources (main d'œuvre et machines).
- ✚ Facilité des nouveaux concurrents à entrer sur le marché.

#### **1. Comment augmenter la capacité de production**

- ✚ Améliorer la technologie des machines de production
- ✚ Réduire le nombre d'items de production
- ✚ Optimiser le processus par réduction des mouvements, réduction des attentes, parallélisation des tâches.
- ✚ Optimiser l'utilisation des ressources.
- ✚ Implémenter des techniques comme l'one Minute exchange (SMED).

#### **2. Taux d'utilisation de la capacité de production**

Les taux d'utilisations de la capacité de production sont des mesures de l'intensité avec laquelle les industries utilisent leur capacité de production.

Ce taux d'utilisation de la capacité est le pourcentage de la production effective sur la production potentielle.

## **VI. Généralité sur l'écoulement fluide**

La dynamique des fluides est l'étude des mouvements des fluides, qu'ils soient liquides ou gazeux. Elle fait partie de la mécanique des fluides avec l'hydrostatique (statique des fluides). [1]

La résolution d'un problème de dynamique des fluides demande normalement de calculer diverses propriétés des fluides comme la vitesse, le débit, la nature de l'écoulement, les pertes de charges la viscosité, la densité ou la pression.

Il existe plusieurs calculateurs qui permettent la simulation et la prédiction d'écoulement des fluides dans les canalisations. Dans le présent travail nous utiliserons un logiciels appelé « MECAFLUX ». [3]





MECAFLUX Standard est un logiciel généraliste de mécanique des fluides qui regroupe de nombreux outils allant des pertes de charges régulières, singulières, calculs de Venturis, conduits de fumées, couche limites, pression dynamique, Bernoulli, vidange réservoirs, fonctionnements des pompes, convertisseurs, aérodynamiques jusqu'à l'hydrodynamiques.[3]

### 1. Calcul des pertes de charges

Les pertes de charge représentent les pertes de pression dans les conduites des réseaux aérauliques, hydrauliques ou d'autres fluides.

Les pertes de charge évoluent avec la vitesse du fluide : à des vitesses faibles, les pertes de charge sont faibles et à des vitesses élevées les pertes de charges sont élevées. [1]

✚ Il existe deux types de pertes de charge :

**Les Pertes de Charge linéaires** (ou systématiques) représentant les pertes d'énergies dues aux frottements du fluide dans une conduite de section constante. Elles sont exprimées en pascals ou en bars.

**V** : est la vitesse moyenne de l'écoulement en mètres par seconde

**D** : est le diamètre de l'écoulement en mètres

**L** : est la longueur de l'écoulement en mètres

**$\lambda$**  : est le coefficient de perte de charge régulière (nombre sans unité)

$$\bullet \quad J_L = -\lambda \cdot \rho \frac{v^2}{2} \left( \frac{L}{d} \right)$$

On détermine le coefficient de perte des charges d'après le régime d'écoulement. Les équations utilisées dans le logiciel MECAFLUX pour le calcul des pertes de charges régulières sont:

$$\bullet \quad \text{Poiseuille en cas d'un écoulement laminaire. : } \lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\bullet \quad \text{Blasius en cas d'un écoulement turbulent lisse : } \lambda = 0,316 Re^{-0,25}$$

**Les pertes de charges singulières** (ou accidentelles) sont des pertes de pression provoquées par le passage du fluide dans des obstacles comme des vannes, raccords ou élargissement.

$$\bullet \quad J_s = -K_s \cdot \rho \frac{v^2}{2}$$



## 2. Les caractéristiques d'un système de pompage

### 1.1. Définition

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. On distingue principalement deux types de pompes :

#### **Les pompes centrifuges et les pompes volumétriques**

**Les pompes centrifuges** : fonctionnent suivant le principe d'une mise en rotation du fluide à pomper dans une roue tournant à grande vitesse ( $\sim 600 - 3500 \text{ tr.mn}^{-1}$ ). Le débit pompé est essentiellement en fonction de la différence de pression entre aspiration et refoulement, de la vitesse de rotation de la roue et du diamètre de la roue (vitesse périphérique).

**Les pompes volumétriques** : permettant le transfert d'un volume donné de liquide de consistance plus ou moins pâteuse, depuis l'aspiration vers le refoulement. Parmi l'ensemble des types de pompes volumétriques pour liquides existant sur le marché, il y a les pompes à piston. [2]

### 1.2. Dimensionnement d'une pompe

Les pompes sont des machines qui réalisent l'écoulement d'un fluide dans un réseau en utilisant une certaine énergie fournie par un moteur. Les caractéristiques du débit et de la pression de la pompe déterminent une courbe de fonctionnement de celle-ci à comparer avec les pertes de charges et le dénivelé de réseau. La comparaison de la courbe de la pompe et celle du réseau permet de trouver un point de fonctionnement du système pompe réseau. [2]

Les paramètres caractérisant le point de fonctionnement d'une pompe sont :

- ✚ Le débit volumique ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- ✚ La hauteur d'aspiration et de refoulement.
- ✚ Les pertes de charges à l'aspiration et au refoulement (perte de charges régulier et singulier).
- ✚ Le rendement de la pompe pour le calcul de consommation d'énergie et de force motrice.



## Partie 2 : Présentation du sujet et étude de l'existant



## I. Présentation du sujet

Notre projet vise à améliorer la capacité de production de l'usine à l'aide d'une analyse des différentes étapes de fabrication afin de déterminer les pertes dans un premier temps et de proposer des solutions adéquates pour augmenter la capacité de production dans un second temps. Une telle augmentation permettra à l'entreprise de produire dans des meilleurs délais et de répondre à toutes les attentes et exigences de ces clients.

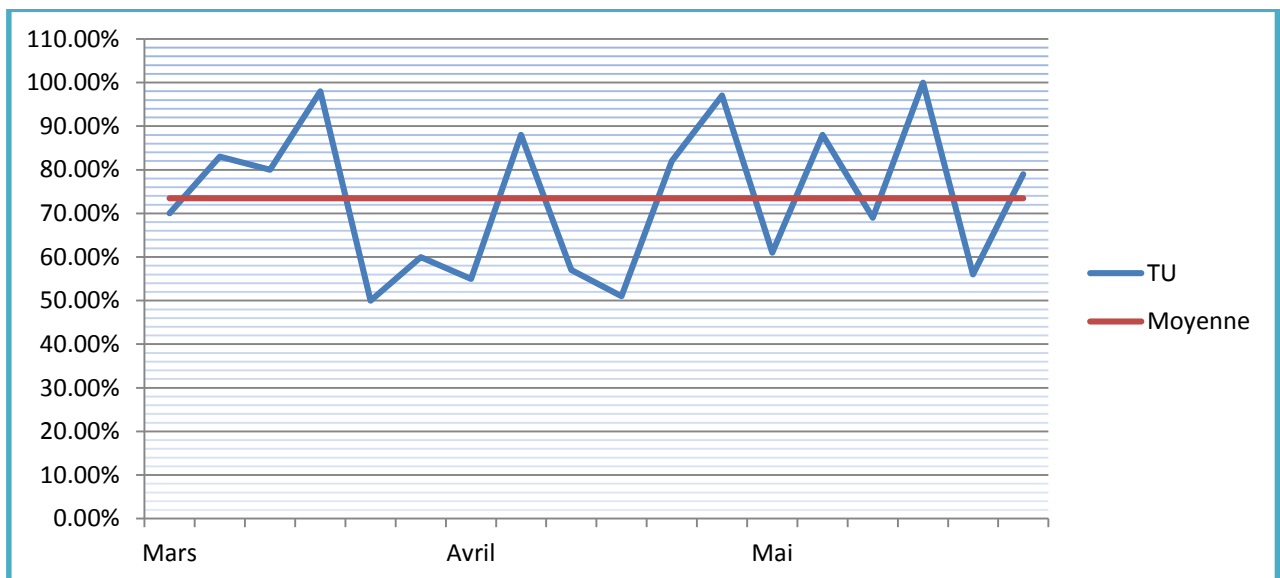
### 1. Taux d'utilisation de la capacité de production

Pour avoir une idée sur l'écart entre la capacité et le taux d'utilisation de capacité de production il faut faire un suivi de production durant une période représentative.

Le taux d'utilisation a été calculé durant une période de trois mois, les résultats sont représentés dans la courbe ci-dessous.

✚ La capacité de production actuelle au niveau de l'usine est de 45 tonne par jours.

$$\text{TUCP} = \frac{\text{quantité produite}}{\text{Capacité maximal}} \times 100$$



L'écart entre la capacité de production et le taux d'utilisation est de 27% donc si la demande augmente d'un taux supérieur à cet écart la société sera incapable de garantir la production suffisante.



**Objectif à atteindre :**

- Augmenter la capacité de production
- Diminuer le taux d'utilisation de la capacité de production
- Diminuer l'écart entre la capacité de production et le taux d'utilisation

## II. Etude de l'existant

La réalisation de l'analyse du processus et un suivi de production permet de maîtriser et optimiser toutes les étapes de production, ceci permettra de mettre en point un plan d'action pour augmenter la capacité de production

### 1. Le temps de production

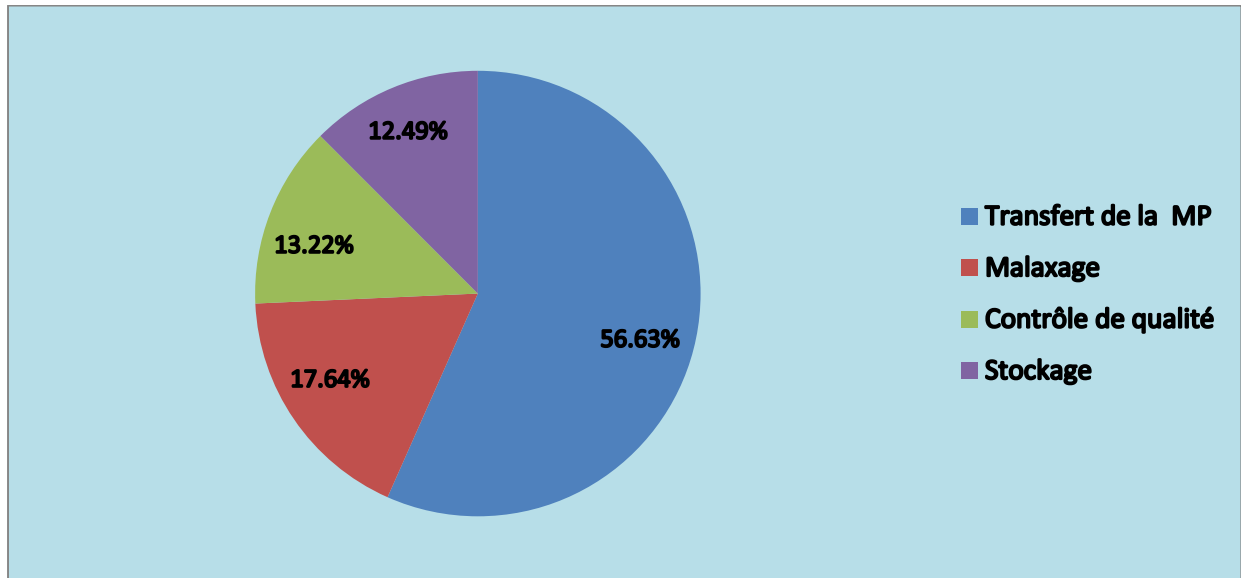
Pour identifier l'étape exacte qui a une influence sur la durée de production il faut faire un suivi du processus de production et noter le temps de chaque étape.

Le tableau ci-dessous présente un suivi des durées des étapes de production des produits majeurs.

Passe de production	Transfert de la MP	malaxage	contrôle qualité	Stockage	Durée total
	minute	minute	minute	minute	minute
Sikafluid R	106	30	20	27	183
SIKAfluid 200XM	76	30	25	30	161
Cimefuge	37	15	23	12	87
Sikaviscocrete tempo 10	64	30	20	20	134
Cimplast 212HF	100	30	15	23	168
plastiment 26M	37	30	20	12	99
SIKA visocrete tempo 40	107	30	25	15	177
Cimplast 212HF	100	30	20	23	173
Plastiment BV40	44	30	24	25	123
Clooter R30	290	30	24	20	364
plastiment 26M	50	30	20	16	116
Total cumulé (minutes)	1011	315	236	223	1785
Pourcentage (%)	56,63	17,64	13,22	12,49	100

**Tableau 4 : Suivi des durées de production des produits majeurs**

## Représentation graphique



**Figure 8 : pourcentage des durées des étapes de production**

D'après le suivi de la durée de production on remarque que la durée de transfert de la matière première représente 56,63% du temps global de production ce qui fait d'elle une étape critique présentant une influence importante sur la durée de production.

### **2. Transfert de la matière première**

La matière première est stockée soit dans :

- ✚ Des réservoirs liés directement à la zone de production par un circuit de pompage.
- ✚ Des cuves et des barils en métal, et dans ce cas elle est transférée à l'aide d'une pompe en injectant manuellement le tuyau dans les cuves et les barils. cette étape prend beaucoup de temps à cause de la physionomie de ces matières qui sont gélifiées.
- ✚ Des sachets en plastique pour les matières premières à l'état solide, leur préparation se fait donc à l'aide d'un diluteur avant qu'elles soient versées vers le mixeur de production, cette tâche nécessite alors une équipe d'opérateurs.

### Circuit d'écoulement des matières premières liquide

Dans un premier temps on s'intéresse au transfert de la matière première stocké dans les réservoirs.

Ce transfert vers la zone de production est assuré par un réseau de canalisation lié par des pompes centrifuge.

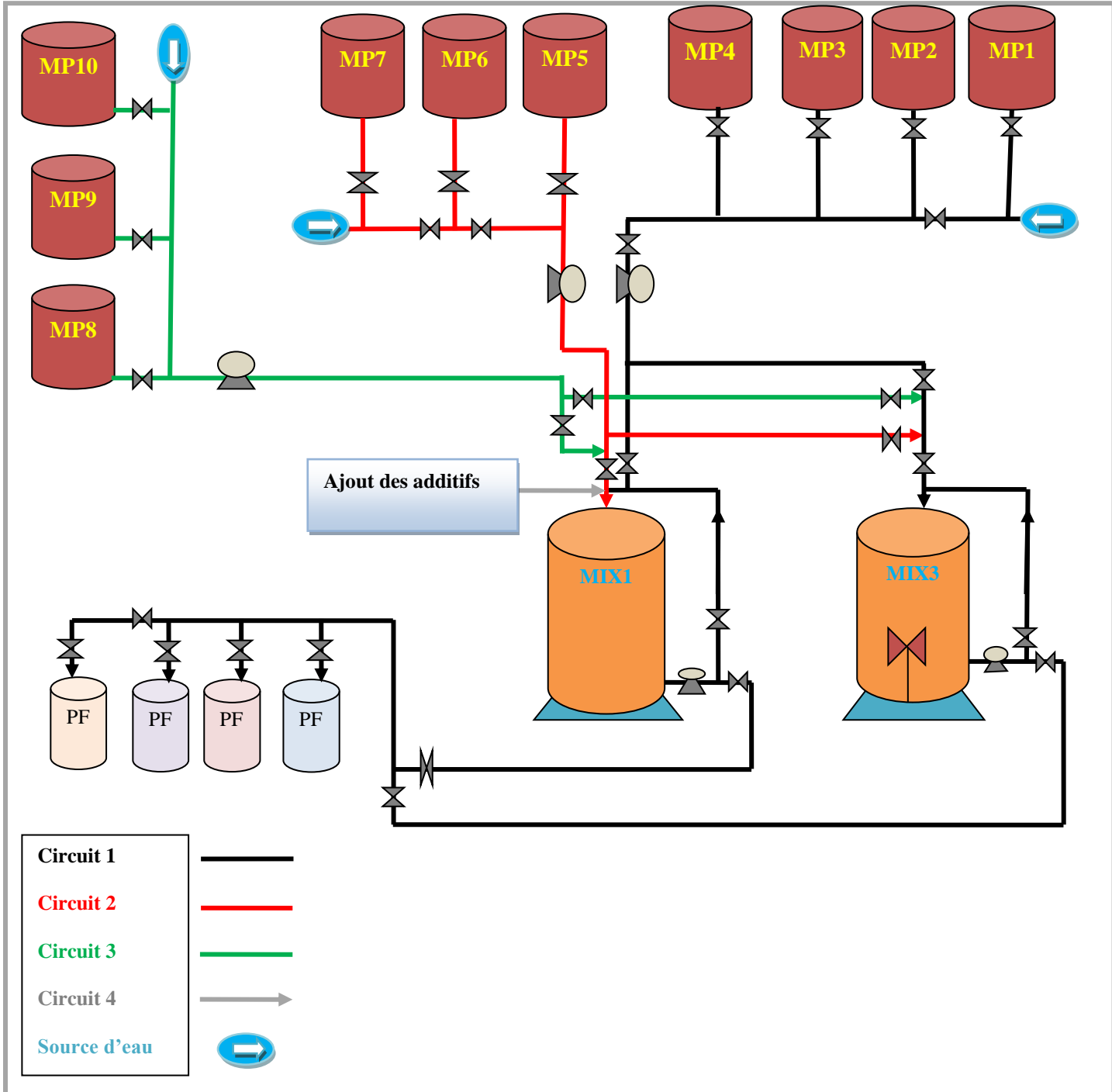


Figure 9 : Circuits de canalisation



- ✚ **Circuit 1** : ce circuit assure le transfert des MP1, MP2, MP3 et MP4 avec un diamètre de refoulement égal à 50 mm.
- ✚ **Circuit 2** : transfère les matières premières MP5, MP6 et MP7 avec un diamètre de refoulement de 32mm.
- ✚ **Circuit3** : transfère les matières premières MP8, MP9, et MP10 avec un diamètre de refoulement de 50mm.
- ✚ **Circuit 4** : transfert des additifs avec un diamètre de refoulement de 20mm.

**N.B** :Chacun des trois circuits des matières premières est lié avec une source d'eau afin de transférer la quantité d'eau nécessaire pour la fabrication et en même temps d'effectuer un simple rinçage pour vider la conduite des matières premières.

L'injection de l'eau est réalisée après le transfert de la MP (non en temps masqué) et le débit de transfert de cette dernière est relativement faible, ceci présente une influence considérable sur le temps de production.

Pour déterminer toutes les causes qui conduisent à la lenteur du transfert de la matière première nous avons eu recours à un diagramme de type Ishikawa qui les représenterepartie en Cinq catégories.



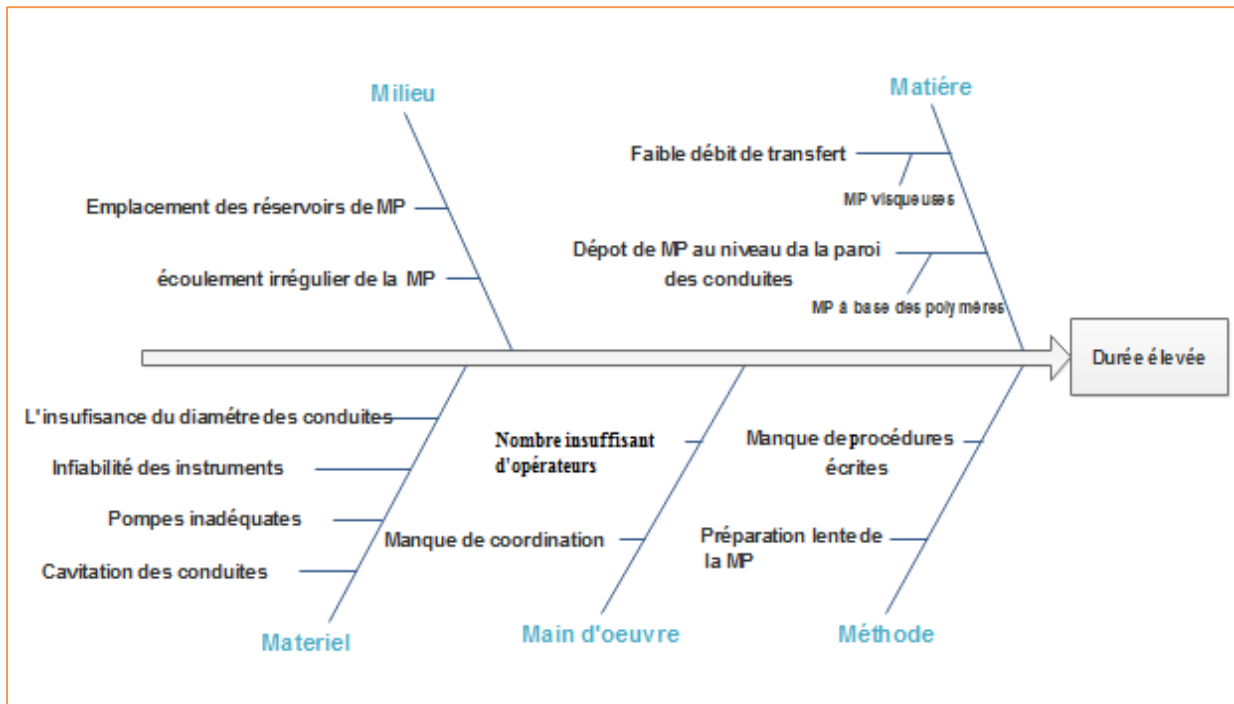


Figure 10 : Diagramme d'Ishikawa

### 3. Vitesse et nature d'écoulement des matières premières

#### Donnée nécessaires :

- ✓ Débit volumique ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) :  $Qv = \frac{Qm}{\rho}$
- ✓ Viscosité dynamique (Pa.s)
- ✓ Masse volumique ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )
- ✓ Nombre de Reynolds (S.U) :  $Re = \frac{v \cdot d \rho}{\mu}$
- ✓ Section :  $S = \pi r^2$

Puisque les diamètres des conduites d'aspiration et de refoulement ne sont pas égaux alors les vitesses ne seront pas les mêmes et le nombre de Reynolds également.



Le tableau ci-dessous englobe les vitesses et nature d'écoulement des matières premières

Circuit	$\mu$	$\rho$	$Q_v$	d		Vitesse		Re		Ecoulement
				Asp	Ref	Asp	Ref	Asp	Ref	
	Pa.s	kg/m <sup>3</sup>	(m <sup>3</sup> /s)	m	m	m/s	m/s			
MP1	0,25	1260	0,00346	0,065	0,05	1,0433	1,763	341	444	Laminaire
MP2	0,15	1230	0,00451	0,065	0,05	1,3605	2,299	725	942	Laminaire
MP3	0,2	1280	0,00227	0,065	0,05	0,6831	1,154	284	369	Laminaire
MP4	7	1400	0,00027	0,065	0,05	0,0805	0,136	1,1	1,4	Laminaire
MP5	0,0369	1120	0,00490	0,05	0,032	2,4977	6,098	3790	5922	turbulent lisse
MP6	0,032	1100	0,00532	0,05	0,032	2,7099	6,616	4657	7277	turbulent lisse
MP7	0,18	1031	0,00067	0,05	0,032	0,3393	0,828	97	151	Laminaire
MP9	0,03	1100	0,00535	0,065	0,05	1,6145	2,728	3847	5002	turbulent lisse

Tableau 5 : les vitesses et natures d'écoulement

#### 4. Calcul des pertes de charges

Pour calculer les pertes de charge linéaire il faut d'abord calculer le coefficient de perte de charge linéaire  $\lambda$ .

- Cas de l'écoulement laminaire ( $Re < 2000$ ) le coefficient de perte de charge sera calculé par la formule de **Poiseuille**

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

- Cas d'un écoulement turbulent lisse ( $2000 < Re < 10^5$ ) le coefficient sera calculé par la formule de **Blasius** :

$$\lambda = 0,316Re^{-0,25}$$

Pour calculer les pertes de charges singulières on aura besoin des coefficients de pertes de charge singulière  $K_s$  qui sont donnés par le logiciel de la mécanique de fluides.



Circuit	Re		coefficient perte charge Linéaire		Coefficient perte de charge singulière		
	Asp	Ref	Asp	Ref	90	45	vanne
MP1	341,79	444,33	0,19	0,14	1,75	0,105	0,05
MP2	725,14	942,68	0,09	0,07	1,75	0,105	0,05
MP3	284,18	369,43	0,23	0,17	1,75	0,105	0,05
MP4	1,05	1,36	61,12	47,02	1,75	0,105	0,05
MP5	3790,59	5922,80	0,04	0,04	1,75	0,105	0,05
MP6	4657,64	7277,57	0,04	0,03	1,75	0,105	0,05
MP7	97,24	151,94	0,66	0,42	1,75	0,105	0,05
MP9	3847,79	5002,13	0,04	0,04	1,75	0,105	0,05

**Tableau 6 : les coefficients de perte de charge**

Après le calcul des coefficients on passera au calcul des pertes de charges

**✚ Formule des pertes de charge linéaire**

$$J_L = -\lambda \frac{v^2}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{L}{d}\right)$$

**✚ Formule des pertes de charge singulières**

$$J_s = -K_s \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

**J<sub>L</sub>** : perte de charge linière (Pascals)

**J<sub>s</sub>** : perte de charge singulière (Pascals)

**ρ** : masse volumique du fluide (Kg/m<sup>3</sup>)

**V** : vitesse moyenne du fluide (m/s)

**d** : diamètre de la conduite (m)



Circuit	L		D		$\rho$	V		Q <sub>v</sub>	
	Asp	Ref	Asp	Ref		Asp	Ref	Asp	Ref
	m	m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	m/s	m/s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
MP1	19,87	37,33	0,065	0,05	1260	1,0433	1,763	0,00346	0,00346
MP2	12,9	36,4	0,065	0,05	1230	1,3605	2,299	0,00451	0,00451
MP3	6,05	37,35	0,065	0,05	1280	0,6831	1,154	0,00227	0,00227
MP4	2,18	37,35	0,065	0,05	1400	0,0805	0,136	0,00027	0,00027
MP5	3,99	35,16	0,05	0,032	1120	2,4977	6,098	0,00490	0,00490
MP6	7,39	35,15	0,05	0,032	1100	2,7099	6,616	0,00532	0,00532
MP7	10,84	35,16	0,05	0,032	1031,8	0,3393	0,828	0,00067	0,00067
MP9	13,53	34,03	0,065	0,05	1100	1,6145	2,728	0,00535	0,00535

Tableau 7 : Données nécessaires pour le calcul des pertes de charge

Circuit	Longueur		Coude					
	Asp	Ref	Aspiration			Refoulement		
			90	45	Vanne	90	45	Vanne
	m	m	su	Su	su	su	su	su
MP1	19,87	37,33	3	2	1	5	2	1
MP2	12,9	36,4	3	2	1	5	2	1
MP3	6,05	37,35	2	0	1	5	2	1
MP4	2,18	37,35	2	0	1	5	2	1
MP5	3,99	35,16	2	0	1	4	3	1
MP6	7,39	35,15	2	0	1	4	3	1
MP7	10,84	35,16	2	0	1	3	3	1
MP9	13,53	34,03	2	0	1	3	0	1

Tableau 8 : Longueurs des différents circuits



✚ Les résultats de calcul des pertes de charge sont réunis dans le tableau ci-dessous

Circuit	PERTE DE CHARGE (Pa)						
	Aspiration			Refoulement			total
	J <sub>L</sub>	J <sub>S</sub>	J <sub>12asp</sub>	J <sub>L</sub>	J <sub>S</sub>	J <sub>12ref</sub>	∑
	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
MP1	39241,21	3776,19	43017,411	210560,04	17636,05	228196,09	<b>271213,5</b>
MP2	19932,3	17902,21	37834,508	160635,87	29273,843	189909,71	<b>227744,22</b>
MP3	6258,38	3026,14	9284,5173	110349,57	7680,419	118029,99	<b>127314,51</b>
MP4	9306,51	46,02	9352,5238	455401,26	116,79226	455518,05	<b>464870,57</b>
MP5	11159,13	73973,48	85132,614	824231,27	153468,92	977700,19	<b>1062832,8</b>
MP6	22670,23	85409,52	108079,75	898529,22	177194,68	1075723,9	<b>1183803,7</b>
MP7	8470,36	1255,61	9725,9728	163757,7	1985,985	165743,68	<b>175469,65</b>
MP9	11928,42	14525,81	26454,233	104432,39	21686,42	126118,81	<b>152573,04</b>

**Tableau 9 : les pertes de charges**

## 5. Dimensionnement des pompes

### 5.1. Caractéristiques techniques des pompes utilisées

<b>Désignation</b>	Pompe centrifuge
<b>Domaine d'utilisations</b>	Dépotage, Formulations, Malaxage
<b>Débit</b>	50m <sup>3</sup> /h
<b>NPSH</b>	3,09m
<b>Puissance absolue</b>	6,3 KW à 2920tr/min
<b>Bride d'aspiration</b>	DN65
<b>Bride de refoulement</b>	DN40

**Tableau 10 : Fiche technique des pompes existantes**

Pour le dimensionnement du système de pompage il faut calculer la puissance utile.

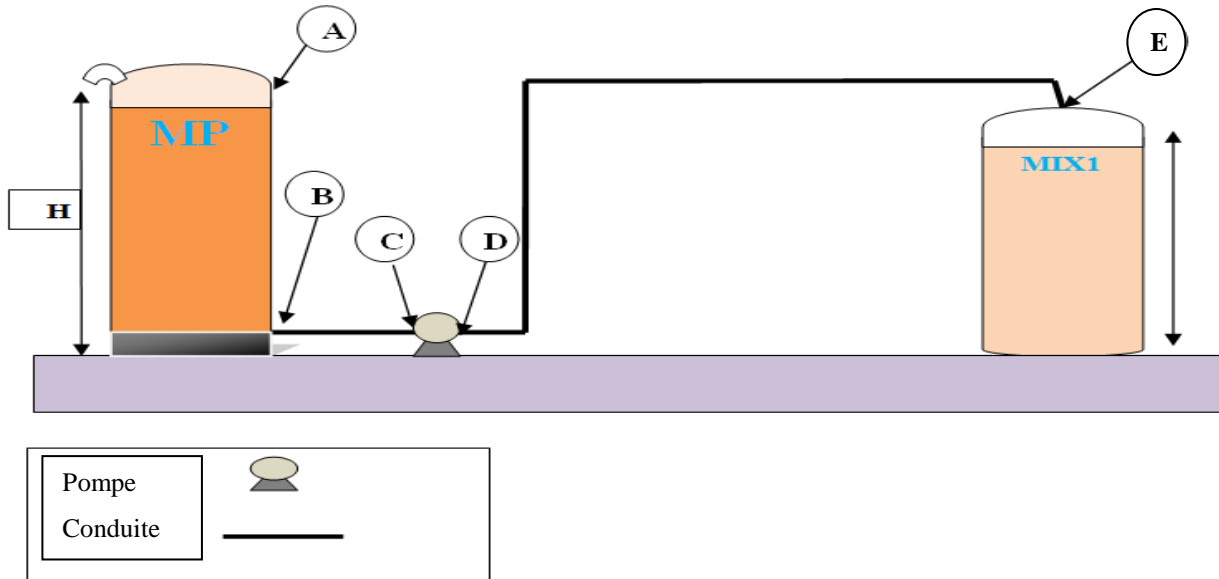


Figure 11 : schéma des différents points du circuit de pompage

A l'aide du schéma ci-dessus et en appliquant le théorème de Bernoulli entre le point A et B on calcule la pression  $P_B$  pour chaque réservoir.

$$\frac{(V_A^2 - V_B^2)}{2} + \frac{(P_A - P_B)}{\rho} + g \times (Z_A - Z_B) = 0$$

$$P_B = P_A + \rho \times g \times H - \rho \left( \frac{V_A^2}{2} \right) \quad (\text{En pascal})$$

La pression au point « C » est égale à la pression au point B moins la somme des pertes de charge d'aspiration.

$$P_C = P_B - (J_L + J_S) \quad (\text{en pascal})$$



Le tableau ci-dessous englobe les résultats pour chaque matière première :

Circuit	H	g	$\rho$	$\mu$	$J_{12}$	pression			
					Asp	Point A	point B	Point C	Point E
	m	m/s <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Pa.s	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
MP1	7	9,81	1260	0,25	43017,411	101300	186713,7	143696,31	101300
MP2	7	9,81	1230	0,15	37834,508	101300	184350,5	146516,03	101300
MP3	9	9,81	1280	0,2	9284,5173	101300	213572,6	204288,06	101300
MP4	9	9,81	1400	7	9352,5238	101300	224810,7	215458,22	101300
MP5	9	9,81	1120	0,0369	85132,614	101300	198785,6	113652,99	101300
MP6	9	9,81	1100	0,032	108079,75	101300	196929	88849,272	101300
MP7	9	9,81	1031,8	0,18	9725,9728	101300	192152	182426,05	101300
MP9	9	9,81	1100	0,03	26454,233	101300	196918,8	170464,61	101300

**Tableau 11 : calcul des pressions**

### 5.2. Détermination de la puissance utile de la pompe

#### Donnée nécessaire :

**V** : vitesse d'écoulement du liquide dans les conduites

**P<sub>B</sub>** : pression au point B

**P<sub>F</sub>** : pression au point F (pour le mixeur 1 )

**P<sub>E</sub>** : pression au point E (pour le mixeur 3)

**J<sub>12</sub>** : perte de charge

**Q<sub>v</sub>** : débit volumique

**$\rho$**  : masse volumique

**Z<sub>B</sub>** : la hauteur d'aspiration

**Z<sub>E</sub>** : hauteur de refoulement



On applique le théorème de Bernoulli entre le point **B** et le point **E**

$$\frac{V_E^2 - V_B^2}{2} + \frac{(P_E - P_B)}{\rho} + g \times (Z_E - Z_B) = \frac{P_n}{\rho \times Q_V} + J_{12}$$

$Z_B=0$  donc l'équation devient :

$$\frac{V_E^2 - V_B^2}{2} + \frac{(P_E - P_B)}{\rho} + g \times Z_E = \frac{P_n}{\rho \times Q_V} + J_{12}$$

$$P_n = \rho \times Q_V \times \left( \frac{V_E^2 - V_B^2}{2} + \frac{(P_E - P_B)}{\rho} + g \times Z_E - J_{12} \right)$$

Circuit	Débit	P	G	$V_B$	$V_E$	$P_B$	$P_E$	$Z_E$	$J_{12}$	$P_n$
	m <sup>3</sup> /S	Kg/m <sup>3</sup>		m/s	m/s	Pa	Pa	m	j/kg	W=Joule/s
MP1	0,00346	1260	9,81	1,043	1,763	186713,7	101300	6	215,25	903,67
MP2	0,00451	1230	9,81	1,361	2,299	184350,5	101300	6	185,16	988,77
MP3	0,00227	1280	9,81	0,683	1,154	213572,6	101300	6	99,46	205,96
MP4	0,00027	1400	9,81	0,081	0,136	224810,7	101300	6	332,05	113,17
MP5	0,0049	1120	9,81	2,498	6,098	198785,6	101300	6	948,96	5141,79
MP6	0,00532	1100	9,81	2,71	6,616	196929	101300	6	1076,19	6235,97
MP7	0,00067	1031,8	9,81	0,339	0,828	192152	101300	6	170,06	96,94
MP9	0,00535	1100	9,81	1,615	2,728	196918,8	101300	6	138,70	665,68

**Tableau 12 : Les puissances utiles**

D'après le calcul effectué on peut dire que la puissance utile par la pompe reste faible par rapport à la puissance absorbée cela est due à :

- ✚ Pompes inadéquates pour les fluides visqueuses donc il y a un gaspillage d'énergie sous forme de chaleur.
- ✚ Diminution du diamètre des conduites à cause d'une couche des matières premières déposée sur les parois des conduites, et par la même occasion diminution du débit.





# Partie 3 : Solutions proposées, une étude technico-économique sur les solutions.



## I. Solutions proposées

Problème	Causes	solutions	faisabilité
Lenteur du transfert des matières premières et de l'eau.	Liaison entre les circuits.	Transférer l'eau en temps masqué et en parallèle avec les matières premières.	Modification du branchement du circuit
Réduction de débit du transfert des matières premières	Pompe inadéquate Vieillesse de la pompe	Utilisation d'une pompe adéquate Changement des pompes. Entretien régulier	Remplacer la pompe centrifuge par une pompe volumétrique
	Viscosité élevée	Changer les matières premières	-----
	Perte de charge importante au niveau du transfert de la matière première	Diminuer les pertes de charge linéaires et singulières	-----
Dépôt d'une couche sur les parois des conduites.	Matières premières à base de polymères Matière première dense Viscosité élevée	Enlever la couche déposée Rinçage des conduites. Rinçage deux fois par an au minimum.	Elimination du dépôt par un rinçage spécial avec un produit spécifique à condition de ne pas attaquer la paroi des conduites
Cavitation	Pression faible au niveau d'aspiration	Augmenter le diamètre des conduites d'aspiration Essayer de laisser toujours les réservoirs de stockage des matières premières à un niveau de remplissage élevé.	Prévoir la consommation des matières premières
Préparation lente de certaines matières premières	Matière première cristallisée dans des barils	Utilisation de ceintures chauffantes en cas de cristallisation afin de fusionner cette dernière Changer la matière première Essayer d'effectuer cette étape en temps masqué	-----
Perte de temps à l'étape de contrôle de qualité	Indisponibilité des opérateurs	Lancement avant l'arrêt du mixeur.	-----

**Tableau 13 : Tableau des solutions**

## 1. Interprétation

L'application de ces solutions permettra automatiquement de :

- ✚ Augmenter le débit de transfert de la matière première
- ✚ Diminuer la durée de fabrications
- ✚ Améliorer la méthode de travail
- ✚ Augmenter la capacité de production
- ✚ Répondre à la demande du marché
- ✚ Augmenter les gains.

Pour valider ces solutions il faut prendre en considération les couts de leur réalisation et de l'investissement global.

## 2. Principales solutions :

### 2.1.Séparation des circuits

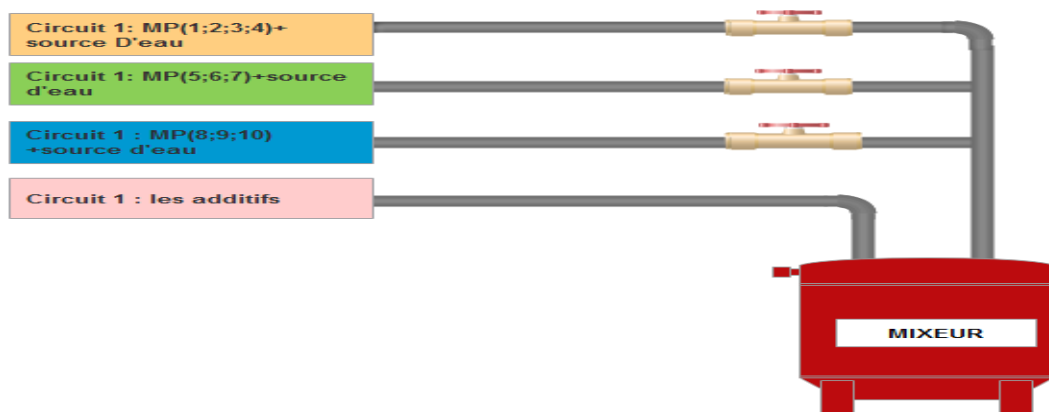
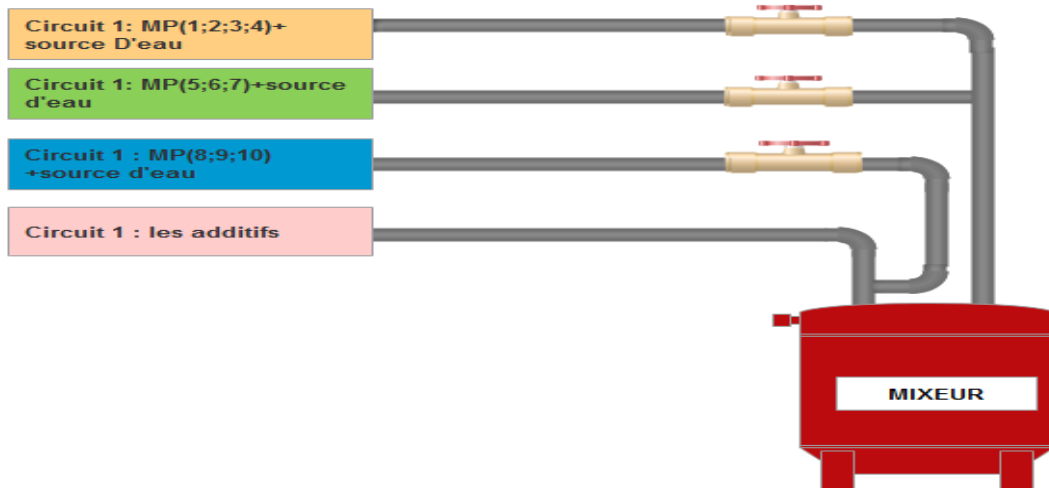


Figure 12 : Etat actuel du branchement



**Figure 13 : Solution proposée au niveau du branchement**

Avec ce changement le pompage de l'eau sera réalisé en temps masqué. Cela permettra de gagner environ 50 min du temps de production. Sachant que la consommation d'eau est estimée en 10 tonne par jour avec un débit de pompage de  $Q_v=11,3m^3/h$ , et donc  $t=53min$ .

### 2.2.Changement de pompe :

Dans le cas où la viscosité d'un fluide est élevée, le pompage avec une pompe centrifuge devient lent :

Donc pour les matières premières qui ont une viscosité élevée il vaut mieux procéder à un changement de la pompe centrifuge avec une autre pompe à piston spécifique pour ce type des fluides et qu'iva assurer un débit estimé de  $10m^3/h$ .

Pour commander la pompe il faut spécifier les pertes de charge, les hauteurs d'aspiration et de refoulement ainsi que la viscosité du liquide et le débit souhaité.

Cette pompe sera liée avec le réservoir des matières premières suivantes :

MP	viscosité	Débit actuel( $m^3/h$ )	Débit prévu ( $m^3/h$ )	Volume consommé ( $m^3/j$ )	Durée actuelle (min)	Durée prévue (min)	Temps gagné (min)
MP1	0,25	12,45	10	1,64	8	10	-2
MP4	7	0,972	10	0,7	43	5	38
MP3	0,2	8,172	10	0,65	5	4	1
MP7	2,412	2,412	10	0,9	23	6	17
<b>Total :</b>							<b>54</b>

**Tableau 14 : La durée de pompage par la pompe à piston**



Entre le changement du pompage de l'eau et celui de la pompe centrifuge, le gain en termes du temps va se chiffrer alors à 107 min par rapport au temps initial de la production.

### 2.3.Résultats :

	Etat actuel	Etat prévu
Temps moyendeproduction (min)	350	243
Temps d'ouverture (min)	480	480
Moyenne de production actuelle (t/j)	32,85	32,85
Capacité de production (t /j)	45	64,88
Taux d'utilisation de la capacité de production (%)	73	50,62
L'écart	27	49,38
Capacité de production annuelle (t/an)	11430	16479,52

**Tableau 15 : Comparaison entre l'état actuel et l'état prévu en terme de capacité de production**

D'après le tableau des résultats on peut aisément noter que puisque le temps de production va s'écourter d'à peu près 107 min, la capacité de production va quant à elle s'élever à 64,88 tonne/jours.

Ce ci va représenter un gain de 20 tonne/jours c'est-à-dire environ 5000 tonne /an.

### 3. Solutions complémentaires.

Concernant les solutions secondaires nous avons proposé d'effectuer un lavage au niveau des conduites pour résoudre le problème de bouchage, mais également l'utilisation des ceintures chauffantes pour la préparation de certaines matières premières qui arrivent dans des béryls pour diminuer leur viscosité.

#### 3.1.Lavage des conduites

##### Objectif :

Elimination de la couche déposée sur les parois des conduites.

##### Action :

- ✚ Utilisation d'un détergent puissant de type eau de Javel, qui facilite le décolllement des matières organiques.
- ✚ L'efficacité du détergent sera accrue si sa température, sa concentration et son temps d'action sont optimisés.
- ✚ Rinçage par l'eau à une vitesse et pression élevées.
- ✚ Effectuer ce nettoyage 2 fois par an.



### 3.2. Utilisation des ceintures chauffante (chauffe-barils)

#### Objectif :

- ✚ Minimiser le temps d'écoulement des matériaux visqueux

#### Action :

- ✚ Augmentation de la température des matières premières.
- ✚ Diminution de la viscosité.

## II. Etude technico-économique sur les solutions proposées

Afin de mettre notre projet sur une voie réelle nous nous sommes intéressés dans cette dernière partie de notre rapport à faire une étude économique estimative du projet.

### 1. Estimation de projet

Besoin	Prix unitaire (Dh)	quantité	somme
Pompe à piston	60000	1	60000
Conduite en inox (m)	100	2	200
Ceinture chauffante	3000	2	6000
Coude 90	250	2	500
Somme (Dh)			66700

**Tableau 16 : estimation de projet**

Pour faire un calcul concernant le retour sur investissement, on va supposer que l'usine va atteindre sa capacité maximale de production. Le tableau suivant résume les résultats du gain total estimé de ce projet.

Capacité actuel (t/an)	Capacité prévu (t/an)	Quantité ajoutée t/an	prix estimatif (DH/tonne)	Marge de gain (%)	Gain annuel DH/an
11430	16479,52	5049,52	7000	20	7069328

**Tableau 17 : gain annuel**

D'après le tableau ci-dessus on peut voir que le gain annuel va être considérable comparé à l'investissement des solutions proposées.



## Conclusion générale :

Le secteur des adjuvants reste un secteur à exploitation limitée avec un potentiel de développement assez élevé ou on pourrait investir pour mieux envahir le marché avec des produits de qualité meilleure ou au moins similaire.

La solution que j'ai proposé se base sur une optimisation de temps essentiellement, et par conséquent une augmentation de la capacité de production, cela veut dire qu'économiquement la société sera en position de gain.

La solution de changement de conduite a été exécutée par nos soins et a donné de très bons résultats chose qui a crée satisfaction de l'administration, surtout que sa réalisation a nécessité pas mal de tempset d'effort pour mieux cerner la problématique,les autres solutions proposé concernant les problèmes existants de masse restent pour le moment en instance mais retiennent toute l'attention des responsables.

Ce stage m'a été bénéfique dans la mesure où j'ai transformé mes connaissances théoriques que j'ai appris tout au long de mon cursus de formation, en matière pratique réelle sur un site de production avec de sérieux enjeux auxquels j'ai essayé de contribuer.

Cela a forgé mon esprit d'analyse, de gestion et surtout de responsabilité.



---

**✚ Références Bibliographiques :**

- [1] : Mécanique des fluides : pertes de charge ; dimensionnement des pompes ; ben hamouda-octobre 2008 ; chapitre 4 ; P : 88, 90, 90, 94,95
- [2] : Rapport de stage ; EL AGRI Asmae ; FST ; OCP Khouribga .P : 24,25

**✚ Web graphie :**

- [3] : <http://www.mecaflux.com/>
- [4] : <http://mar.sika.com/>







2015/2016

**Master Sciences et Techniques : Génie des Matériaux et des Procédés**

**Nom et prénom: BOUKHIR NADIR**

**Titre: Etude de l'amélioration de la capacité de production**

**Résumé**

Les adjuvants et agents de mouture sont devenus parmi les principaux constituants du ciment et béton, ce qui explique l'augmentation de leurs consommations, d'où la nécessité d'augmenter la capacité de production des sociétés spécialisées dans la fabrication de ce type de produits dans un but de suivre l'évolution de la demande.

Le présent travail concerne l'étude de l'amélioration de la capacité de production de SIKA AIN SBA spécialisée en la fabrication des adjuvants et agents de mouture, en faisant une analyse des étapes de production. Nous nous sommes intéressés en particulier, au transfert de la matière première étape la plus lente sur laquelle on peut agir pour minimiser le temps de transfert de cette dernière.

Le calcul des pertes de charges au cours de l'écoulement des matières premières est effectué par le logiciel MECAFLUX afin de déterminer la compatibilité des pompes utilisées avec la nature des matières premières.

Parmi les solutions proposées la parallélisation des tâches s'est montrée une méthode très efficace pour minimiser le temps de production et par conséquent augmenter la capacité de production.

**Mots clés:** Amélioration, SIKA, capacité de production, TUC, gains

