

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Thème

**CONTRIBUTION A
L'AMELIORATION DU CONTROLE
QUALITE EN COURS DE
PRODUCTION A ABC PEPSI**

Proposé par :

Mr. A.SOUHAIL

Etudié par :

Mr. K.LEKHCHINE
Mr. M.RAHMOUNE

Dirigé par :

Mr. T.LAMRAOUI
Mr. A.SOUHAIL

Promotion 2001

E.N.P 10, Avenue HASSEN BADI-EL HARRACH-ALGER

- هدفنا خلال هذه الدراسة هو المساهمة في تحسين مراقبة النوعية أثناء الإنتاج بشركة بيبسي. الدراسة تمت على مستويين هما:
- دراسة معمقة لعمليات الإنتاج، التحكم في موحدات بيبسي كولا الدولية واختيار مشكل حجم غاز ثاني أكسيد الكربون على الخط SIDEL كإشكالية للدراسة.
 - متابعة وتحليل عمليات الإنتاج على الخط SIDEL، تحليل أسباب التغير ووضع الطرق التي تسمح بتحسين قدرات عمليات الإنتاج.

Résumé :

Notre objectif à travers cette étude consiste à la contribution à l'amélioration du contrôle qualité en cours de production à ABC PEPSI.

L'étude a été effectuée à deux niveaux :

- Etude approfondie du processus de production, maîtrise des standards de PEPSI COLA INTERNATIONAL et le choix du problème volume CO2 sur la ligne SIDEL verre comme problématique dans notre étude.
- Suivi et analyse du procédé de la ligne SIDEL verre, analyse des causes de variabilité relativement au volume CO2 et l'élaboration des procédures permettant l'amélioration de la capabilité du procédé.

Abstract :

Our objective through this survey consists to the contribution to the improvement of the control in progress quality of production to ABC PEPSI.

The survey has been done to two levels:

- Survey deepened of the process of production, restraint of switchboards of PEPSI COLA INTERNATIONAL and the choice of the problem volume CO2 on the line SIDEL glass as problematic in our survey.
- Follow-up and analysis of proceeds it of the line SIDEL glass, analysis of variability reasons relatively to the volume CO2 and the development of procedures permitting the improvement of the capability of the process.

الدرسة الوطنية المتعددة الفنون
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Mots clés : Qualité, contrôle qualité, boisson gazeuse, processus de production, carte de contrôle, Maîtrise statistique des procédés, contribution, amélioration.

DEDICACES :

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents ;
Mon frère Lamine ;
Mes s eurs : Dounia et Imène ;
A toute ma famille ;
A tous mes amis,
qui se reconnaîtront ;

A mon binôme de toujours Mahmoud !

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents ;
Mes s eurs;
Mon frère Djilali ;
A toute ma famille;
A tous mes amis;
A toute ma promotion.

REMERCIEMENTS :

Nous tenons par la présente occasion à remercier :

M^{elle}. ABOUN, notre directrice du département Génie Industriel

M^r. T.LAMRAOUI et M^r. A.SOUHAIL, nos promoteurs, pour l'attention soutenue qu'ils nous ont accordé ;

Les enseignants du département Génie Industriel ayant contribué à notre formation ;

L'ensemble du personnel d' ABC PEPSI ayant participé de près et de loin à l'aboutissement de notre travail,

Particulièrement : M^r. LAMRI, M^r. CHAMI, M^{me}. HAMOUCHE,
M^r. BOUKERCHA, M^r. BELHADEF, M^r. ACHAB.

SOMMAIRE

Glossaire.....1

Introduction générale.....4

CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise ABC PEPSI

1. Généralités.....	6
2. Gamme de produits.....	6
3. Stratégie commerciale de l'entreprise.....	7
4. Organigramme général de l'entreprise.....	7
5. Organigramme de la direction usine.....	7
5-1- Département maintenance.....	9
5-2- Service contrôle industriel.....	10
5-3- Service traitements des eaux.....	11
5-4- Département production.....	11
5-5- Service siroperie.....	12
5-6- Département qualité.....	12
5-7- Département utilités.....	13

CHAPITRE II : Processus de production

1. Traitement des eaux.....	14
1.1. Forage.....	16
1.2. Bâches à eau.....	16
1.3. Station de traitement.....	17
2. Siroperie.....	18
2.1. Préparation sirop simple.....	19
2.2. Préparation sirop fini.....	20
3. Procédé de mise en emballage.....	20
3.1. Ligne SIDEL verre.....	21
3.2. Ligne SIDEL PET.....	23
3.3. Ligne KRONES verre.....	23
4. Observation concernant le processus.....	26

CHAPITRE III : Contrôle qualité à ABC PEPSI

1. Les objectifs de contrôle qualité à ABC PEPSI.....	27
2. Contrôle qualité à ABC PEPSI.....	27
2.1. Contrôle des matières premières.....	29
2.2. Contrôle des emballages.....	29
2.3. Contrôle du produit semi-fini.....	30
2.4. Contrôle en cours de production.....	30
2.5. Contrôle du produit fini.....	30
3. Supports d'information.....	34
4. Outils de contrôle.....	35

CHAPITRE IV : Outils statistiques

- 1. Qualité et contrôle.....36
 - 1.1. La qualité.....36
 - 1.2. Contrôle qualité.....36
- 2. Les outils de la qualité.....38
 - 2.1. Le diagramme de Pareto.....38
 - 2.2. Le diagramme d'ISHIKAWA.....39
 - 2.3. Histogramme.....41
 - 2.4. Le diagramme de corrélation.....41
- 3. Les concepts de la maîtrise statistique des procédés.....42
 - 3.1. Notions fondamentales.....42
 - 3.2. Cartes de contrôle.....42
 - 3.3. Concepts de capabilité.....46

CHAPITRE V : Analyse des défauts

- 1. Source d'information.....52
- 2. Etude des défauts.....52
- 3. Origine des défauts.....54
 - 3.1. Ligne SIDEL verre.....54
 - 3.2. Ligne SIDEL PET.....55
 - 3.3. Ligne KRONES verre.....57
- 4. Conclusion.....58

CHAPITRE VI : Analyse du procédé de la ligne SIDEL verre

- 1. Observation et suivi du procédé.....59
- 2. Utilisation des cartes de contrôle.....61
 - 2.1. Objectifs des cartes de contrôle.....61
 - 2.2. Choix des cartes de contrôle.....61
 - 2.3. Calcul des limites de contrôle.....62
 - 2.4. Calcul de la proportion de non conforme.....65
- 3. Evaluation des performances du procédé.....66
 - 3.1. Calcul des indicateurs de capabilité.....66
 - 3.2. Interprétation.....66

CHAPITRE VII : Analyse des causes de variabilité

- 1. Diagramme d'ISHIKAWA.....67
 - 1.1. Machine.....69
 - 1.2. Maintenance.....70
 - 1.3. Mesure72
 - 1.4. Matière72
 - 1.5. Main d'œuvre72
 - 1.6. Milieu73
- 2. Etude du Premix.....73
 - 2.1. Principe de fonctionnement du PREMIX.....73
 - 2.2. La désaération.....76

2.3. La carbonation.....	76
3. Relation entre la température de l'eau refroidie et le volume CO ₂	77
4. Etude de la corrélation.....	78
5. Détermination des plages de fonctionnement optimales de la température.....	80
6. Conclusion.....	81

CHAPITRE VIII : Amélioration de la capacité du procédé

1. Fluctuation de la température de l'eau refroidie en cours de production.....	82
2. Mise en œuvre des améliorations.....	84
3. Fluctuation de la température de l'eau refroidie après les arrêts...85	
3.1. Causes des fluctuations.....	85
3.2. Actions à mener.....	85
4. Suggestions.....	86

Conclusion générale	87
----------------------------------	----

Bibliographie

Annexes

Annexe A

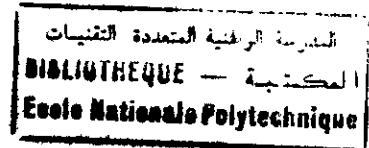
Annexe B

Sirop simple	Eau traitée + sucre
Sirop fini	Sirop simple + concentré (tous les composants) + eau traitée
Brix	Taux de sucre contenue dans une solution (masse / masse) en %
Boisson témoin	<p>Préparation faite à partir du sirop fini + eau traitée avec un dosage 1 + 5 (ou 1 + 4 pour Mirinda Orange).</p> <p>Cette boisson témoin est faite pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tester le brix inversé juste après la préparation du sirop fini. Le résultat de ce test est comparé au standard Pepsi pour confirmer que la préparation du sirop fini a été faite selon la recette Pepsi. • Tester le brix frais au moment du démarrage du remplissage. Le résultat de ce test est communiqué à l'équipe de production, cette valeur est la cible pour le brix mesurée au niveau de la ligne.
Volume	<p>Quantité en litres. Ce paramètre est mesuré pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le sirop simple pour confirmer que le dosage eau / sucre a été respecté • Le sirop fini pour confirmer le dosage eau / sucre / concentré a été respecté
Brix frais	Brix au moment de la préparation avant que l'inversion ne commence. Cette valeur est testée pour:

	<ul style="list-style-type: none">• le sirop simple juste après la préparation pour assurer que le dosage sucre / eau est conforme.• Le sirop fini juste après la préparation pour assurer que le dosage du sirop fini est conforme.
Brix inversé	<p>Brix après inversion totale.</p> <p>Il est impératif de toujours mesurer le volume et le brix pour le sirop simple et le sirop fini. Le brix étant un % (masse sucre/masse solution) et la masse de la solution étant dépendante du volume sa mesure n'a un sens que lorsque le volume est mesuré.</p>
Osmose	<p>Diffusion entre deux fluides séparés par des parois semi-perméables lorsque deux solutions ayant des concentrations différentes sont séparées par une paroi semi-perméable, la solution la moins concentrée traverse la paroi jusqu'à ce que la pression exercée sur la solution la plus concentrée atteigne une valeur appelée osmotique. Inversement si l'on exerce une pression sur la solution la plus concentrée, sa concentration va augmenter (osmose inverse).</p>
Conductivité	<p>Inverse de la résistivité (électrique ou thermique), la conductivité s'exprime en siemens par mètre. La conductivité thermique des corps est très variable : les métaux sont de bons conducteurs de chaleur, par contre les gaz et les liquides sont peu conducteurs de chaleur.</p>
Turbidité	<p>Matières en suspension contenues dans les liquides, l'unité de mesure de la turbidité est NTU.</p>

Concentré	Acides + parfums
Javellisation	Injection du chlore
PET	Bouteille en polyéthylène
RB	Bouteille en verre

INTRODUCTION



La qualité est le seul facteur qui puisse affecter la performance à long terme d'une entreprise. La qualité améliore la productivité, donc la position face à la concurrence et garantit la survie de l'entreprise.

Il est indispensable de maîtriser, outre la qualité du produit proprement dit, le processus qui permet d'obtenir un produit de qualité aux meilleurs conditions pour le client mais aussi pour l'entreprise.

ABC PEPSI a pour objectif de mettre en place une stratégie de contrôle du procédé de fabrication de la boisson gazeuse afin d'assurer constamment une production de la qualité requise à un taux de perte minimum.

C'est dans ce cadre qu'il nous a été demandé d'effectuer une étude approfondie du procédé, d'identifier les paramètres critiques influençant la qualité et les pertes matières et établir des procédures permettant d'améliorer la qualité au niveau de l'entreprise.

Notre étude se développe en 7 étapes :

- 1- Etude approfondie du procédé et maîtrise des standards de PEPSI-COLA, présentée dans le chapitre II.
- 2- Présentation détaillée du département qualité : ses services et leurs missions dans le chapitre III.
- 3- Définition des outils statistiques sur lesquels se fonde notre étude présentée dans le chapitre IV.
- 4- Analyse statistique des défauts, présentée dans le chapitre V. Nous justifions dans ce chapitre le choix du volume CO₂ sur la ligne SIDEL verre comme problématique dans notre étude.
- 5- Analyse du procédé de la ligne SIDEL verre relativement à la caractéristique volume CO₂, présentée dans le chapitre VI.
- 6- Analyse des causes de variabilité, dans cette étape nous déterminerons le diagramme d'ISHIKAWA relatif à la caractéristique volume CO₂, nous présentons la partie Premix du processus où s'effectue l'opération de carbonation, et nous établissons les plages de fonctionnement optimales de la température, présentée dans le chapitre VII.

7- Amélioration de la capabilité du procédé, présentée dans le chapitre VIII.
Dans cette étape nous mettons en œuvre les procédures qui permettent
d'améliorer la capabilité du procédé

Nous terminons notre étude par des suggestions en vue de mettre en œuvre
des actions d'amélioration.

Chapitre I :

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

Chapitre I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1- Généralités :

Atlas Bottling Corporation (ABC) a été créée en 1995 suite à une franchise exclusive signée avec PEPSI COLA INTERNATIONAL (PCI) pour la production et la commercialisation de tous les produits de la marque PEPSI sur l'ensemble du territoire algérien. L'investissement total représente plus de 50 millions de dollars

1995 —————> Signature du partenariat ABC-PEPSI.

1996 —————> Lancement du projet de construction.

1997 —————> Réalisation du génie civil.

1998 —————> Finition et démarrage.

1 juin 1998 —————> Mise sur le marché des produits PEPSI.

L'usine est implantée dans la zone industrielle de Rouiba et s'étend sur une superficie totale de 60000 m² dont 17000 m² couverts. ABC comporte actuellement un effectif de 750 employés.

2- Gamme de produits :

ABC PEPSI dispose sur le marché de plusieurs produits qui sont :

Tableau I.1 : Gamme de produits

Produit	Type	
	PET	VERRE
Pepsi	1 L	30 cl
	1.5 L	100 cl
	2 L	
Mirinda orange	1 L	30 cl
	1.5 L	100 cl
	2 L	
Mirinda lemon	1 L	30 cl
	1.5 L	100 cl
	2 L	
7 UP	1 L	30 cl
	1.5 L	

3- Stratégie commerciale de l'entreprise :

La stratégie commerciale d'ABC a pour objectif d'acquérir une importante part du marché national grâce à la qualité de ses produits et son service. Trois canaux de distribution sont actuellement opérationnels :

- Une distribution directe qui couvre l'ensemble du gouvernorat du grand d'Alger grâce à une flotte de plus de 100 camions.
- Une distribution indirecte qui couvre les wilayas limitrophes à Alger grâce à des dépositaires / distributeurs.
- Le reste du territoire national est couvert par un réseau de grossistes.

4- Organigramme général de l'entreprise :

L'organigramme de l'entreprise est constitué de 9 directions citées comme suit :

- Direction de l'usine.
- Direction des ressources humaines.
- Direction de la logistique des ventes.
- Direction commerciale.
- Direction marketing.
- Direction des travaux neufs.
- Direction des approvisionnements.
- Direction des finances.
- Direction industrielle.

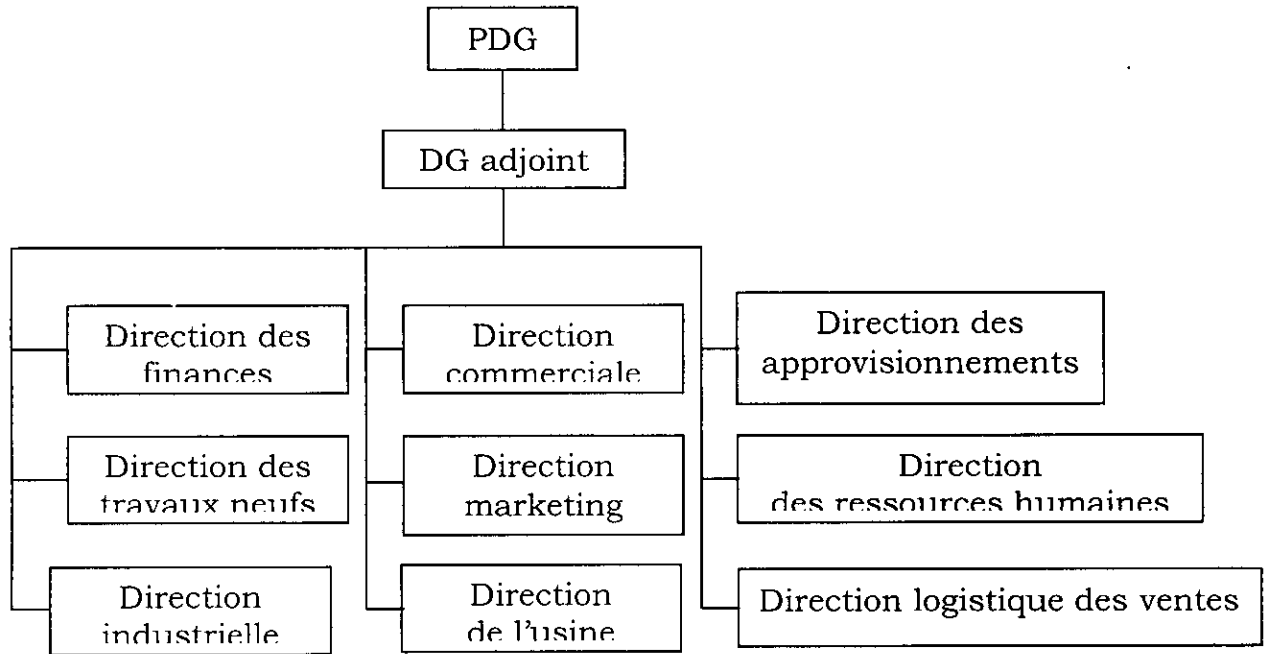


Figure I.1 : Organigramme général de l'entreprise

5- Organigramme de la direction usine :

La direction usine comporte 4 départements et 3 services, voir figure I.2 :

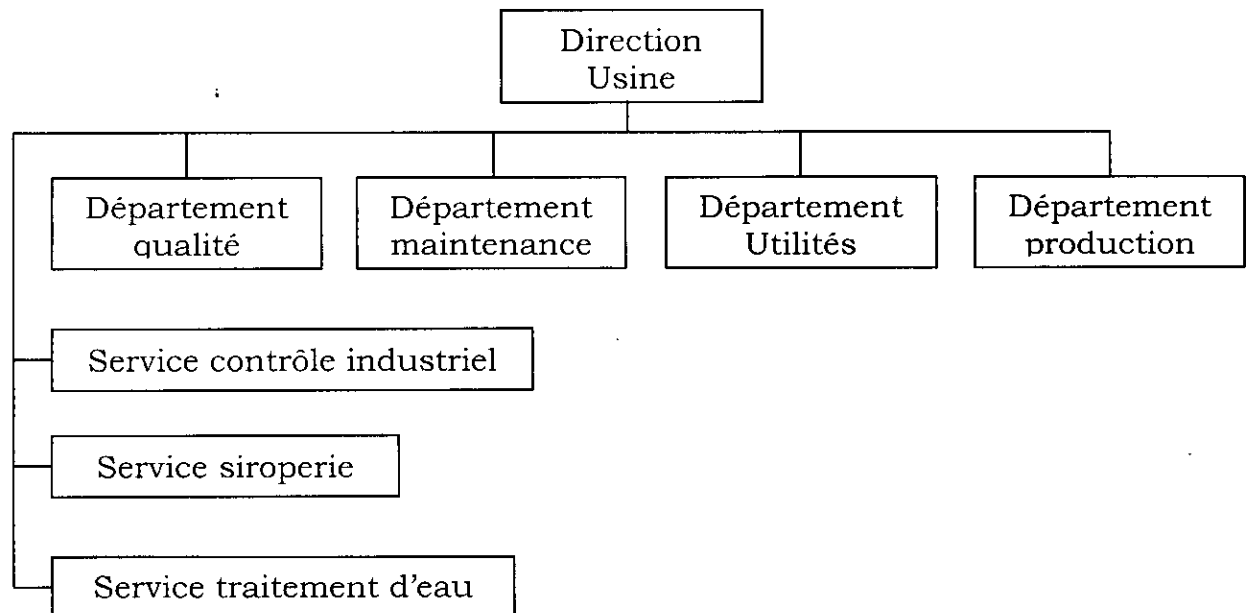


Figure I.2 : Organigramme de la direction usine

5-1- Département maintenance

La mission du département maintenance est de maintenir en conformité (disponible) les équipements de production ainsi que les installations annexes.

Le département maintenance est constitué de 3 services :

- Service méthodes;
- Service maintenance;
- Service gestion des stocks des pièces de rechange.

5-1-1- Service méthodes

Les tâches du service peuvent être résumées comme suit :

- Identification des besoins clients (production, utilité, département qualité);
- Analyse et traitements des besoins;
- Préparation /lancement/exécution;
- Contrôle et Evaluation;
- Analyse des résultats.

5-1-2- Service maintenance :

Les actions de maintenance se divisent en deux catégories :

- **La maintenance curative :**

Une fois la panne détectée, l'opérateur transmet une demande de travail au bureau méthodes, celui-ci avise le service maintenance qui aura pour mission de remédier à la panne.

- **La maintenance préventive :**

Un entretien régulier est effectué (journalier, hebdomadaire, mensuel, semestriel et annuel).

5-1-3- Service gestion des pièces de rechange :

Le magasin des pièces de rechange contient deux types de pièces :

- Les pièces standards : elles peuvent être montées sur plusieurs équipements.
- Les pièces spécifiques : celles-ci sont spécifiques à certaines machines.

La gestion des pièces est en cours d'informatisation. Actuellement un inventaire et une codification de toutes les pièces du magasin sont en cours d'établissement.

5-2- Service contrôle industriel :

Le service contrôle industriel assure l'ensemble des tâches suivantes :

5-2-1- Gestion de la matière première :

Le service est chargé de :

- La qualification de la matière première ;
- La réception de la matière première ;
- La consommation de la matière première ;
- Evaluer les pertes de la matière première (sucre, CO₂, capsules ...etc) ;
- Veiller aux respects des délais d'approvisionnement (fournisseurs locaux, fournisseurs étrangers).

5-2-2- Tâches de contrôle :

L'intervention du service contrôle industriel consiste à :

- Contrôler la production.
- Evaluer les arrêts des machines.
- Evaluer l'efficacité et les pertes.

5-3- Service traitements des eaux :

Le service traitement des eaux est composé de conducteurs de station, d'équipes d'aides conducteurs, polyvalents et aide techniciens. Tous selon leurs responsabilités sont chargés du traitement chimique de l'eau brute qui provient des deux forages existants au niveau de l'entreprise.

Afin d'obtenir de l'eau traitée selon les normes imposées par PEPSI COLA INTERNATIONAL (PCI), le traitement s'effectue en plusieurs étapes (filtration, osmose inverse, réduction de conductivité, stockage et stérilisation)

Cette eau est destinée aux trois lignes de production, la siroperie et la laveuse.

5-4- Département production :

La fonction principale du département production est de préparer le planning hebdomadaire de production et le suivi de la réalisation de ce planning sur les trois lignes de production à savoir :

- Ligne SIDEL PET de capacité :
 - 7200 bouteilles de 1L et 1.5L/h.
 - 6000 bouteilles de 2L /h.
- Ligne SIDEL verre de capacité :
 - 24000 bouteilles de 30 cl/h.
 - 10000 bouteilles de 1L/h.
- Ligne KRONES verre de capacité :
 - 48000 bouteilles de 30cl/h.
 - 24000 bouteilles de 1L/h.

Les deux lignes SIDEL (verre et PET) sont semi-automatiques, par contre la ligne KRONES est entièrement automatisée.

5-5- Service siroperie :

Le service siroperie est chargé de la préparation des sirops utilisés pour la production des différentes boissons.

IL est constitué :

- Du local sucre : c'est le local où se fait le versement du sucre assuré par trois verseurs.
- De la fonderie : composée de 4 fondoirs de préparation du sirop simple (dissolution du sucre dans l'eau).
- Des deux siroperies où se fait la préparation du sirop fini à partir du sirop simple selon les étapes suivantes :
 - La filtration du sirop simple en plusieurs étapes.

- L'ajustement du volume et du brix selon les standards (Annexe B4).
- L'ajout de concentré.
- L'ajustement (volume et brix) du sirop fini obtenu afin d'avoir un sirop fini conforme aux standards (Annexe B5).

5-6- Département qualité :

Le département qualité est constitué de trois services comme indiqué sur la figure I.3 :

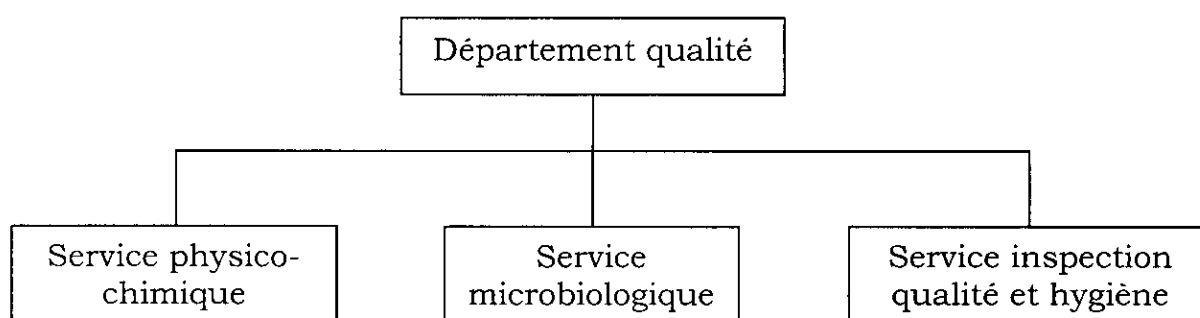


Figure I.3 : organigramme du département qualité

5-6-1- Service physico-chimique :

Il est composé de techniciens et contrôleurs opérant sur les trois lignes de production (SIDEL verre, SIDEL PET, KRONES verre). Ce service est chargé du contrôle :

- Du produit fini au niveau des trois lignes
- Des emballages et des eaux de rinçage pour chaque ligne.

En parallèle les techniciens effectuent le contrôle du sucre, sirop fini, et sirop simple.

5-6-2- Service microbiologique :

Il est composé de contrôleurs microbiologistes qui assurent le contrôle de :

- L'eau traitée.
- L'eau brute.
- Le sucre.
- Le produit fini au niveau des trois lignes.
- Les emballages.

5-6-3- Service inspection qualité et hygiène :

Ce service est chargé du contrôle de :

- La matière première (bouchons, capsules, préformes, étiquettes, parfums, acides et sucre).
- Du produit fini stocké (volume CO₂).

5-7- Département utilités :

Le rôle du département utilités est d'assurer le fonctionnement des équipements et installations d'alimentation de l'usine à savoir :

- Les compresseurs ;
- Les refroidisseurs ;
- Le groupe de climatisation ;
- La cuve de stockage du CO₂ ;
- Les chaudières ;
- La chambre froide pour le stockage des parfums et des acides.

Chapitre II :

PROCESSUS DE PRODUCTION

Chapitre II : PROCESSUS DE PRODUCTION

Le processus de production peut être divisé en trois unités, (voir figure II.1) :

- Traitement des eaux : le traitement chimique de l'eau brute y est effectué.
- Siroperie: l'unité chargée de la préparation des sirops utilisés dans la production des différentes boissons.
- Procédé de mise en emballage.

L'usine comporte trois lignes à savoir :

- Ligne SIDEL verre.
- Ligne SIDEL PET.
- Ligne KRONES verre.

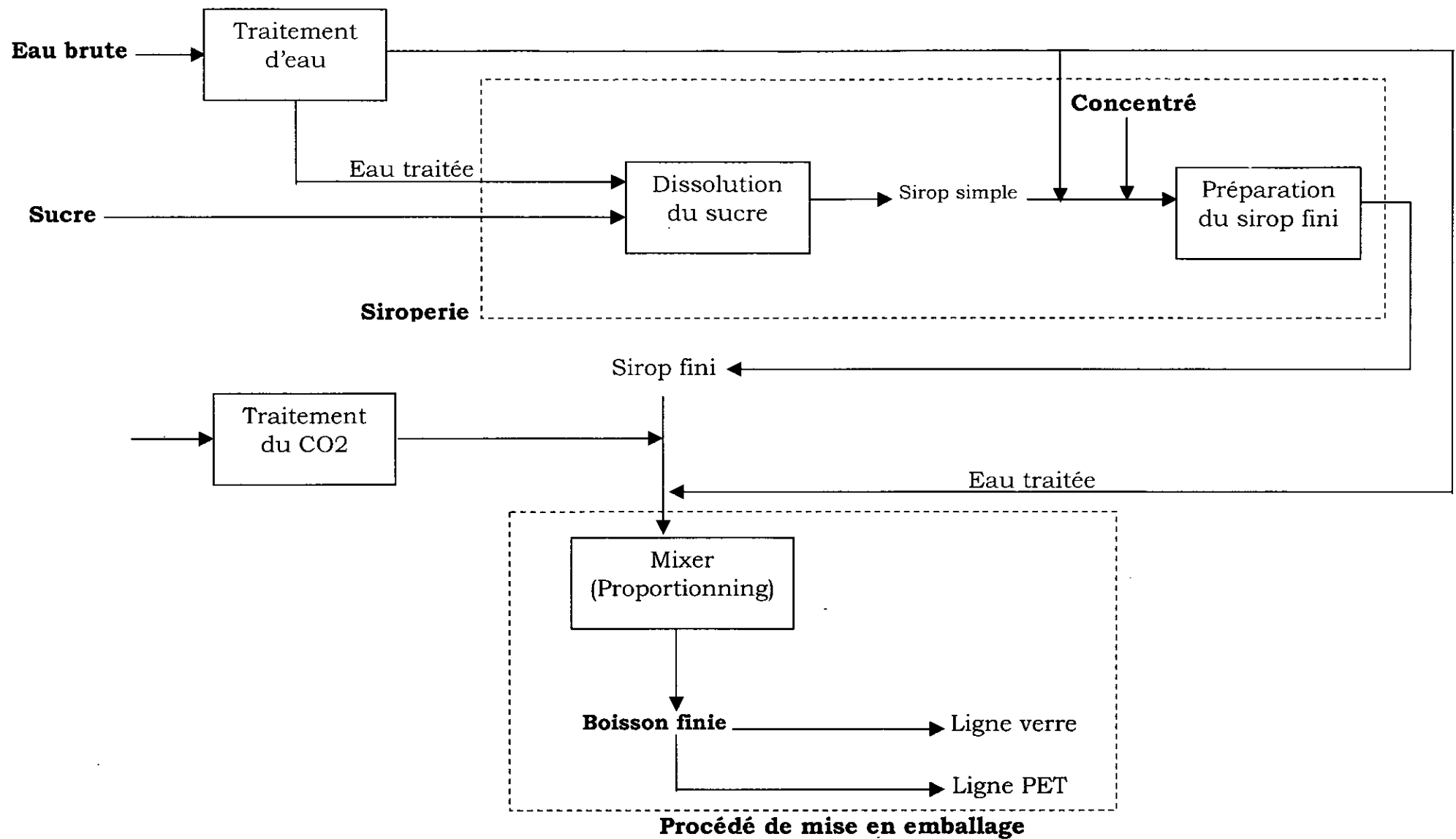
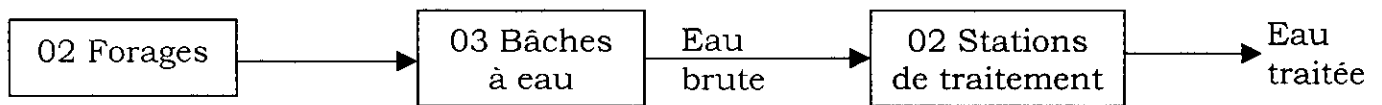


Figure II.1 : PROCÉDE DE FABRICATION

1- Unité de traitement des eaux



1-1- Forage :

L'unité est équipée de deux forages :

- le premier de capacité 65 m³/h est entièrement automatisé et équipé d'un turbidimètre (mesure les matières en suspension) permettant le contrôle automatique des deux vannes électriques. Ces dernières fonctionnent en alternance :

L'une permet l'évacuation de l'eau du forage vers les circuits d'égouts (turbidité > 0.5 NTU), et l'autre laisse passer cette même eau vers les bâches à eau dans le cas contraire.

- Le second forage de capacité 80 m³/h, est manuel. La vanne d'évacuation d'eau vers les circuits d'égouts reste ouverte jusqu'à ce qu'on ait besoin d'alimenter les bâches. La vanne appropriée est ouverte et des prélèvements sont effectués pour permettre une mesure de turbidité au laboratoire.

1-2- Bâches à eau :

Trois bâches à eau sont installées au niveau de l'unité :

- Bâche pour incendie et lavage.
- Bâche pour usage domestique.
- Bâche pour le process de fabrication.

Une javellisation est effectuée à l'entrée de chaque bâche par injection de chlore (grâce à une pompe doseuse 2 à 3 ppm).

1-3- Station de traitement :

Le traitement des eaux s'effectue en plusieurs étapes, voir figure II.2 :

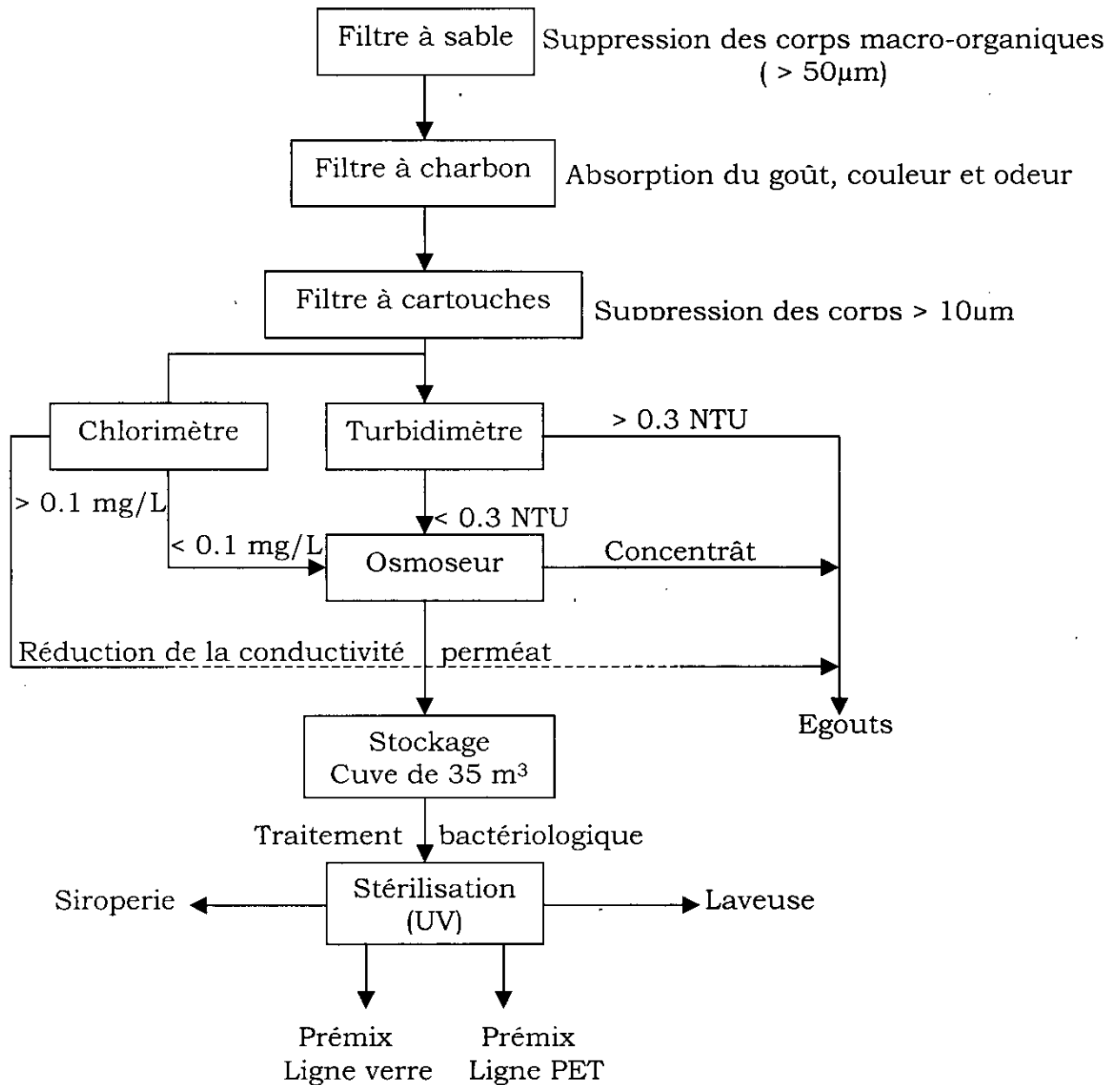


Figure II.2 : Traitement d'eau

2- Siroperie:

La préparation du sirop s'effectue en plusieurs étapes, illustré dans la figure II.3 :

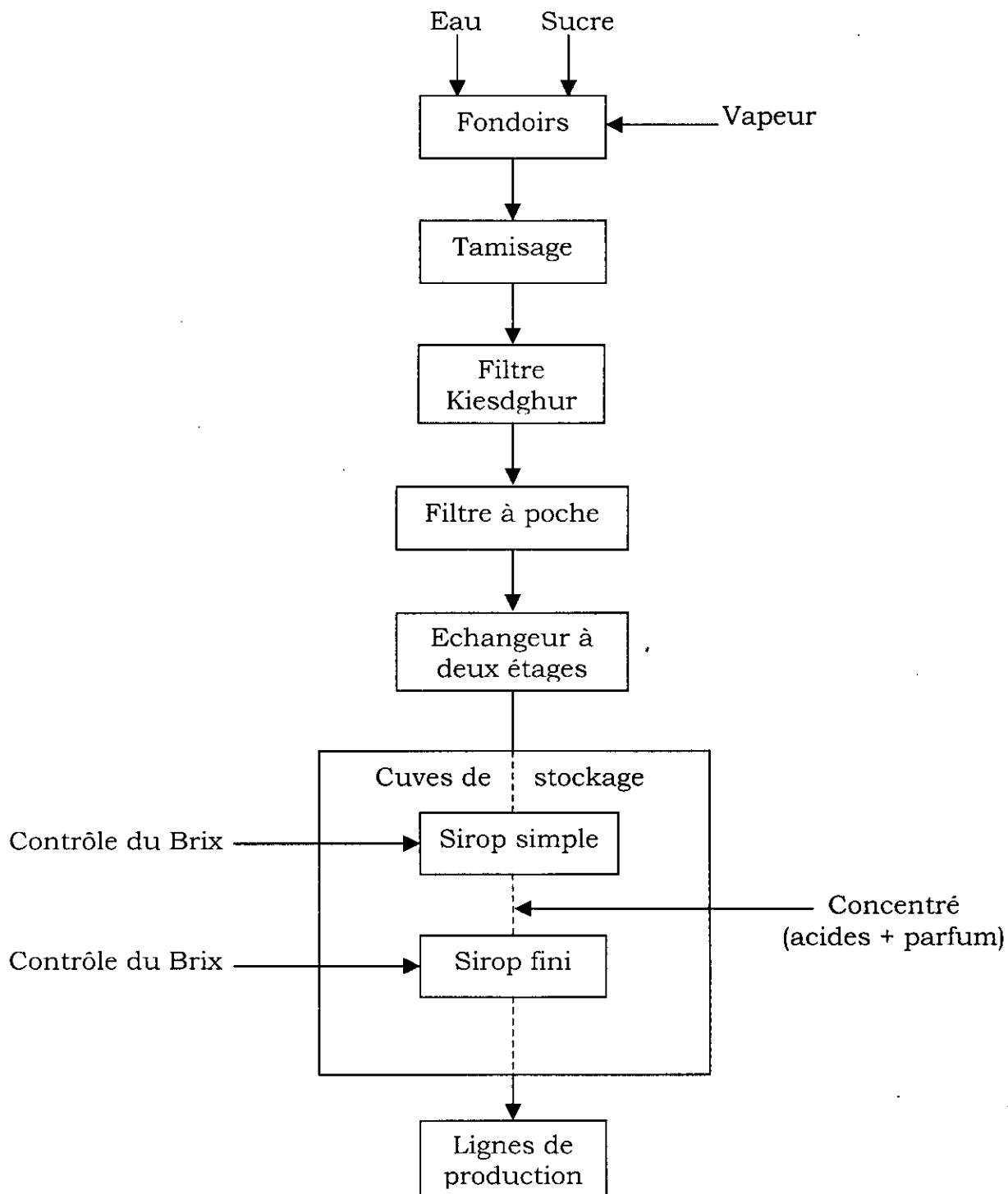


Figure II.3 : Préparation du sirop

La siroperie est le lieu où s'effectue la préparation du sirop utilisé pour la production des différentes boissons.

La préparation se fait en 2 étapes :

- Préparation sirop simple.
- Préparation sirop fini.

2-1- Préparation du sirop simple :

Elle s'effectue selon les étapes suivantes :

- Remplissage des fondoirs par l'eau traitée selon les standards du produit désiré (Annexe B4).
- Alimentation du chauffage par vapeur, pour l'ancienne siroperie jusqu'à une température de 70°C. Le sucre est ensuite versé dans les fondoirs. Par contre pour la nouvelle siroperie le versement se fait directement. Les quantités de sucre versées sont standardisées selon le produit désiré (Annexe B4).
- Lorsque la température de chauffage atteint 85°C, l'alimentation en vapeur est arrêtée, le mélange est laissé dans la cuve pendant 20 mn tout en l'agitant.
- Après écoulement des 20 mn le sirop simple obtenu passe à la filtration qui s'effectue en trois étapes :
 - 1ère étape :** Filtre à tamis : pour débarrasser le sirop simple des filaments des emballages qui pourrait contenir.
 - 2ème étape :** Filtre à plaques ou Kieselguhr pour enlever l'odeur et la couleur.
 - 3ème étape :** Filtre à poche qui permet de retenir les corps d'une dimension supérieure à 1µm.
- Après filtration le sirop simple passe par un échangeur à deux étages. La température du sirop passera de 85°C à 31°C puis à 20°C, ensuite le sirop refroidi sera stocké dans des cuves de stockage.
- Après stockage, l'ensemble (fondoirs, filtres, tuyauterie) est rincé par une quantité d'eau bien déterminée, puis le brix et le volume du sirop simple sont ajustés selon les standards (Annexe B4).

2-2- Préparation du sirop fini :

Les étapes de préparation du sirop fini sont les suivantes :

- Préparation des ingrédients (acidulants) dans une cuve de préparation selon les standards du produit (Annexe B5).
- L'ajout des ingrédients et des parfums pour obtenir le sirop fini. Les parfums de Mirinda Orange, Mirinda Lemon, 7UP ne sont ajoutés qu'en dernière étape c'est à dire lorsque le sirop fini est prêt pour passer vers les lignes de production. Mais pour le cas de Pepsi le parfum est ajouté après l'ajout des ingrédients et laissé dans les cuves pour maturation pendant 24 h.
- L'ajustement du brix du sirop fini par l'ajout de l'eau traitée afin d'avoir un sirop fini conforme aux standards (Annexe B5).

3- Procédé de mise en emballage :

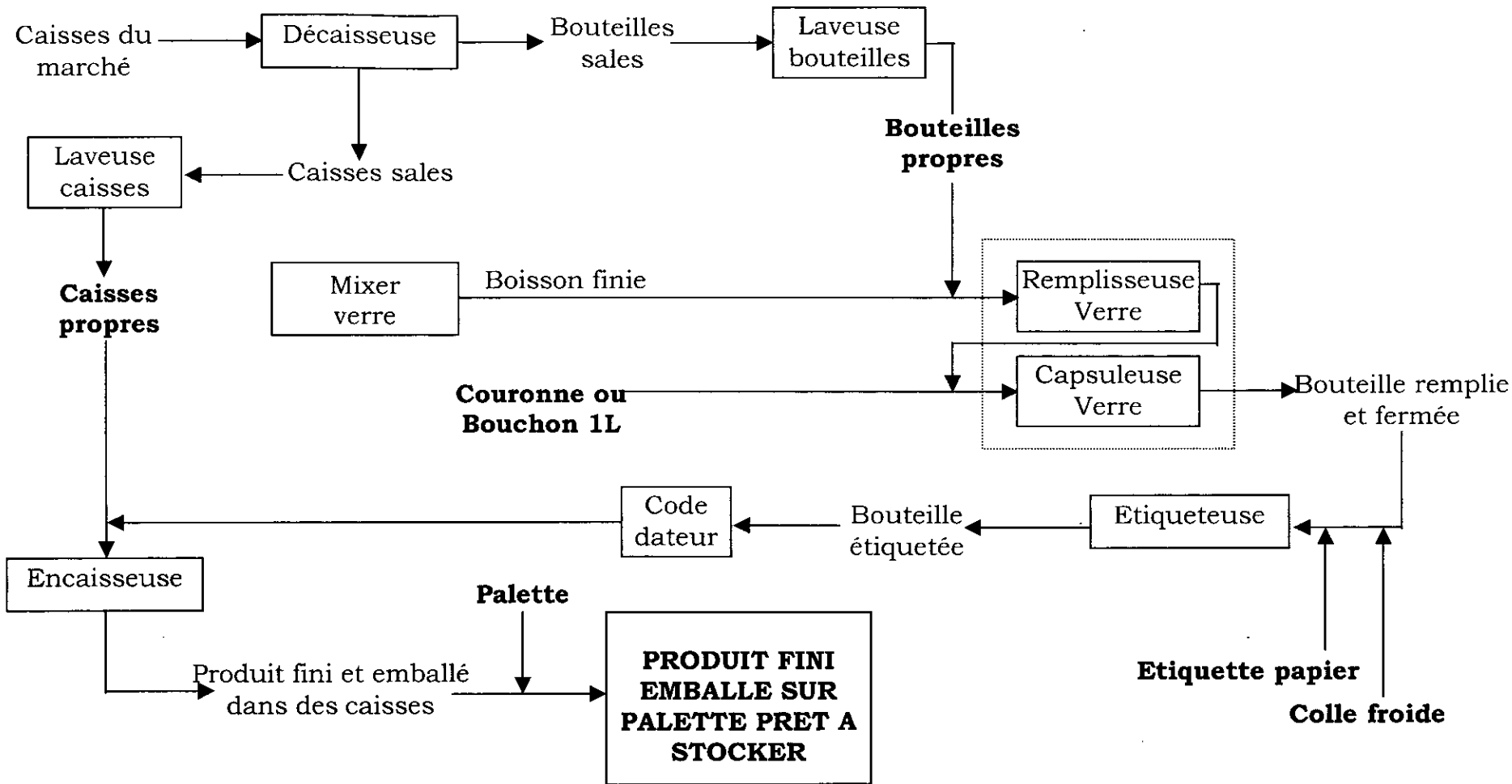
L'usine comporte trois lignes de production :

- Ligne SIDEL verre.
- Ligne SIDEL PET.
- Ligne KRONES verre.

3-1- LIGNE SIDEL VERRE :

Le processus de production de la ligne SIDEL verre se compose de neuf opérations, (voir figure II.4) :

- Dans un premier lieu, une dépalettisation manuelle se fait par un ouvrier, les caisses des bouteilles vides sont mises sur le convoyeur.
- Au niveau de la décaisseuse rotative, les bouteilles sont décaissées et envoyées vers la laveuse bouteilles et les caisses vers la laveuse caisses.
- Dans la laveuse, elles sont trempées dans deux bains de soude (3.5%) à une température entre 70°C et 80°C, puis transférées vers un bain d'eau chaud (55°C) contenant de la soude à une faible concentration, enfin elles subissent un pré-rinçage dans deux bains d'eau à 12°C.
- Les bouteilles lavées sont contrôlées au niveau du poste mirage vide à l'œil nu, celles qui ne sont pas propres seront réinjectées dans la laveuse, par contre les autres rejoignent la soutireuse.
- Dans le prémix, l'eau traitée est désaérée afin d'éviter l'oxydation puis passe par un échangeur de chaleur pour un refroidissement (6 à 7°C). Cette opération facilite la carbonation qui se fera dans le saturateur ; nous obtenant une eau carbonatée.
- L'eau carbonatée et le sirop fini sont ensuite mélangés dans la cuve de récolte pour former la boisson désirée.
- A l'aide d'une pompe, la boisson sera ensuite acheminée vers la soutireuse.
- La soutireuse contient un carrousel où s'effectue le remplissage des bouteilles, ainsi qu'une capsuleuse où se fait le capsulage des bouteilles.
- Un contrôle du volume des bouteilles est effectué après le remplissage. Les bouteilles sont ensuite étiquetées, datées, encaissées et transférées vers les stocks.



**Figure II.4 : PROCEDURE DE MISE EN EMBALLAGE
LIGNE SIDEL VERRE**

3-2- LIGNE SIDEL PET :

Le processus de production de la ligne SIDEL PET est identique à celui de la ligne SIDEL verre et s'effectue en plusieurs étapes, voir figure II.5.

En plus du CO₂, eau, sirop fini comme input, nous avons des préformes ; leur transformation en bouteilles passe par :

a- Un chauffage à grande température (80°C – 107°C) cela dépend du type de la préforme :

- Préforme verte
- Préforme claire

39 g → 1 L

47 g → 1.5 L

54 g → 2 L

b- Un étirage.

c- Un soufflage.

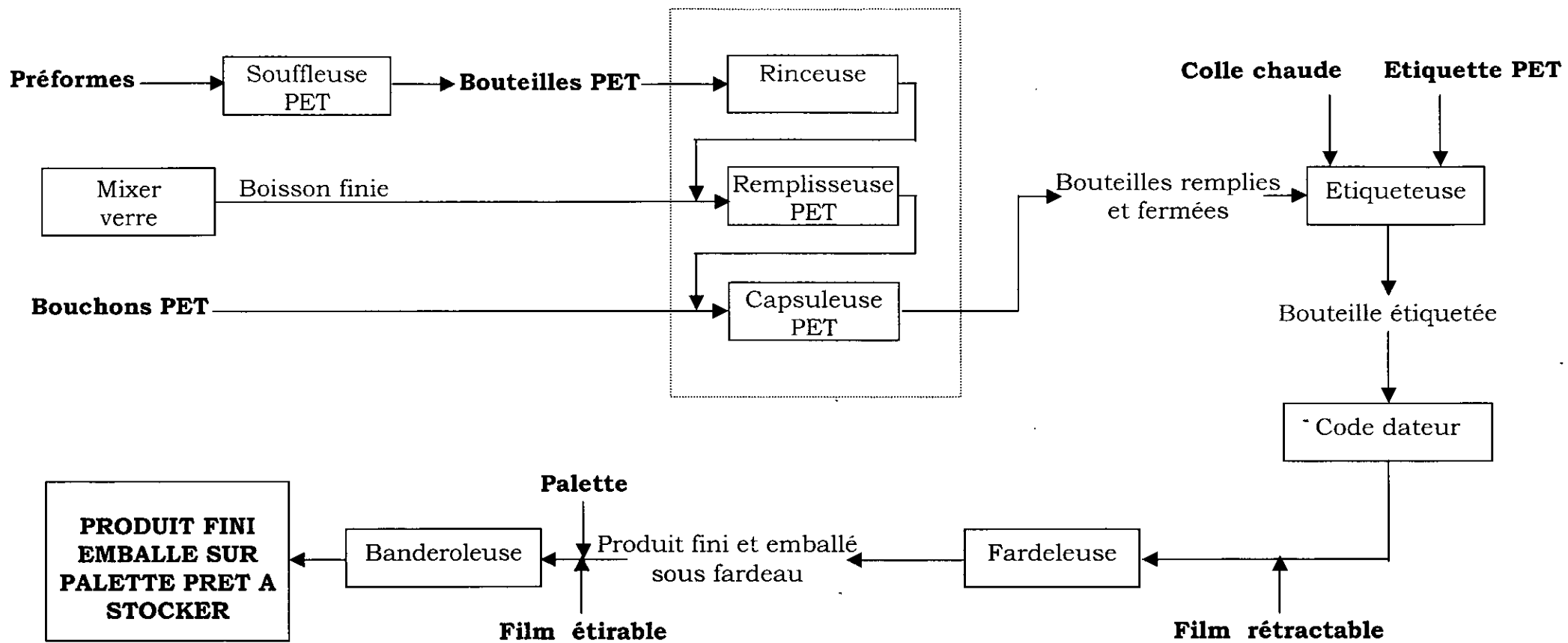
Les bouteilles remplies, étiquetées sont regroupées en fardeau de 6 bouteilles chacun.

3-3- LIGNE KRONES VERRE :

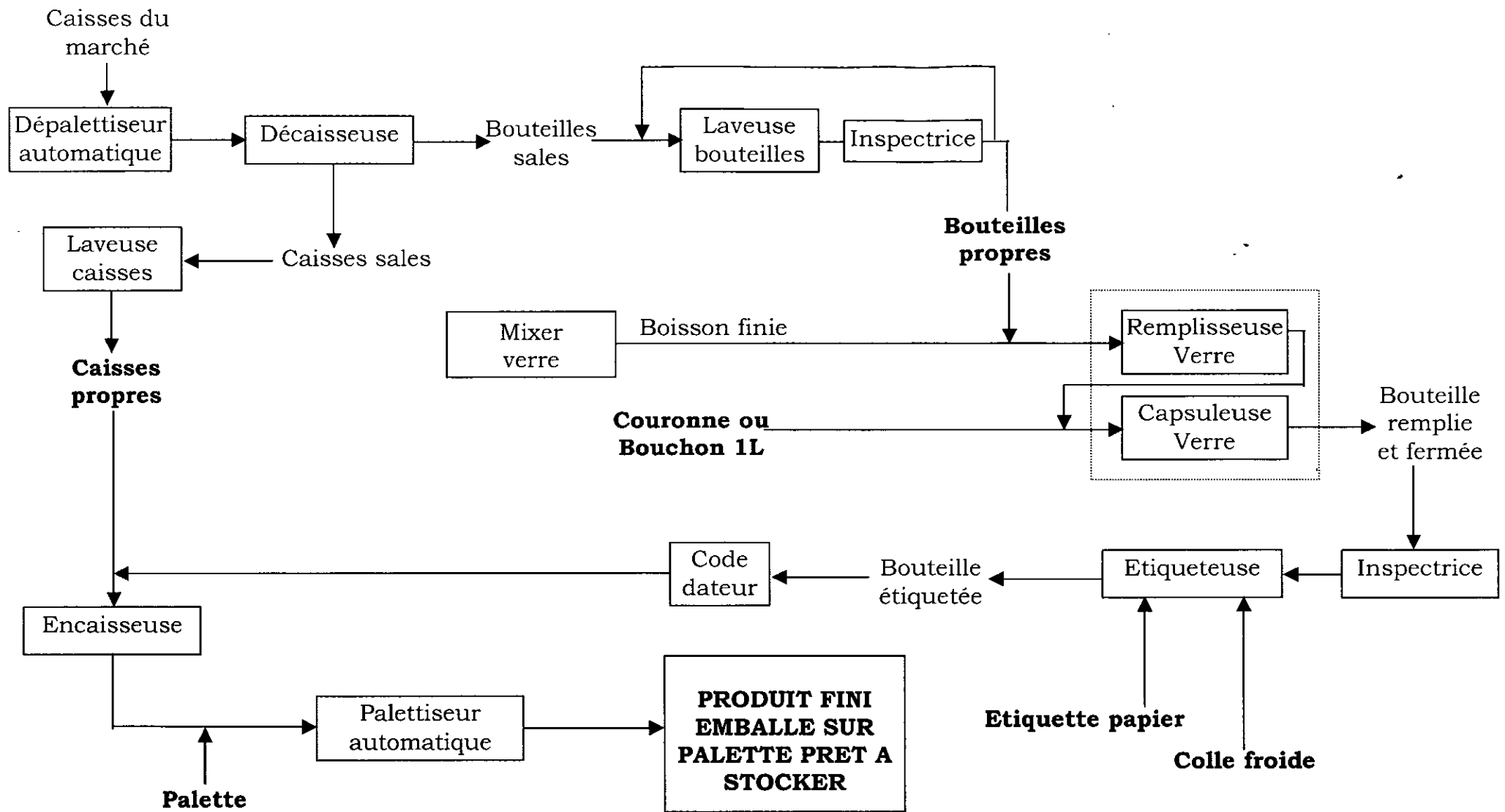
Le processus de production de la ligne KRONES verre, (voir figure II.6), est identique à celui de la SIDEL verre.

Cependant, cette ligne étant automatisée, la palettisation, la dépalettisation, aussi que le contrôle de l'état et du niveau de remplissage s'effectuent automatiquement.

- Il est à noter que sur cette ligne la carbonation se fait après mélange du sirop fini et de l'eau traitée.



**Figure II.5 : PROCÉDE DE MISE EN EMBALLAGE
LIGNE SIDEL PET**



**Figure II.6 : PROCÉDE DE MISE EN EMBALLAGE
LIGNE KRONES VERRE**

4- Observations concernant le processus :

- Le processus de production est flexible, il permet d'obtenir plusieurs produits (Pepsi, Mirinda Orange, Mirinda Lemon, 7 UP) selon plusieurs types d'emballages :
 - Ligne SIDEL verre, ligne KRONES verre : bouteilles en verres 30 cl et 100 cl.
 - Ligne SIDEL PET : bouteille en PET 1 L, 1.5 L, 2 L.
- L'obtention d'un nouveau produit nécessite :
 - La connaissance de la formule de préparation du sirop simple et du sirop fini.
 - Le changement de format au niveau de la soutireuse.
 - La maîtrise des paramètres spécifiques pour chaque produit (Volume CO₂, brix, dosage sirop fini-eau).
- Le processus de production gère une cadence de production très élevée d'où les fluctuations instantanées des différents paramètres (CO₂, brix et volume de remplissage).

Chapitre III :

CONTROLE DE QUALITE A ABC PEPSI

Chapitre III : CONTROLE QUALITE A ABC PEPSI

La qualité est un facteur primordial à ABC PEPSI, car l'entreprise doit se battre en permanence pour rester compétitive. Pour cela tous les produits subissent des contrôles rigoureux afin de répondre aux exigences du marché en matière de qualité.

1- Les objectifs du laboratoire contrôle qualité à ABC PEPSI :

Les objectifs du laboratoire contrôle qualité à ABC PEPSI sont :

- Veiller au respect des normes Pepsi Cola Internationale (PCI).
- Veiller à contrôler la qualité de tous les produits : à la réception de la matière première (sucre, eau, acides et parfums), à la préparation des sirops et en cours de production.
- Veiller au respect des standards de production mis en place dans le domaine de la qualité.
- Veiller à ce que la qualité prime.

Pour atteindre ces objectifs le laboratoire contrôle qualité est chargé de:

- Assurer une qualité physico-chimique et micro-biologique du produit fini.
- Réaliser des contrôles continus durant les différentes étapes de production.
- Après contrôle donner son accord au service production pour continuer ces opérations, mais également au service commercial pour lancer la vente.

2- Contrôle de qualité dans ABC PEPSI :

Le contrôle de qualité effectué dans ABC PEPSI est constitué des contrôles suivants (figure III.1) :

- Contrôle de la matière première.
- Contrôle du produit semi-fini.
- Contrôle des emballages.
- Contrôle en cours de production.
- Contrôle du produit fini.

Figure III.1 : les points de contrôle sur un schéma fonctionnel

2-1- Contrôle des matières premières :

Le contrôle des matières premières consiste à effectuer :

- Contrôle physico-chimique (mesure de la turbidité, couleur, conductivité et humidité) du sucre à chaque arrivage et vérifier sa conformité par rapport aux normes (Annexe B4).
- Contrôle physico-chimique (apparence, pureté) du dioxyde de carbone à chaque arrivage et vérifier sa conformité par rapport aux normes.
- Contrôle micro-biologique du sucre afin de déterminer le taux de germes qu'il peut contenir et vérifier sa conformité par rapport aux normes microbiologiques (Annexe B3).
- Contrôle micro-biologique de l'eau brute et traitée qui s'effectue une fois par semaine afin de s'assurer du bon traitement et vérifier sa conformité par rapport aux normes(Annexe B3).
- Contrôle visuel et au touché des deux matières premières : acide et parfum dès leurs réception et durant leurs stockage.

2-2- Contrôle des emballages :

Il s'effectue en trois étapes :

- Contrôle dimensionnel des préformes, étiquettes, capsules et bouchons.
- Contrôle physico-chimique du lavage bouteilles qui consiste à mesurer la concentration des résidus de la soude caustique utilisée pour le lavage dans les bouteilles vides après rinçage. Il se fait au démarrage et chaque deux heures pour chaque ligne.
- Contrôle micro-biologique des emballages : PET après rinçage, VERRE après lavage afin de déterminer le taux de germes qu'ils peuvent contenir et vérifier leurs conformités par rapport aux normes microbiologiques (Annexe B3).

2-3- Contrôle du produit semi-fini :

- Contrôle du sirop simple (mesure du brix, turbidité, couleur et conductivité) effectué après chaque préparation afin de s'assurer de la bonne Préparation du sirop simple et veiller au respect des standards de préparation (Annexe B4).
- Contrôle du sirop fini (mesure du brix) qui se fait après chaque préparation (ajout de concentré et parfum au sirop simple) afin de s'assurer de la conformité par rapport aux standards de préparation (Annexe B5).
- Après préparation du sirop fini et avant le lancement de la production (ajout de CO₂ et mise en bouteille) le service laboratoire prépare une boisson témoin et mesure le brix, le taux d'acidité et le brix inversé afin de s'assurer une deuxième fois et en dernière étape de la bonne préparation.

2-4- Contrôle en cours de production :

Le contrôle de production est l'ensemble des actions menées par les opérateurs et les chefs de lignes pendant la production de manière à maîtriser l'exécution et s'assurer que les spécifications sont satisfaites.

2-5-Contrôle du produit fini :

Le produit fini subit deux types de contrôles :

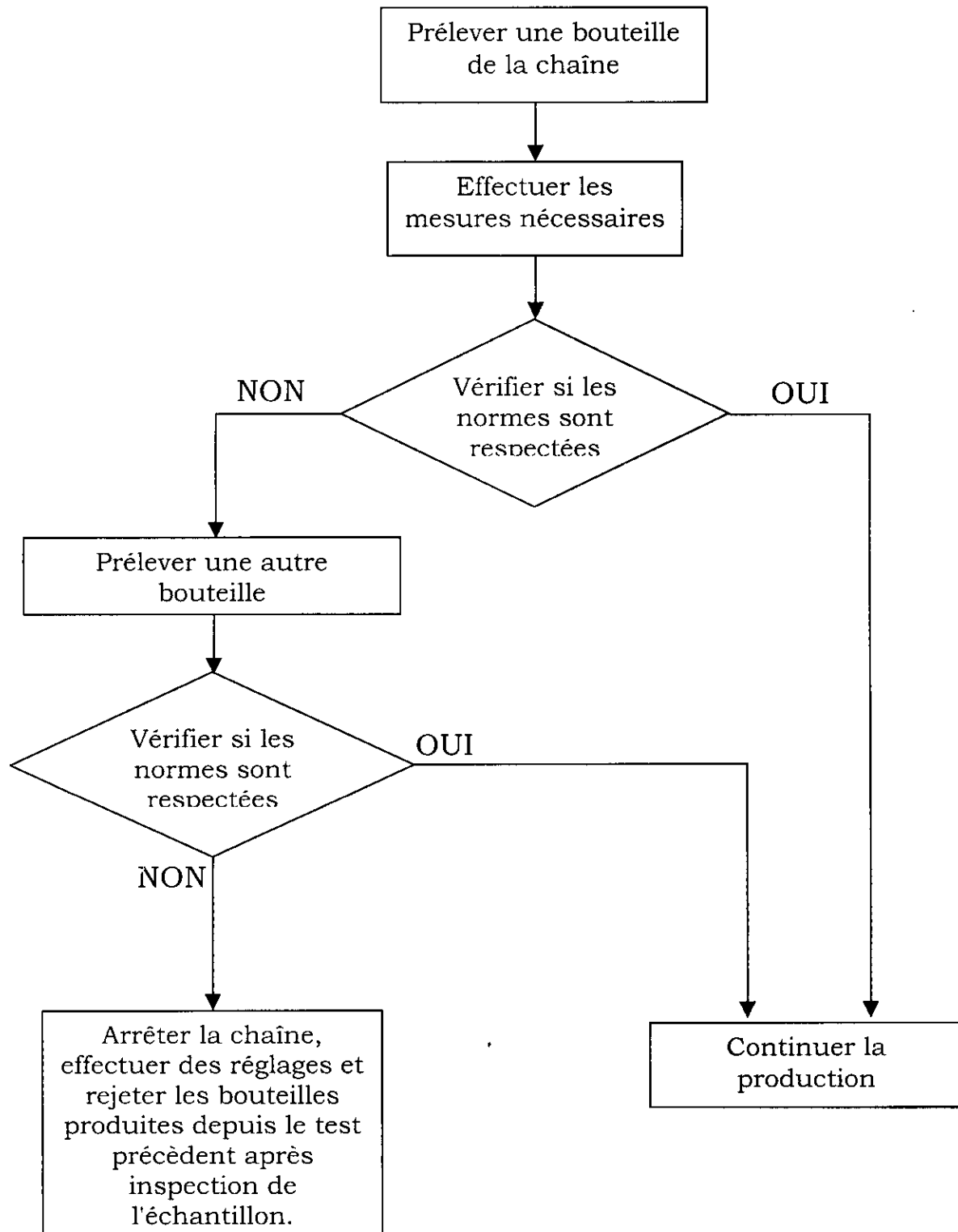
- Contrôle micro-biologique au niveau des lignes de production en prélevant 6 bouteilles de chaque cuve de sirop fini préparée, 3 bouteilles sont contrôlées directement afin de déterminer le taux de germes qu'elles peuvent contenir et 3 autres bouteilles sont contrôlées après 7 jours dans le but de s'assurer des résultats du premier contrôle (risque de contamination après stockage).
- Contrôle physico-chimique qui se fait en différentes étapes et à différents points de contrôle résumés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : contrôle du produit fini

Test	Point de contrôle	fréquence
Brix produit fini (frais)	Remplisseuse	Démarrage + chaque 30 mn
Brix inversé produit fini	Remplisseuse	Démarrage + chaque 3h
Volume CO2 produit fini	Fin de ligne et avant mise en caisse	Démarrage + chaque 30mn
Taux d'acidité produit fini	Remplisseuse	Démarrage + chaque 1h
Goût /odeur/ apparence	Remplisseuse	Démarrage + chaque 1h
Niveau de remplissage FILL HIGHT	Remplisseuse	Démarrage + chaque 1h
Volume de remplissage	Remplisseuse	Démarrage + chaque 1h
Présence du code date	Après code dateur	Démarrage + chaque 1h
Inspection visuelle	Sortie fardoleuse	Démarrage + chaque 1h
Étanchéité capsulage (SST)	Sortie capsuleuse	Démarrage + chaque 1h
Couple de serrage bouchon	Sortie capsuleuse	Démarrage + chaque 1h
Présence de matières étrangères (Candling)	Sortie capsuleuse	Démarrage + chaque 1h
Étiquetage	Sortie étiqueteuse	Démarrage + chaque 1h

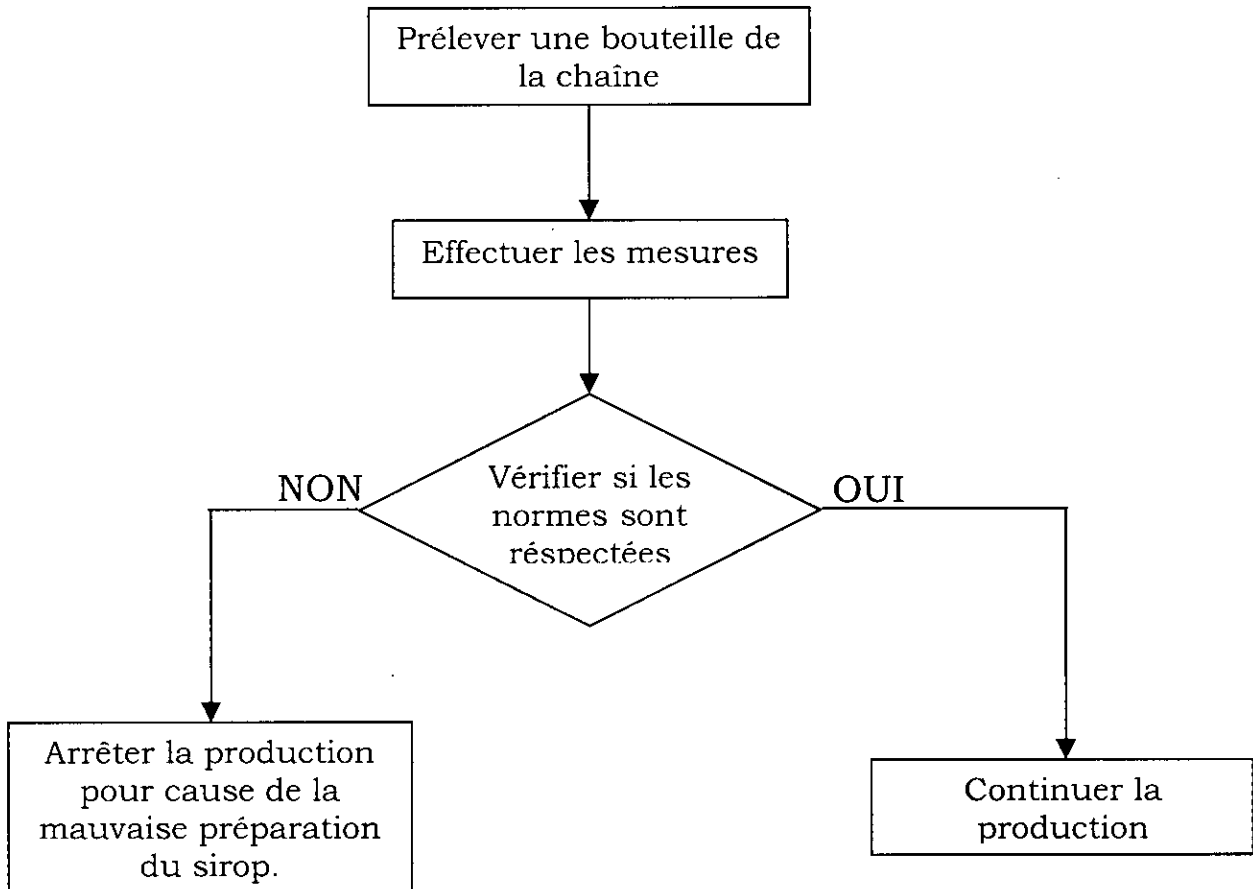
• **Organigramme contrôle brix et CO2 :**

Le contrôle du brix et CO2 s'effectue chaque 30 mn selon l'organigramme suivant :

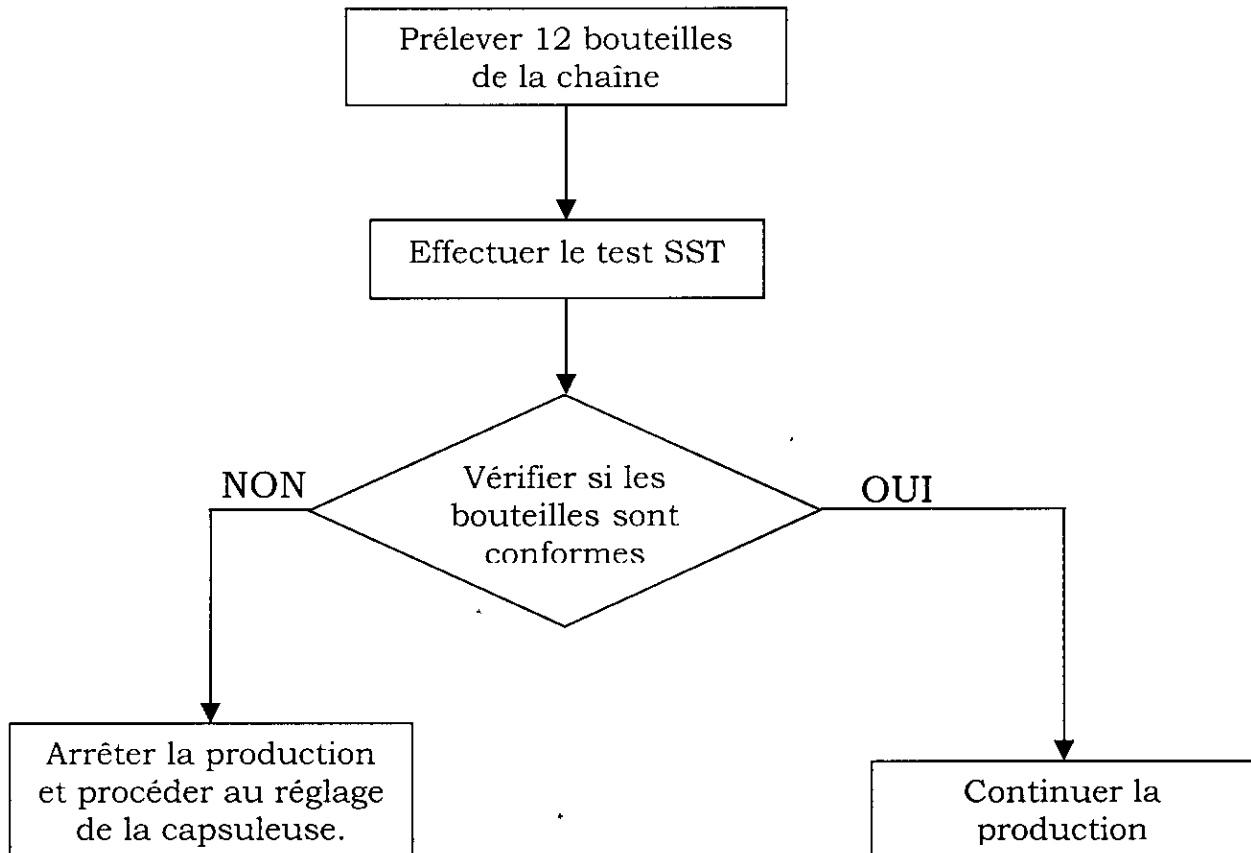


• **Organigramme contrôle taux d'acidité et Brix inversi :**

Le contrôle du taux d'acidité s'effectue toutes les 2h, le contrôle du brix inversi s'effectue toutes les 3h selon l'organigramme suivant :



- Le contrôle de l'étanchéité s'effectue toutes les heures, au moyen d'un appareil SST (Secure Seal Test) permettant de détecter les fuites des bouteilles selon l'organigramme suivant :



- Les autres contrôles : volume de remplissage, niveau de remplissage, étiquetage, présence de matières étrangères et datage se font visuellement. Les bouteilles non conformes seront écartées de la chaîne et rejetés.

3- Les supports d'information :

Les supports d'information utilisés au niveau du département qualité sont :

- Fiche de suivi préparation (Annexe A6) : cette fiche est remplie par les opérateurs de la siroperie. Nous trouvons sur cette fiche tous les détails de la préparation à savoir : la quantité du sucre, le volume d'eau, le temps de filtration, le brix et le volume du sirop simple, la quantité de concentré, le volume et le brix du sirop fini.
- Fiche de suivi produit fini (Annexe A1, A2, A3) : elle est sous forme d'une carte de contrôle remplie par les contrôleurs pour chaque ligne et utilisé comme moyen de suivi et pilotage du procédé. Elle contient le suivi des

différents paramètres à savoir : le brix, le CO₂, le brix inversé et le taux d'acidité et aussi les résultats des différents contrôles visuels.

- Fiche de suivi du produit bloqué (annexe A5) : cette fiche est utilisée pour mentionner le nombre de caisses bloquées et les arrêts (les durées, les causes d'arrêts et les actions prises).

4- Outils de contrôle :

Les moyens de contrôle dont dispose le laboratoire sont :

Tableau III.2 : outils de contrôle

Domaine d'utilisation	Appareils utilisés	Nombre
Conductivité	Conductivimètre	1
Turbidité	Turbidimètre	1
Couleur	Spectrophotomètre	1
Odeur	Spectrophotomètre	1
Brix	Bellingham	1
Brix inversé	Réfractomètre	1
Volume CO ₂	Zahm	2
Étanchéité	SST	1
Pureté CO ₂	ZAHN NIGEL	1
Couple serrage bouchon	Torquemètre	1
Contrôles microbiologiques	PSM	1

Chapitre IV :

OUTILS STATISTIQUES

Chapitre IV : OUTILS STATISTIQUES

1- QUALITE ET CONTROLE

1-1- La qualité : [INAPI, 96]

" Ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites ".

Une entité peut être :

- Une activité ou un processus.
- Un produit.
- Un organisme, un système ou une personne.
- Une combinaison de l'ensemble ci-dessus.

L'aptitude peut être caractérisée par :

- Les performances.
- La sûreté de fonctionnement : " ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité et les facteurs qui la conditionnent : fiabilité, maintenabilité et logistique de maintenance".
- La sécurité : "état dans lequel le risque de dommages corporels ou matériels est limité à un niveau acceptable".
- Le respect de l'environnement : respect des normes environnementales.

1-2- Contrôle de la qualité : [DUR, 98]

Les moyens de conceptions, de fabrication et de distribution n'étant pas parfaite, cela engendre automatiquement des défauts sur le produit qui se traduiront par des pertes.

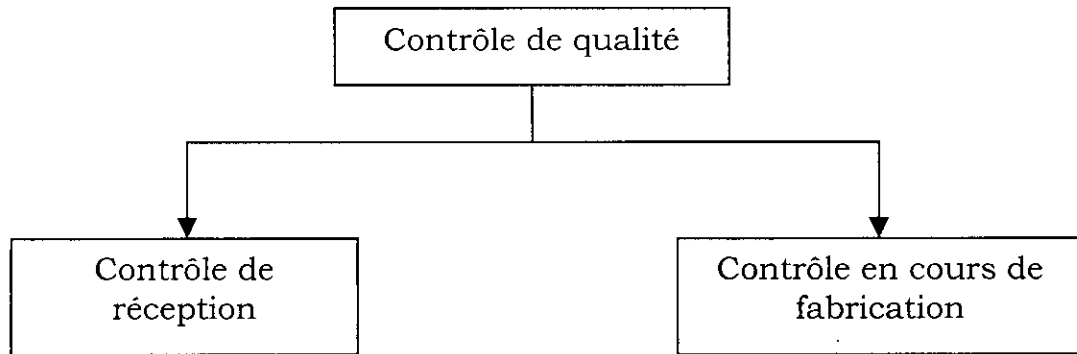
Ces pertes peuvent être quantifiables :

- En interne par, le nombre de pièces rebutées, retouchées ou déclassées.
- En externe par, la garantie client avec réparation ou remplacement.

Pour diminuer ces pertes, on va investir :

- En contrôle : " c'est l'action de mesurer, examiner, essayer, passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou service et de les comparer aux exigences spécifiées en vue d'établir leur conformité".
- En prévention (formation du personnel, actions préventives, écriture de procédures, maîtrise statistique des procédés, ...etc).

On distingue deux grandes familles de contrôle statistique de la qualité :



- **Contrôle de réception : [LAM, 99]**

Le contrôle à la réception est le contrôle qui sert à vérifier les arrivages d'un fournisseur indépendant ou d'un autre atelier dans la même usine. Les plans de contrôle de réception peuvent être distingués suivant qu'ils sont quantitatifs c'est à dire portant sur des caractéristiques de qualité mesurables, ou qualitatifs dans ce cas le produit contrôlé est classé bon ou mauvais. Le contrôle de réception peut revêtir 2 formes principales : suivant qu'ils portent sur des lots ou qu'ils se fait en continu (contrôle sous échantillon en continu). L'objectif de tout plan de contrôle de réception est d'assurer l'acceptation des lots qui sont bons et de rejeter ceux qui sont mauvais.

- **Contrôle en cours de fabrication : [SOU, 86]**

Pour qu'une fabrication soit rentable il est nécessaire que la proportion d'articles non conforme soit aussi faible que possible. Le but principal du contrôle de qualité en cours de fabrication est la détection des dérèglages éventuels du processus de fabrication afin d'aider à empêcher la fabrication des pièces défectueuses et d'analyser les opérations en vue de déterminer les causes.

Les différentes méthodes utilisées pour le contrôle consiste essentiellement à:

- Connaître la variabilité du processus (machines).

- Effectuer des prélèvements convenables de façon à effectuer les réglages nécessaires.

2- Les outils de la qualité :

Les outils qualité sont des techniques utilisées dans les activités qualité. Ils permettent de découvrir des problèmes, sérier des données, générer des idées, analyser des causes, engager des actions, introduire des améliorations et établir des indicateurs de résultats.

Parmi les outils de la qualité on trouve :

2-1- Le diagramme de Pareto : [DUR, 98]

2-1-1- Principe :

Le diagramme de Pareto est une représentation statistique simple qui permet de faire apparaître clairement la cause qui provoque le plus de défauts et qu'on a intérêt à traiter en priorité. Il est connu sous d'autres noms : méthode des 20/80, courbe ABC.

2-1-2- Etablissement d'un diagramme de Pareto :

Les étapes à suivre pour l'élaboration du diagramme de Pareto sont les suivantes :

- Etablir la liste des problèmes (ou causes).
- Décider de l'échelle de temps.
- Valoriser (quantifier) l'importance de chacun des causes.
- Faire la somme des valeurs obtenues et calculer pour chacune d'elles sa part en % dans la somme obtenue.
- Classer les pourcentages obtenus par valeurs décroissantes.
- Les représenter graphiquement par un diagramme en colonnes, en reportant en abscisse les types de défauts et en ordonnée la fréquence ; Lorsqu'il y a beaucoup de types de défauts avec une fréquence faible, les regrouper sous une catégorie "autres". La largeur des colonnes est identique pour tous les types de défauts ; la hauteur varie en fonction de la fréquence d'apparition.

- Tracer le graphique des valeurs cumulées, courbe montrant le total cumulé des défauts de tous les types. Pour ce faire, on cumule les pourcentages obtenus pour chaque valeur, jusqu'à atteindre 100%.
- Décrire brièvement l'origine des données sur laquelle le graphique est basé.

2-1-3- Utilité du diagramme de Pareto :

- Un diagramme de Pareto est utile pour obtenir la coopération de toutes les personnes concernées. Un seul coup d'œil suffit pour que chacun connaisse le problème majeur : les deux ou trois colonnes les plus grandes présentent la cause qui induit le plus de défauts, les plus petites correspondent aux causes induisant des défauts minimales.
- Ce type de diagramme nous montre quels sont les facteurs les plus importants à analyser et donc ceux sur lesquels des actions d'amélioration doivent être portées.
- Le tracé du diagramme de Pareto, est la première étape pour mettre en place des actions d'amélioration.

2-2- Le diagramme d'ISHIKAWA : [CAT, 2000]

2-2-1- Description :

Le diagramme cause/effet est une représentation graphique permettant de classer et de hiérarchiser par familles et sous-famille toutes les causes identifiées susceptibles d'être à l'origine d'un effet constaté. Cette représentation s'effectue de préférence en groupe.

2-2-2- Objectifs :

Il s'agit de visualiser et d'analyser le rapport existant entre un problème et ses causes probables, mais aussi de réfléchir, sur un support commun à l'ensemble des participants et de prendre conscience des causes à approfondir.

2-2-3- Mode d'utilisation

Le mode d'utilisation préconisé est le suivant. Il s'agit :

1. De définir clairement constaté.

2. De définir quelques- trois à six-grandes familles de causes.
3. De rechercher en séance de brainstorming les causes possibles.
4. D'affecter chacune des causes à l'une des familles.

Si les causes restent nombreuses à l'intérieur d'une famille, il faudra définir des sous-familles.

5. De tracer le diagramme.

Pour se faire, on tracera une droite horizontale au bout de laquelle on indiquera l'effet constaté, puis on tracera les branches relatives à chaque famille et les "branchettes" relatives aux sous-familles.

2-3- Histogramme : [DÜR, 98]

2-3-1- Principe :

L'histogramme permet de représenter des données graphiquement en faisant apparaître des barres proportionnelles à la fréquence d'apparition d'une valeur à l'intérieur d'une classe.

L'utilisation régulière des histogrammes permet de faire apparaître les problèmes facilement et les résultats seront plus compréhensibles que s'ils sont représentés par des rangées de chiffres. Les histogrammes sont souvent utilisés pour surveiller la précision des machines ou étudier des caractéristiques de processus. Ils peuvent aussi être utilisés efficacement dans toutes les activités de groupe de qualité.

Pour qu'un histogramme soit exploitable, il faudrait au minimum utiliser 30 valeurs, de préférence une centaine.

2-3-2- Exploitation de l'histogramme :

- Détermination de l'allure ou de la nature de la distribution.
- L'analyse de l'histogramme répond à plusieurs questions telles que :
 - Quelle est la dimension la fréquence ?
 - Quelle est l'importance de la distribution ?
 - La distribution est-elle symétrique ou asymétrique ?
 - Y a-t-il un seul maximum ?
 - Y a-t-il des classes isolées ?

En d'autres mots : quelles sont les caractéristiques du produit ?

- L'histogramme offre alors une base à la réflexion. Il est possible de refaire l'histogramme après avoir pris des mesures correctives, si par exemple on a essayé de diminuer la dispersion.
- Détermination du rapport avec les spécifications

L'histogramme permet de déterminer le pourcentage de produits hors spécifications (limites spécifiques à l'entreprise). Pour se faire, on reporte les limites sur l'histogramme et on observe si la moyenne est au centre des spécifications et d'autre part, si la dispersion ne dépasse pas ses limites.

2-4- Le diagramme de corrélation ou diagramme en nuages de points : [DUR, 98]

Le diagramme de corrélation est réalisé en représentant par des points des paires de données et permet de déterminer la relation entre groupes de données. Il permet donc de savoir si deux variables varient de façon commune. Cela peut être très utile pour étudier les relations entre causes et effets.

Les données sont représentées sur un graphe à deux dimensions, avec une variable sur chaque axe. Une corrélation apparaît si le nuage de points est orienté suivant une droite.

Si une tendance apparaît, il peut être utile de compléter l'analyse en déterminant l'équation de la droite de régression.

Le principe du diagramme est le suivant :

- On représente les mesures sur un diagramme dont les axes représentent les deux variables.
- Chaque mesure représente un point, le relevé de plusieurs mesures forme un nuage de points.
- Là apparaîtra si le nuage est orienté suivant une droite.

2-4-1- Etapes de construction :

- Recueillir 50 à 100 couples de mesures d'échantillons dont la dépendance est à analyser et les reporter sur un tableau, en numérotant les échantillons et en indiquant les valeurs des deux variables observées.
- Tracer les axes du graphique ; placer les données relatives aux causes sur l'axe d'abscisse et les effets sur l'axe d'ordonnée.

- Reporter les points du tableau sur le graphique ; si plusieurs points sont identiques, les entourer à chaque fois d'un cercle concentrique.
- Observation et analyse du diagramme de corrélation.
- Vérification de la corrélation des diagrammes. Afin de déterminer l'importance de la corrélation, plusieurs méthodes existent. La première consiste à calculer le coefficient de corrélation.

3- Les concepts de la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) :

La MSP permet d'assurer une qualité optimum, par utilisation des outils statistiques. Les objectifs de la MSP sont :

- Donner aux opérateurs un outil de pilotage des machines.
- Faire le tri entre les situations ordinaires et extraordinaires.

3-1- Notions fondamentales : [DUR, 98], [PIL, 96]

Causes communes et causes spéciales :

- Causes communes : ce sont les nombreuses sources de variation difficilement maîtrisables qui sont toujours présentes à des degrés divers dans différents procédés. L'ensemble de ces causes communes forme la variabilité intrinsèque du procédé. Cette variabilité suit généralement une loi de Gauss.
- Causes spéciales : ce sont les causes de dispersion identifiables, souvent irrégulières et instables, et par conséquent difficiles à prévoir. L'apparition d'une cause spéciale nécessite une intervention sur le procédé. Contrairement aux causes communes, les causes spéciales sont en général peu nombreuses.

3-2- Carte de contrôle : [DUR, 98], [PIL, 96]

3-2-1- Définition :

La carte de contrôle est l'élément de base de la maîtrise statistique des procédés. Le principe de base est de considérer que tout système est soumis à des variations aléatoires qui génère une répartition de la caractéristique qui suit une loi normale.

3-2-2- Objectif des cartes de contrôle :

L'objectif d'une carte de contrôle est de donner une image de la façon dont le processus de fabrication se déroule. Cette image doit permettre de discerner si, à un moment donné, il y a présence d'une cause spéciale ou si les variations observées ne sont dues qu'à des causes communes.

Les cartes de contrôles permettent donc de suivre les différents paramètres d'une fabrication, et servent à :

- Déterminer les moments opportuns pour un réglage éventuel en utilisant les cartes comme base de décision.
- Connaître la capacité du procédé, c'est à dire le niveau de qualité qu'on peut attendre de celui-ci tant qu'il est sous contrôle.
- S'assurer que cette capacité n'évolue pas et déclencher une action dans le cas contraire.
- Stimuler l'amélioration constante de la qualité du procédé.

3-2-3- Mise en place des cartes de contrôle :

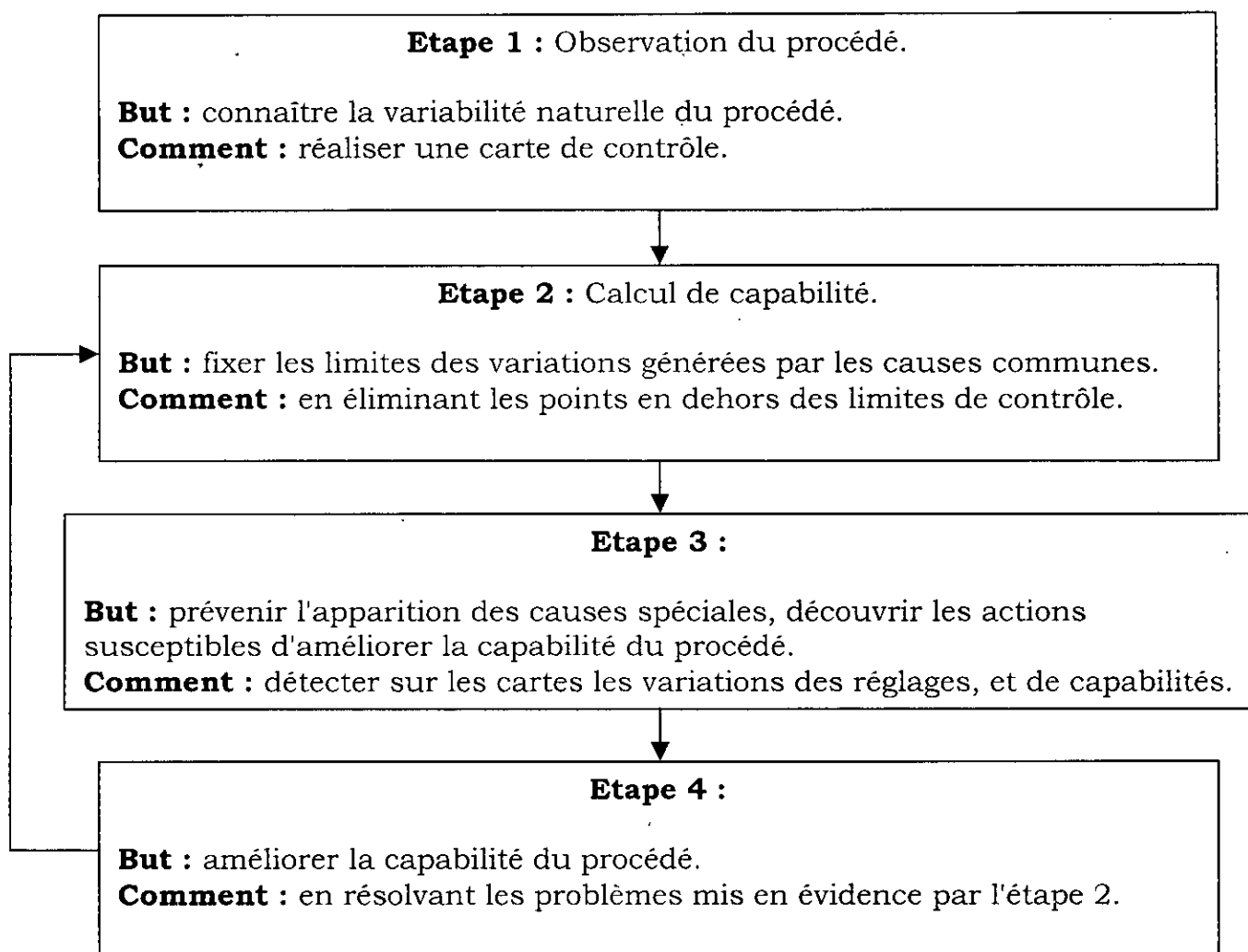
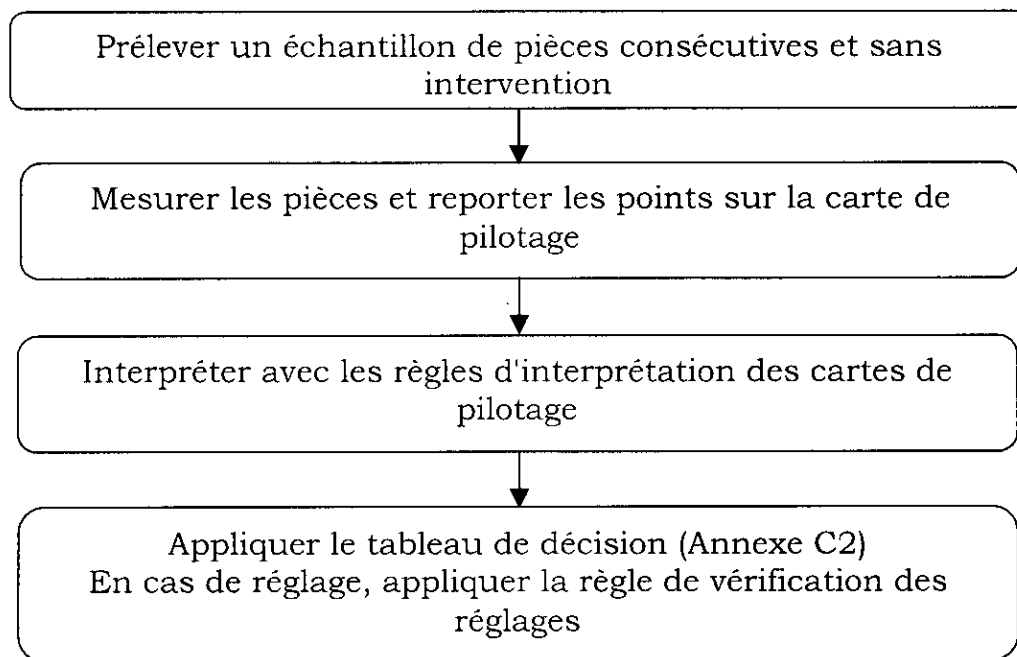


Fig IV.1 : Mise en place des cartes de contrôle.

3-2-4- Pilotage du procédé par cartes de contrôle :

Lors de cette phase, le procédé est piloté en observant les cartes de contrôle. Pour une efficacité maximale des cartes de contrôle, il est indispensable que les décisions d'actions sur le procédé soient dictées par les cartes.



Méthode de pilotage

Le pilotage du procédé consiste donc à observer les cartes, les interpréter afin de détecter l'apparition des causes spéciales et de réagir avant de générer des produits hors spécification.

Lors de l'analyse des cartes de contrôle, il faut toujours commencer par la carte de surveillance du paramètre de dispersion. En effet, si la dispersion du procédé augmente, il faut arrêter toute suite la machine, car la capacité machine est en train de chuter. Par contre une variation sur la carte des moyennes se résoudra souvent par un réglage.

3-3- Concepts de capabilité : [PIL, 96], [DUR, 98]

Définition :

La capabilité se mesure par le rapport entre la performance demandée et la performance réelle d'une machine ou d'un procédé.

Elle permet de mesurer la capacité d'une machine ou d'un procédé à réaliser des pièces dans l'intervalle de tolérance fixé par le cahier des charges.

Nous distinguons deux types de capabilité :

- La capabilité procédé.
- La capabilité machine.

Capabilité procédé :

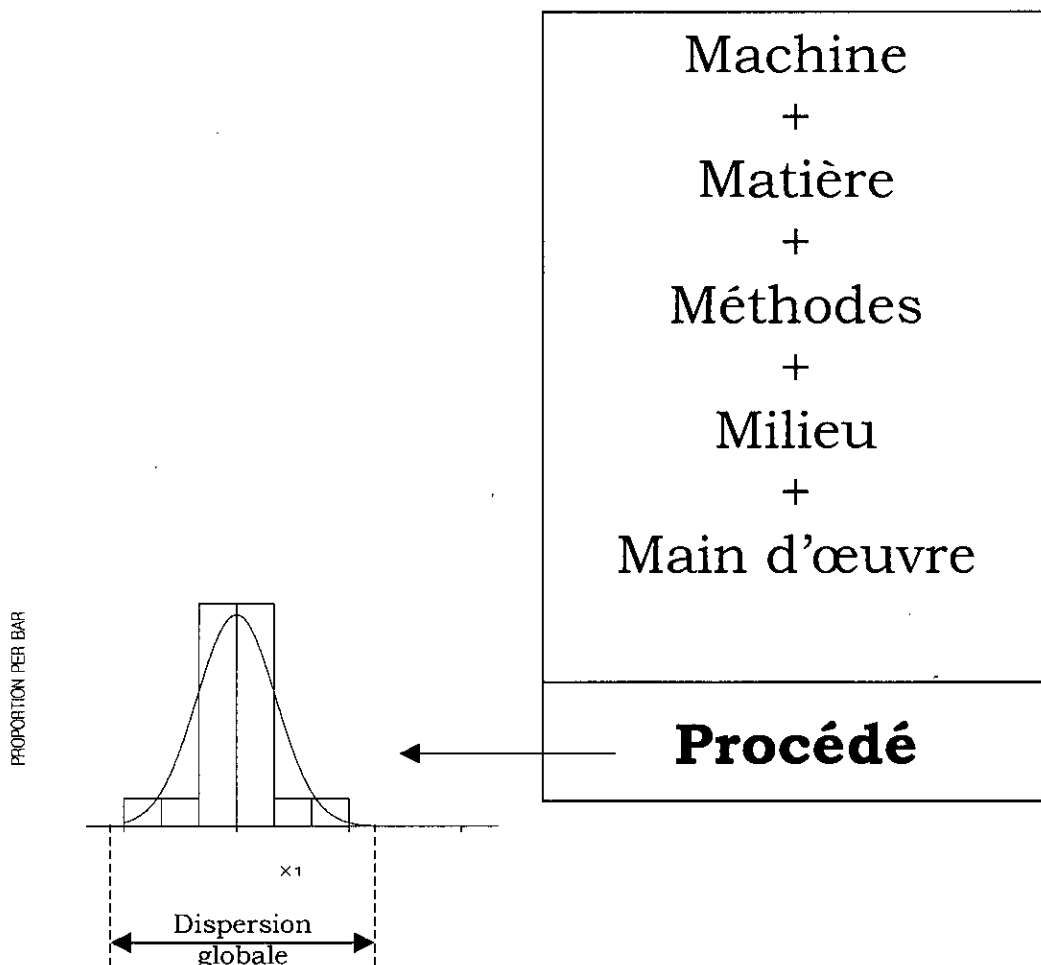


Fig IV.2 : Les 5 M d'un procédé

Un procédé peut être caractérisé par 5 paramètres appelés les 5 M :

- Milieu.
- Matière.
- Méthodes.
- Machine.
- Main d'œuvre.

La dispersion globale traduit les influence des 5 paramètres sur le procédé.

Nous distinguons deux indicateurs de capacité procédé à savoir :

- Capacité intrinsèque du procédé C_p .
- Indicateur de dérèglement C_{pk} .
- Capacité intrinsèque du procédé (C_p) :

Cet indicateur compare la performance du procédé (intervalle de tolérance) et la performance obtenue (la dispersion).

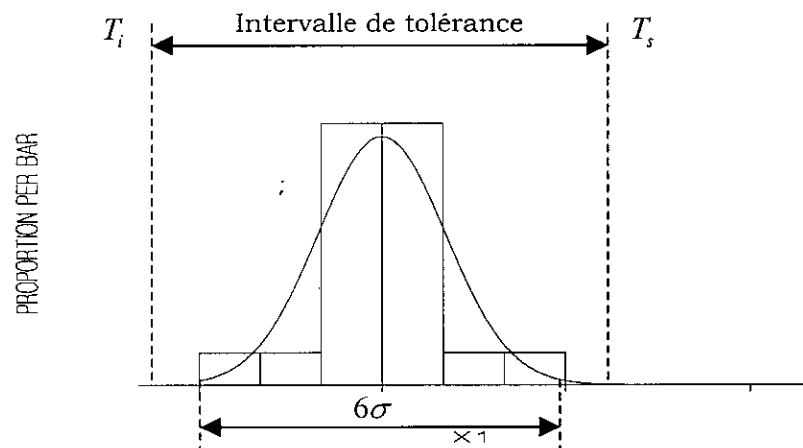


Fig IV.3 : L'indicateur C_p

Il est calculé par la formule suivante : $C_p = IT / 6\sigma$

IT : intervalle de tolérance.

σ : écart type.

• Indicateur de déréglage C_{pk} :

Cet indicateur tient compte du déréglage du procédé par rapport à la valeur cible, il compare les deux distances D_1 et D_2 (voir figure au-dessous).

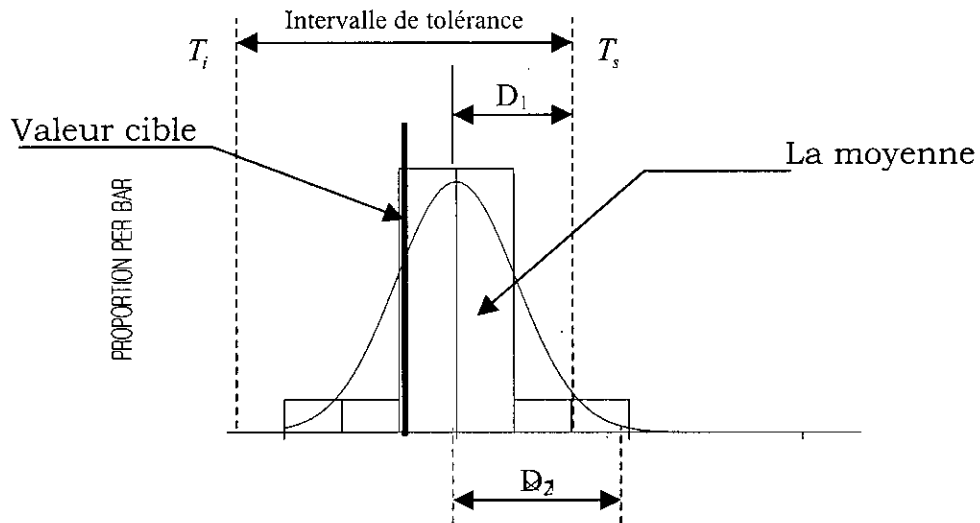


Fig IV.4 : Procédé dérégulé du côté supérieur à la moyenne.

$$C_{pk} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{Dist(\bar{X}, L_{lpp})}{3\sigma}$$

avec : L_{lpp} : La limite la plus proche (T_i ou T_s).

σ : écart type

Capabilité machine :

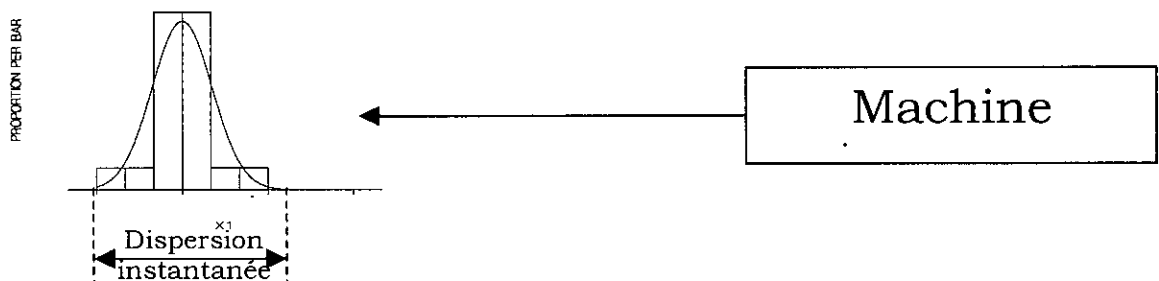


Fig IV.5 : Capabilité machine.

La capabilité machine prend en compte la dispersion instantanée due à la machine, elle est calculée par la méthode suivante :

- Prélever un échantillon de taille n assez grande ($n > 50$).
- Calculer l'écart type empirique s :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2.$$

X_i : $i^{\text{ème}}$ valeur prise par la caractéristique considérée.

\bar{X} : la moyenne

n : taille de l'échantillon.

s : écart type empirique.

- Calculer C_m l'indicateur comparant l'intervalle de tolérance et la dispersion instantanée.

$$C_m = \frac{IT}{6s}$$

$IT = T_i - T_s$: intervalle de tolérance.

s : écart type empirique.

- Calculer C_{mk} , l'indicateur qui prend en compte le dérèglement de la machine.

$$C_{mk} = \frac{Dist(\bar{X}, LIpp)}{3s}$$

avec : $Dist(\bar{X}, LIpp)$: distance entre la moyenne et la limite la plus proche.

L'indicateur lié à la cible C_{pm} :

Cet indicateur tient compte à la fois de la dispersion et du dérèglement, son objectif est de donner une image globale du procédé par un seul indicateur.

L'indicateur C_{pm} est basé sur la fonction perte de TAGUCHI.

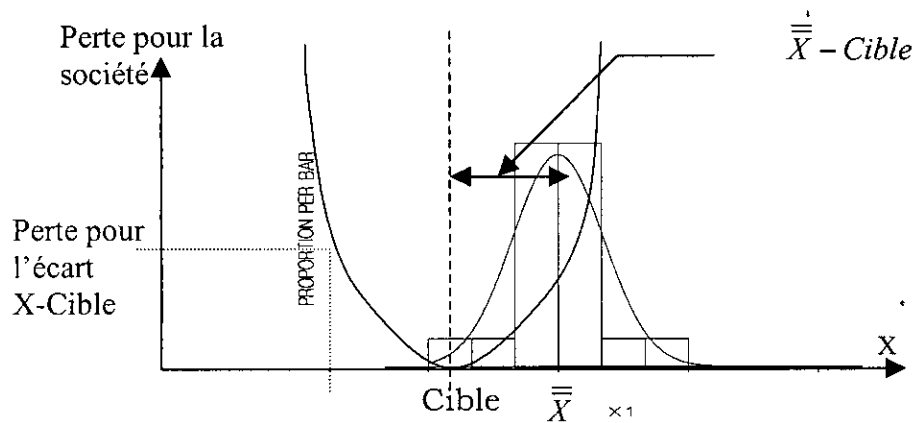


Fig IV.6 : L'indicateur C_{pm}

- La fonction perte de TAGUCHI : $L = K(\bar{X} - Cible)^2$.
 K : coefficient.
 \bar{X} : la moyenne.
- Perte moyenne pour un lot de moyenne \bar{X} et d'écart-type $\frac{\bar{R}}{d_2}$ est :

$$L = K \left(\left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)^2 + (\bar{X} - Cible)^2 \right)$$

- Calcule de C_{pm} :

$$C_{pm} = \frac{IT}{6\sqrt{\sigma^2 + (\bar{X} - Cible)^2}} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + 9(C_p - C_{pk})^2}}$$

Interprétation des chutes de capabilité :

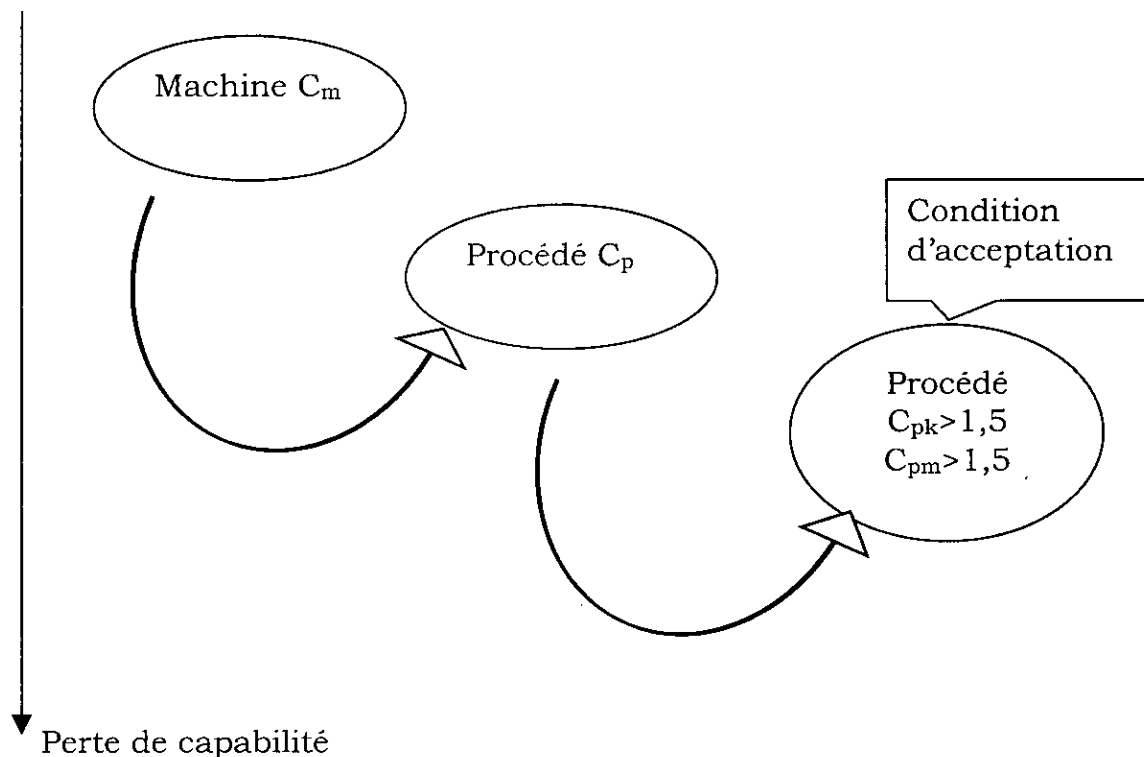


Fig IV.7 : Perte de capabilité

- La chute de capabilité entre C_m et C_p traduit l'instabilité du procédé. Comme nous l'avons évoqué précédemment, un procédé peut être caractérisé par les 5M, la chute de capabilité entre ces deux indicateurs peut être expliquée par le fait que les quatre paramètres autres que la machine (matière, main d'œuvre, méthodes et milieu) influent très significativement sur le procédé. Si on arrive à maîtriser ces quatre paramètres c'est-à-dire stabiliser le procédé, la dispersion globale sera proche de la dispersion instantanée et donc C_p sera proche de C_m .
- La chute de capabilité entre C_p et C_{pk} est essentiellement due à des problèmes de dérèglage, cette chute nous renseigne sur la présence d'un décalage de la moyenne par rapport à la cible.

Chapitre V :

ANALYSE DES DEFAUTS

Chapitre V : ANALYSE DES DEFAUTS

1- Source d'information :

Les méthodes retenues pour l'acquisition de l'information sont :

- La consultation des différents documents utilisés dans le département qualité.
- L'interview.
- L'analyse.

Pour se faire nous avons fait appel aux différentes structures intervenant sur le procédé à savoir :

- Le laboratoire de contrôle qualité.
- Le département maintenance.
- Le département production.

2- Etude des défauts :

Pour l'étude des défauts nous avons consulté les fiches de suivie de la production durant 30 jours ouvrables (période du 1^{er} janvier au 19 mars 2001).

Le nombre de bouteilles produites durant ces 30 jours pour les trois lignes de production est représenté dans le tableau suivant :

Tableau V.1 : Nombre de bouteilles produites

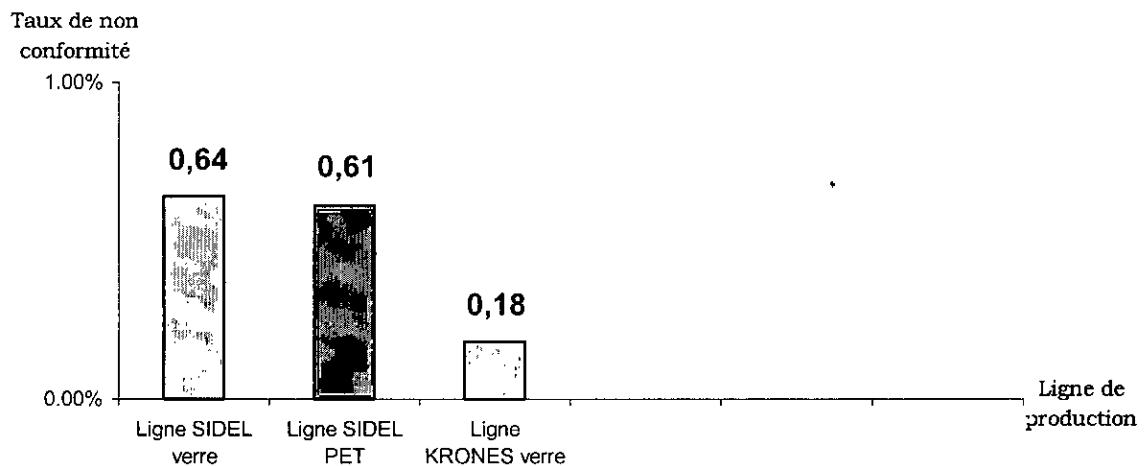
Lignes de production	Nombre de bouteilles produites
SIDEL verre	7315584
SIDEL PET	2460564
KRONES verre	7838052

Le nombre de bouteilles non conformes ainsi que le taux de non-conformité durant ces 30 jours pour les trois lignes de production sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Nombre de bouteilles non conformes

Ligne de production	Nombre de bouteilles non conformes	Taux de non-conformité
SIDEL verre	46824	0.64 %
SIDEL PET	15177	0.61 %
KRONES verre	14300	0.18 %

Nous remarquons clairement que la ligne SIDEL verre possède un taux de non-conformité plus élevé par rapport aux 2 autres lignes.



Histogramme V.1 : Etude des défauts

3- Origine des défauts :

L'analyse de l'origine des défauts nous a permis de distinguer les causes de non-conformité comme suit :

- Volume CO2 (élevé ou bas).
- Défaut bouchonnage.
- Niveau de remplissage (élevé ou bas).
- Brix (élevé ou bas).
- Défaut datage.
- Défaut soufflage.

Nous présentons ci-dessous la répartition des causes de non-conformité ainsi que leurs pourcentages pour chaque ligne :

3-1- Ligne SIDEL verre :

La répartition des causes de non-conformité pour la ligne SIDEL verre est représentée dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Analyse ligne SIDEL verre

Causes de non conformité	Nombre de bouteilles Non conformes	Pourcentage
Volume CO2	18168	38.8 %
Défaut bouchonnage	11904	25.4 %
Volume de remplissage	11232	23.9 %
Brix	5520	11.9 %

Le diagramme de Pareto nous montre que le volume CO2 hors tolérances représente plus de 38% des causes de non-conformité.

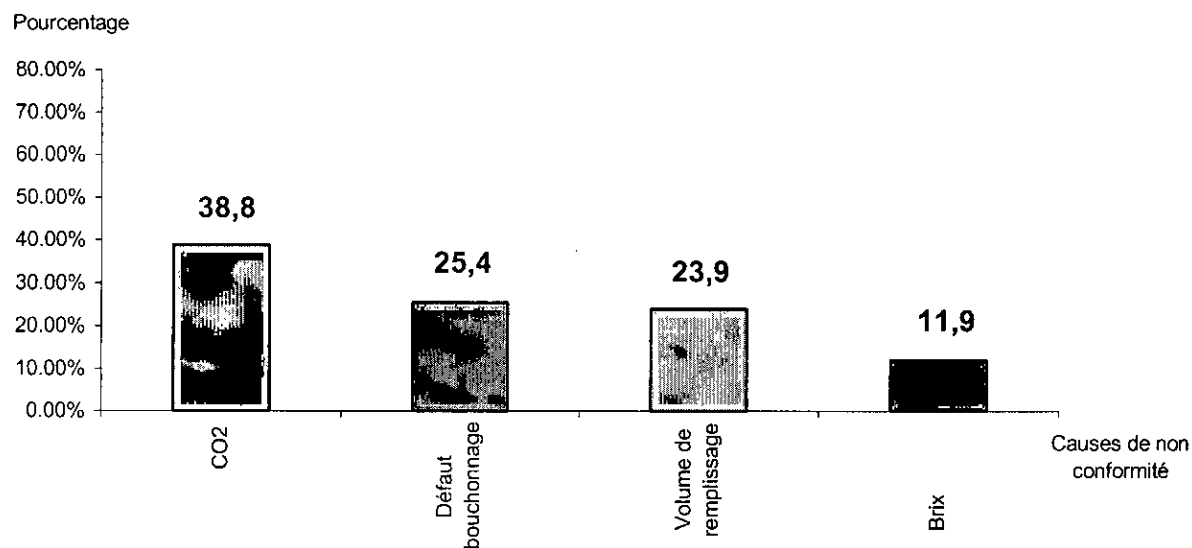


Diagramme de Pareto de l'analyse des causes ligne SIDEL verre

3-2- Ligne SIDEL PET :

La répartition des causes de non-conformité pour la ligne SIDEL PET est représentée dans le tableau suivant :

Tableau V.4 : analyse ligne SIDEL PET

Causes de non-conformité	Nombre de bouteilles non conformes	Pourcentage
Volume CO2	10350	68.2% (*)
Volume de remplissage	1927	12.7%
Défaut bouchonnage	1598	10.5%
Défaut datage	793	5.2%
Brix	426	2.8%
Défaut soufflage	83	0.6%

L'histogramme montre clairement que le volume CO2 représente le taux de non conformes le plus élevé par rapport aux autres causes à savoir : le volume de remplissage, le défaut bouchonnage, défaut datage, brix et le défaut soufflage.

Mais le problème volume CO2 pour cette ligne se distingue entre CO2 élevé et CO2 bas. Les bouteilles dont le volume CO2 bas sont écartées de la chaîne et rejetées directement, par contre les bouteilles dont le volume CO2 est élevé sont stockées séparément pendant une période bien déterminée jusqu'à ce que le volume CO2 diminue et redevient dans les normes (fuite de dioxyde de carbone).

(*) Dans notre analyse le volume CO2 élevé représente **54.5%** et le volume CO2 bas **13.7%**.

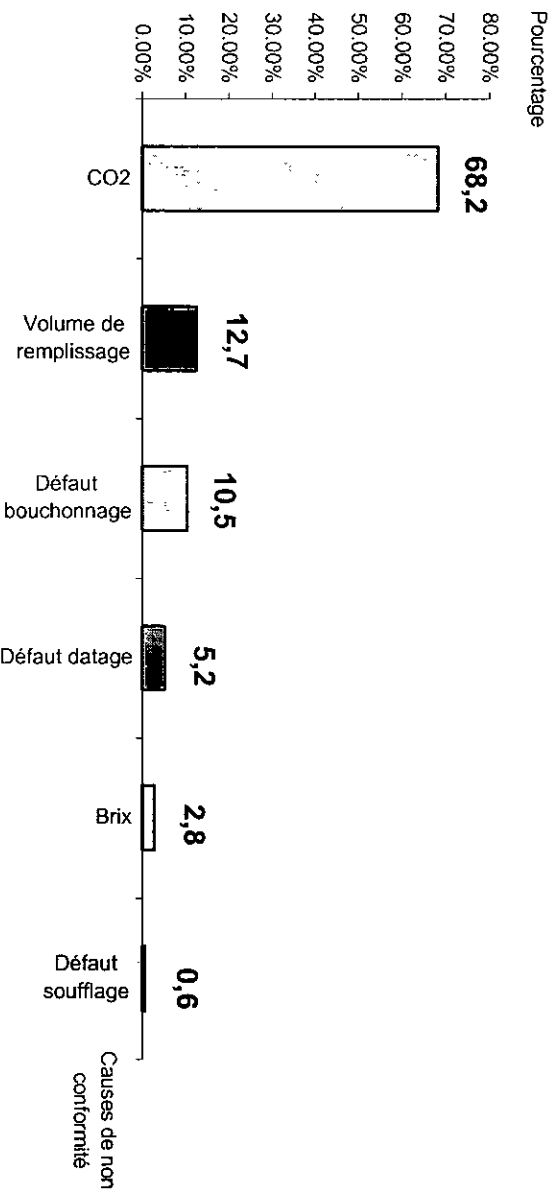


Diagramme de Pareto de l'analyse des causes ligne SIDEL PET

3-3- Ligne KRONES verre :

La répartition des causes de non-conformité pour la ligne KRONES verre est représentée dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : analyse ligne KRONES verre

Causes de non-conformité	Nombre de bouteilles non conformes	Pourcentage
Volume de remplissage	7357	51.4 %
Sans bouchons	5455	38.2 %
Brix	1416	9.9 %
Volume CO2	72	0.5 %

L'histogramme montre que le volume de remplissage hors tolérances représente plus de 51 % des causes de non-conformité, par contre le volume CO2 représente un taux de non conformes très bas.

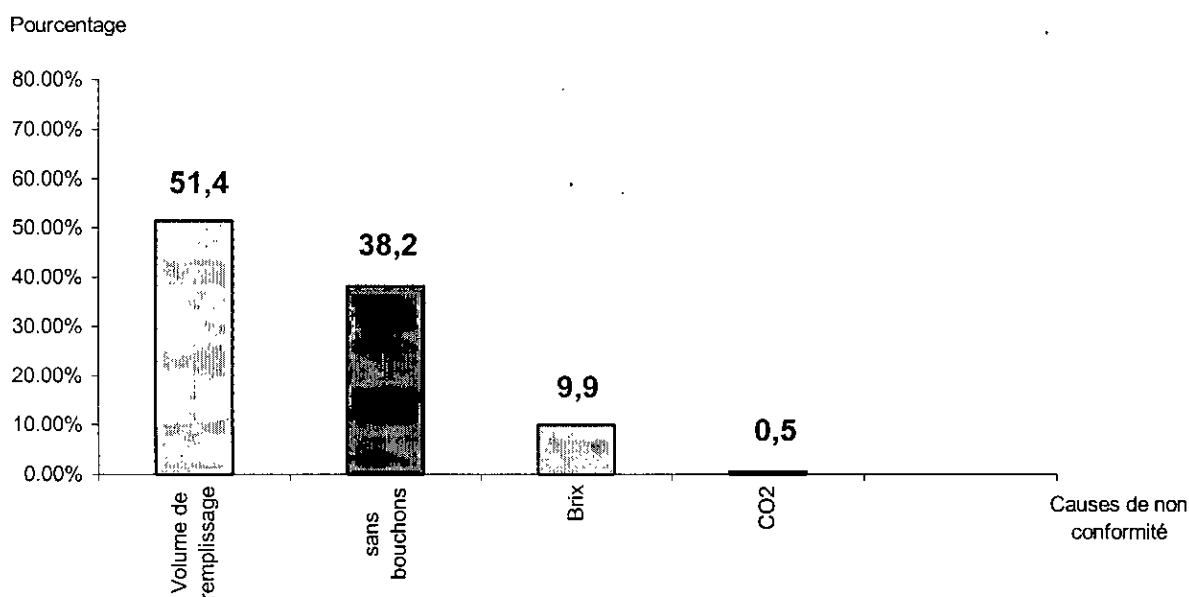


Diagramme de Pareto de l'analyse des causes ligne KRONES verre

Il est à rappeler que pour le cas de la ligne KRONES VERRE la carbonation (injection du CO₂) se fait après le mélange eau - sirop dans la cuve de récolte.

4- Conclusion :

- L'histogramme n°1 montre clairement que la ligne SIDEL verre est celle qui présente un taux de non-conformité le plus élevé.
- D'après l'analyse du diagramme de Pareto nous constatons également que le volume CO₂ est le problème majeur sur la ligne SIDEL verre. Sur la ligne SIDEL PET, le volume CO₂ hors tolérance est en fait 13.2 % car le volume CO₂ élevé n'est pas considéré comme une non conformité.

Nous allons donc, dans ce qui suit nous intéresser à l'étude du problème CO₂ au niveau de la ligne SIDEL verre.

IL est à noter que PEPSI présente **45 %** de la production totale de l'entreprise, ce qui nous a mené par la suite à choisir ce produit pour notre étude.

Une démarche de résolution du problème volume CO₂ ne doit pas correspondre à l'utilisation désordonnée de tous les outils cités précédemment ; mais c'est à travers une démarche rigoureuse balisée par des étapes, que ces outils donneront toute leur efficacité.

Pour cela la démarche à suivre pour l'analyse de ce problème (volume CO₂) sera constituée des étapes suivantes :

- Analyse et évaluation des performances du procédé ;
- Identification de toutes les causes probables ;
- La recherche des solutions ;
- La mise en œuvre des solutions.

Chapitre VI :

**ANALYSE DU PROCEDE DE
LA LIGNE SIDEL VERRE**

Chapitre VI : ANALYSE DU PROCÉDE DE LA LIGNE SIDEL VERRE

Dans ce chapitre, nous nous proposons d'étudier les performances du procédé relatives au volume CO₂, en procédant selon les étapes suivantes :

- Observation et suivi du procédé.
- Evaluation des performances du procédé.

1- Observation et suivi du procédé :

Dans cette étape d'observation, nous avons suivi la production pendant deux semaines durant lesquelles 100 prélèvements ont été effectués avec une fréquence de 15 mn et une taille d'échantillon égale à 1.

Pour chaque bouteille prélevée, nous mesurons le volume CO₂ dans la boisson finie à l'aide de l'appareil ZAHN et nous relevons directement la température indiquée par le mouchard au niveau du saturateur.

L'étude prend en considération un seul produit à savoir PEPSI, faite sur la ligne SIDEL verre qui présente un taux de non conformes le plus élevé (0.61%).

- **Paramètres du produit :**

Nom du produit : PEPSI

Volume CO₂ théorique (cible) : 3.65

Tolérances imposées par PCI : 3.65 +/- 1.5

$$T_i = 3.50$$

$$T_s = 3.80$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 : TABLEAU DES DONNEES

Echantillon	Température	Volume	Echantillon	Température	Volume	Echantillon	Température	Volume
1	4,5	3,9	34	6	3,57	67	5,5	3,74
2	4,75	3,8	35	5,75	3,72	68	5,5	3,71
3	6,75	3,58	36	5,75	3,71	69	4,9	3,83
4	4,5	3,85	37	5,25	3,78	70	4,9	3,82
5	7,5	3,48	38	7,25	3,52	71	5,25	3,8
6	6	3,65	39	6,5	3,55	72	5,5	3,72
7	5,25	3,76	40	5,5	3,75	73	5,25	3,77
8	6,5	3,6	41	6	3,68	74	5,5	3,76
9	5,5	3,7	42	6	3,6	75	5,5	3,72
10	7,5	3,5	43	5,5	3,65	76	5,5	3,7
11	6,5	3,61	44	5,5	3,66	77	4,85	3,83
12	6	3,75	45	5,5	3,6	78	5,25	3,85
13	6	3,74	46	5,5	3,61	79	5,5	3,73
14	6	3,65	47	4,9	3,82	80	5,55	3,7
15	6,75	3,6	48	7	3,5	81	5,5	3,72
16	5,55	3,67	49	6,5	3,6	82	5,55	3,69
17	6	3,8	50	5,95	3,68	83	6	3,67
18	6,25	3,64	51	6,5	3,6	84	5,95	3,69
19	6,5	3,6	52	6,25	3,66	85	5,95	3,68
20	6	3,81	53	6	3,66	86	5	3,7
21	6	3,6	54	5,5	3,72	87	8	3,4
22	6	3,8	55	5,25	3,79	88	7,25	3,55
23	4,8	3,84	56	4,9	3,83	89	7	3,52
24	7	3,6	57	6	3,72	90	6,7	3,6
25	5,7	3,73	58	5,25	3,7	91	6,3	3,72
26	7,5	3,5	59	8,5	3,45	92	5	3,85
27	6,25	3,65	60	6,5	3,55	93	5	3,82
28	6,5	3,6	61	6,25	3,65	94	7	3,55
29	6	3,65	62	6	3,67	95	6,7	3,75
30	6	3,64	63	6	3,66	96	6,3	3,64
31	6	3,55	64	6	3,65	97	7,25	3,5
32	5,75	3,72	65	7,5	3,48	98	7,25	3,53
33	5,9	3,7	66	7,5	3,5	99	7	3,57
						100	5	3,85

2- Utilisation des cartes de contrôle :

2-1- Objectifs des cartes de contrôle :

La carte de contrôle utilisée au niveau du laboratoire qualité ne prend pas en considération la variabilité du procédé. Nous proposons d'établir de nouvelles cartes de contrôle qui permettent le pilotage du procédé en tenant compte de sa variabilité, afin de nous s'assurer que le procédé est sous contrôle pour permettre le calcul des indicateurs de capabilité.

2-2- Choix des cartes de contrôle :

Dans certain cas, il n'est pas possible de prélever plusieurs bouteilles consécutives, on dispose seulement d'une grandeur mesurée périodiquement.

Un exemple de ce type est la surveillance des paramètres machine tels que la pression, la température ou dans le cas de contrôle destructif pour lesquels on évite de prélever un échantillon, donc le prélèvement d'un échantillon est inutile.

Dans ce cas la taille de l'échantillon est ramenée à 1, il devient impossible de mesurer une étendue ou un écart type. Cependant, il est intéressant de surveiller les variations d'un prélèvement à un autre. Pour résoudre ce problème, il est recommandé de calculer une étendue glissante sur n mesures. **[PIL, 96]**

Pour les valeurs individuelles, les limites sont fixées à $\pm 3\sigma$.

Le calcul des limites s'effectue à partir des formules suivantes :

$$LIC_x = Cible - 3.\sigma = Cible - 3\frac{\bar{R}}{d_2} = Cible - A_4.\bar{R}$$

$$LSC_x = Cible + 3.\sigma = Cible + 3\frac{\bar{R}}{d_2} = Cible + A_4.\bar{R}$$

Pour les étendues mobiles, on retrouve les équations :

$$LIC_R = D_3.\bar{R}$$

$$LSC_R = D_4.\bar{R}$$

Dans notre cas nous avons donc utilisé des cartes de contrôle à valeurs individuelles, étendue glissante car :

- Il est difficile de prélever plusieurs unités d'échantillons (bouteilles) consécutives vu la cadence très élevée de la chaîne de production (24000 bouteilles /h). Vu les fluctuations instantanées du volume CO₂ (cadence très élevée), il est recommandé d'utiliser les cartes à étendue glissante.
- Les mesures du volume CO₂ dans la boisson nécessite une bonne agitation manuelle de la bouteille afin de mesurer la pression CO₂ à l'aide de l'appareil ZAHN, ensuite lire la température donnée par le thermomètre, la combinaison des deux lectures nous permet d'obtenir la valeur du volume CO₂. L'opération nécessite une durée moyenne évaluée à 6 mn.

2-3- Calcul des limites de contrôle :

Pour le calcul de l'étendue glissante on prend $n = 2$.

Les 5 premières valeurs n'ont pas été prises en considération, car les 5 premières mesures nous ont permis de mieux maîtriser la procédure de mesure.

Exemple:

1 ^{ère} mesure 3.65	pas de calcul de l'étendue
2 ^{ème} mesure 3.76	R = 0.11 (calculées sur les 2 valeurs : 3.65, 3.76)
3 ^{ème} mesure 3.60	R = 0.16 (calculées sur les 2 valeurs : 3.76, 3.60)

Tableau VI.2 : Calcul de l'étendue

Echantillon	X	R	Echantillon	X	R	Echantillon	X	R
1	3.65	-	33	3.52	0,26	65	3.82	0,01
2	3.76	0,11	34	3.55	0,03	66	3.8	0,02
3	3.6	0,16	35	3.75	0,2	67	3.72	0,08
4	3.7	0,1	36	3.68	0,07	68	3.77	0,05
5	3.5	0,2	37	3.60	0,08	69	3.76	0,01
6	3.61	0,11	38	3.65	0,05	70	3.72	0,04
7	3.75	0,14	39	3.66	0,01	71	3.70	0,02
8	3.74	0,01	40	3.6	0,06	72	3.83	0,13
9	3.65	0,09	41	3.61	0,01	73	3.85	0,02
10	3.6	0,05	42	3.82	0,19	74	3.73	0,12
11	3.67	0,02	43	3.5	0,32	75	3.7	0,03
12	3.8	0,13	44	3.6	0,1	76	3.72	0,02
13	3.64	0,16	45	3.68	0,08	77	3.69	0,03
14	3.6	0,04	46	3.60	0,08	78	3.67	0,02
15	3.81	0,19	47	3.66	0,06	79	3.69	0,02
16	3.6	0,19	48	3.66	0	80	3.68	0,01
17	3.8	0,2	49	3.72	0,06	81	3.70	0,02
18	3.84	0,04	50	3.79	0,07	82	3.4	0,3
19	3.6	0,24	51	3.83	0,04	83	3.55	0,15
20	3.73	0,13	52	3.72	0,11	84	3.52	0,03
21	3.5	0,23	53	3.7	0,02	85	3.6	0,08
22	3.65	0,15	54	3.45	0,25	86	3.72	0,12
23	3.6	0,05	55	3.55	0,1	87	3.85	0,13
24	3.65	0,05	56	3.65	0,1	88	3.82	0,03
25	3.64	0,01	57	3.67	0,02	89	3.55	0,27
26	3.55	0,09	58	3.66	0,01	90	3.75	0,2
27	3.72	0,17	59	3.65	0,01	91	3.64	0,09
28	3.7	0,02	60	3.84	0,17	92	3.5	0,14
29	3.57	0,13	61	3.5	0,02	93	3.53	0,03
30	3.72	0,15	62	3.74	0,24	94	3.57	0,04
31	3.71	0,01	63	3.71	0,03	95	3.85	0,28
32	3.78	0,07	64	3.83	0,12			

$$\bar{R} = 0.095$$

$$\bar{X} = 3.67$$

Les valeurs de A_4 , d_2 et D_4 sont :

$$n=2 \Rightarrow \begin{cases} A_4 = 2.66 \\ d_2 = 1.128 \\ D_4 = 3.267 \end{cases}$$

Carte X :

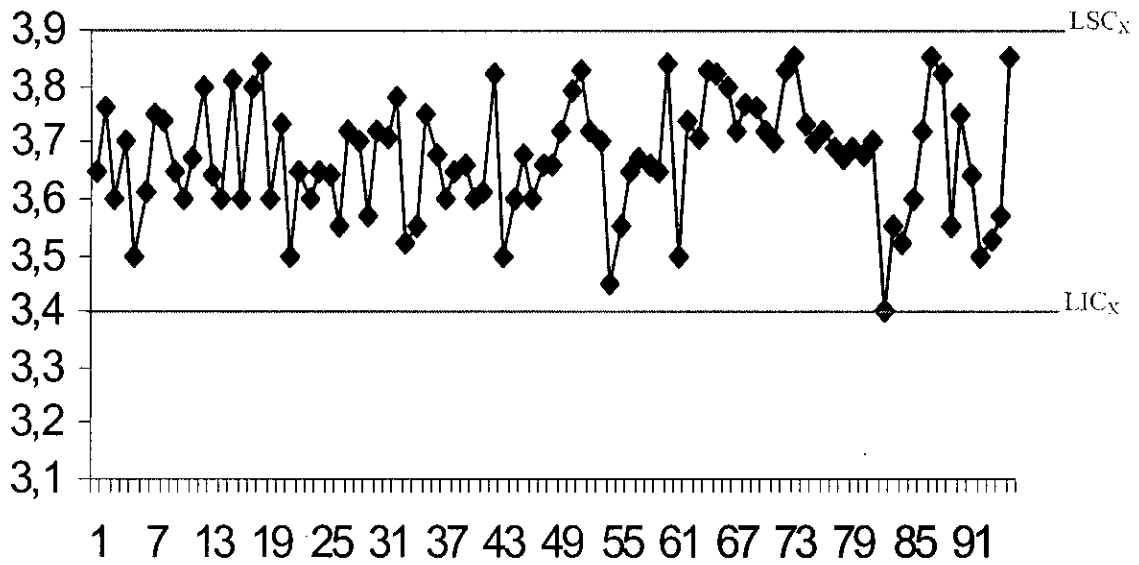
$$LIC_X = Cible - A_4 \bar{R} = 3.65 - 2.66 * 0.095 = 3.40$$

$$LSC_X = Cible + A_4 \bar{R} = 3.65 + 2.66 * 0.095 = 3.90$$

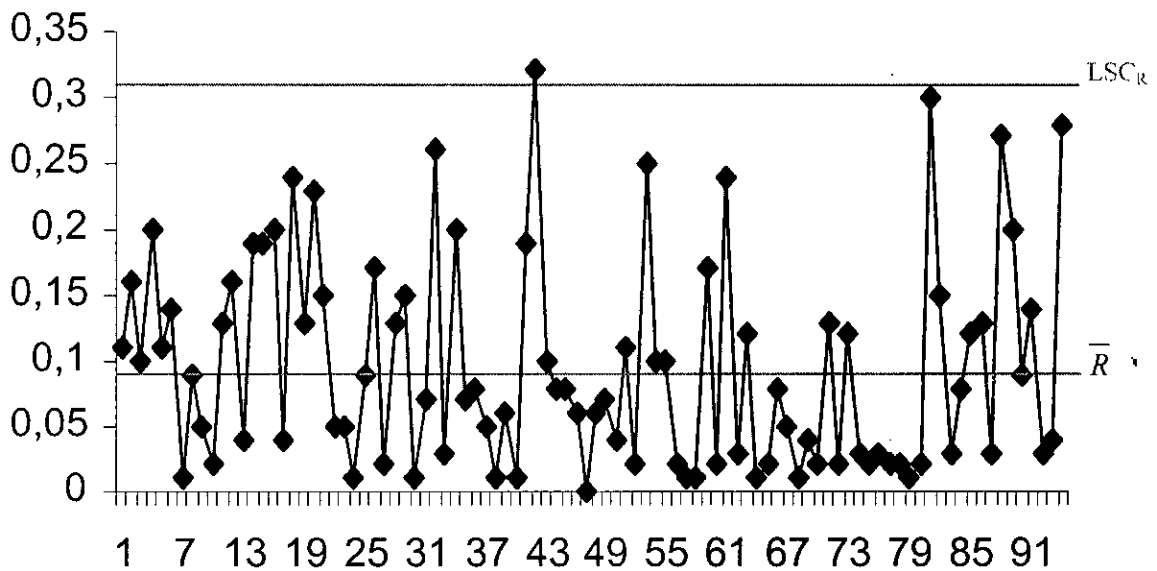
Carte R :

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = 0$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = 3.267 * 0.095 = 0.31$$



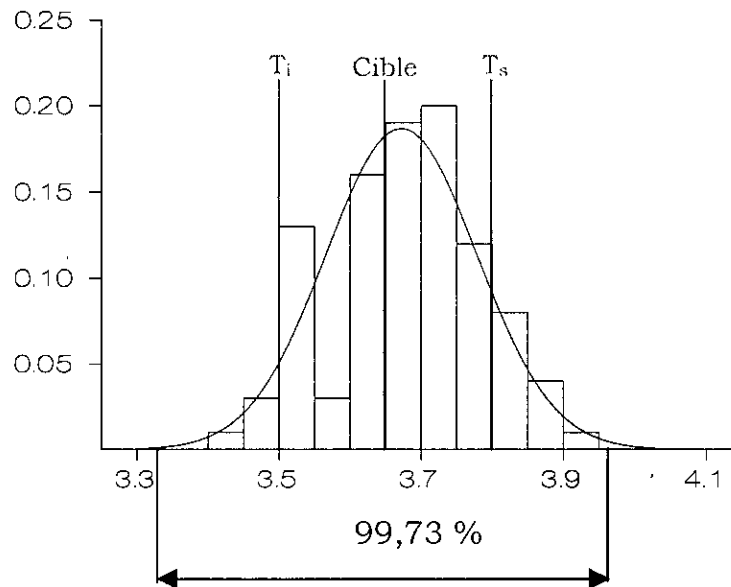
Carte X



Carte R

Tous les points se situent à l'intérieur des limites de contrôle, nous pouvons donc conclure que le procédé est statistiquement sous contrôle, nous procédons par la suite au calcul des indicateurs de capabilité.

2-4-Calcul de la proportion de non conformes :



Pour le traitement des données, nous avons utilisé le logiciel STATISTICA dans le but d'ajuster les lois de probabilité aux observations que nous avons recueillies. Le test de normalité de χ^2 effectué par le logiciel STATISTICA, confirme que la distribution suit la loi normale.

$$P = P_1 + P_2 = 1 - P\left(\frac{T_i - Moy}{\delta} < Z < \frac{T_s - Moy}{\delta}\right)$$

$$\delta = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0.084$$

$$\Rightarrow P = 1 - P\left(\frac{3.5 - 3.67}{0.084} < Z < \frac{3.8 - 3.67}{0.084}\right)$$

$$P = 1 - [\phi(1.55) - \phi(-2.02)]$$

$$P = 2 - [\phi(1.55) + \phi(2.02)]$$

$$P = 2 - [0.9394 + 0.9783]$$

$$\Rightarrow P = 8.23\%$$

3- Evaluation des performances du processus

3-1- Calcul des indicateurs de capabilité :

$$\delta = \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,084$$

$$C_p = \frac{IT}{6\delta} = \frac{3.8-3.5}{6*0,084} \Rightarrow C_p = 0.59$$

$$C_{pk} = \frac{T_s - Moy}{3.\delta} = \frac{3.8-3.67}{3*0,084} \Rightarrow C_{pk} = 0.51$$

$$C_{pm} = \frac{C_p}{\sqrt{1+9(C_p - C_{pk})^2}} \Rightarrow C_{pm} = 0.57$$

3-2- Interprétation :

- $C_p \ll 1,33$ donc le procédé relativement à la caractéristique volume CO2 n'est pas capable, la dispersion globale du procédé est très importante par rapport à l'intervalle de tolérance d'amplitude 0.3. Ceci se traduit par une proportion de bouteilles possédant un volume CO2 hors tolérances évaluée à **8,23%**.

- Le C_{pk} est l'indicateur qui inclut à la fois la capabilité intrinsèque et le dérèglement. La valeur de C_{pk} de 0.51 confirme que le procédé n'est pas capable, et nous signale que le procédé subit des dérèglages importants.

- Le C_{pm} est l'indicateur qui tient compte à la fois de la dispersion et du décentrage, il est plus lié à la qualité globale des produits qu'à un pourcentage de pièces hors tolérances.

$C_{pm} \ll 1,33 \Rightarrow$ le procédé génère des pertes de productivité importantes au sens de TAGUCHI dues aux dérèglages et aux rebuts réalisés.

- $C_{pm} \approx C_p \Rightarrow$ le procédé est légèrement décentré par rapport à la cible, ce qui prouve une fois de plus que le problème majeur constaté est un problème de variabilité du procédé. En conclusion, la variabilité est importante par rapport aux tolérances bien que le procédé soit sous contrôle.

Chapitre VII :

ANALYSE DES CAUSES DE VARIABILITE

Chapitre VII : ANALYSE DES CAUSES DE VARIABILITE

Pour déterminer les causes de variabilité du volume CO₂, nous avons procédé à la collecte du plus grand nombre possible d'informations, et des données enregistrées auprès des services suivants :

- Le laboratoire de contrôle qualité.
- Le département production.
- Le département maintenance.

Afin de pouvoir détailler (étudier) toutes les causes probables de la dispersion du volume CO₂, nous avons établi un diagramme causal (ISHIKAWA).

1- Diagramme d'ISHIKAWA :

Le diagramme d'ISHIKAWA est l'outil qui offre une base de réflexion sur l'effet volume CO₂ et ses causes potentielles. Il permet de classer toutes les causes identifiées.

L'interrogation qui guide l'élaboration du diagramme est la suivante : pourquoi cette dispersion apparaît-elle ?

Cela permet d'énumérer toutes les causes de dispersion. Les principales causes affectant le problème CO₂ appartiennent aux catégories suivantes :

- Machine.
- Milieu.
- Maintenance.
- Main d'œuvre.
- Mesures.
- Matière.

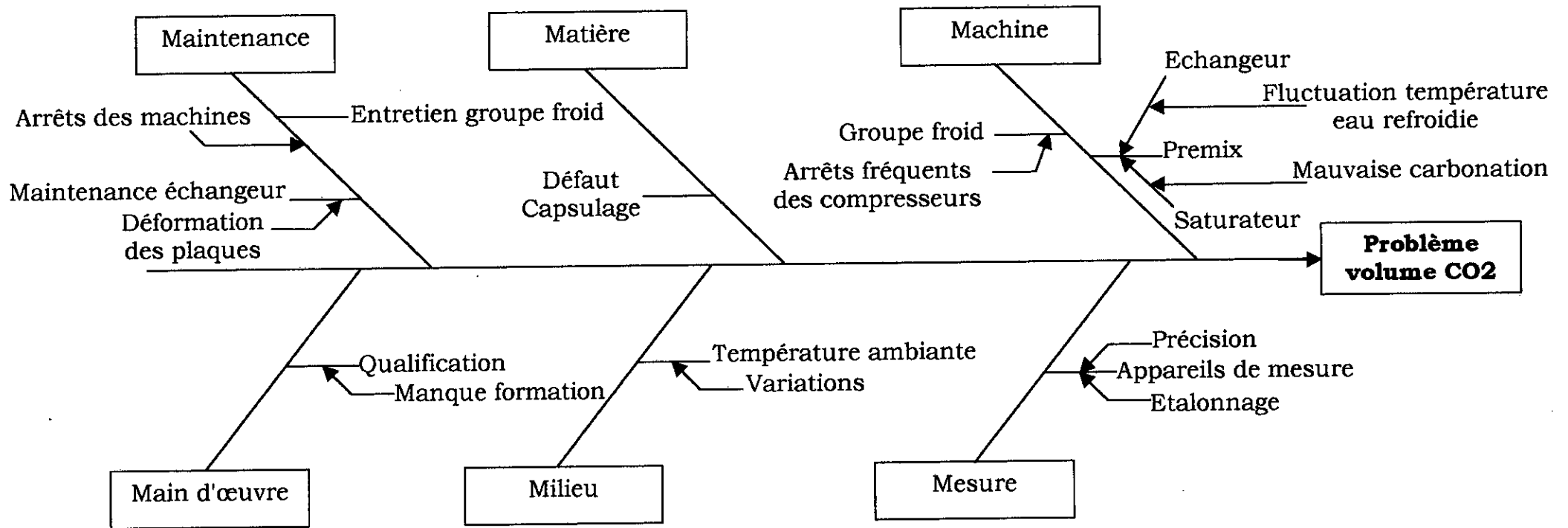


Diagramme d'ISHIKAWA

1-1- Machine :

• **Groupe froid :**

Ce qui doit être	Ce qui est constaté
<ul style="list-style-type: none">Le fonctionnement automatique du groupe froid doit assurer à tout instant une eau réfrigérée à basse température ($< 6\text{ °C}$).	<ul style="list-style-type: none">Augmentation de la température de l'eau réfrigérée ($> 6\text{ °C}$) suite aux arrêts fréquents des compresseurs.

L'augmentation de la température de l'eau réfrigérée ($> 6\text{ °C}$) est due aux arrêts compresseurs. Il est à signaler que lors du recyclage de l'eau réfrigérée, des dépôts de sucre causés par le passage du sirop vers la partie eau réfrigérée peuvent se produire diminuant ainsi l'efficacité du groupe froid.

• **Saturateur :**

Ce qui doit être	Ce qui est constaté
<ul style="list-style-type: none">La température de l'eau refroidie doit être entre 6 et 7 °C pour obtenir une bonne carbonation.	<ul style="list-style-type: none">Fluctuations de la température de l'eau refroidie à l'entrée du saturateur entre 4 et 15 °C.

Nous avons constaté que le volume CO_2 et la température de l'eau refroidie sont inversement proportionnels : lorsque la température de l'eau refroidie augmente le volume CO_2 diminue et vice versa.

La carbonation est une opération critique car elle influe directement sur le volume CO_2 dans la boisson finie.

• **Echangeur de chaleur :**

Ce qui doit être	Ce qui est constaté
<ul style="list-style-type: none"> La température de l'eau refroidie à la sortie de l'échangeur doit être entre 6 et 7 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> La température de l'eau refroidie subit plusieurs fluctuations entre 4 et 15 °C.

Nous avons constaté que les variations de la température de l'eau refroidie sont très importantes à la sortie de l'échangeur.

L'échangeur de type à plaques est divisé en deux parties :

- Partie refroidissement eau.
- Partie refroidissement sirop.

Nous avons constaté que les pressions d'entrée au niveau de l'échangeur sont :

- Pression d'entrée eau réfrigérée = 1.5 bar.
- Pression d'entrée sirop = 2 à 7 bar.

Cette différence de pression peut engendrer des déformations des plaques pouvant supporter au maximum 6 bar (référence : document technique de l'échangeur). Ce qui provoque le détachement des joints permettant le passage du sirop vers la partie eau réfrigérée. Cette dernière nous l'avons constaté prend la couleur du parfum du produit.

1-2- Maintenance :

Ce qui doit être	Ce qui est constaté
<ul style="list-style-type: none"> Entretien et maintenance régulière du groupe froid inférieure à trois mois (élimination des dépôts sucre). 	<ul style="list-style-type: none"> L'entretien du groupe froid se fait trimestriellement.

L'échangeur de chaleur et le groupe froid fonctionnent en parallèle : l'insuffisance d'un programme de maintenance régulier de l'échangeur influe directement sur le rendement du groupe froid (encrassement du sucre), et réciproquement le manque d'entretien du groupe froid influe directement sur le refroidissement de l'eau au niveau de l'échangeur (à cause de l'augmentation de la température de l'eau réfrigérée).

Nous avons constaté que les fluctuations de la température de l'eau refroidie apparaissent dans les intervalles de production après les arrêts des machines, le tableau suivant donne la situation en fonction de :

- Le temps d'arrêt moyen
- Le nombre d'arrêts
- Le temps d'arrêt cumulé

Les données du tableau VII.1 sont relatives aux mois janvier, février et mars de l'année 2001.

Tableau VII.1 : Temps d'arrêt des équipements

Sous équipements	Temps d'arrêt cumulé (en mn)	Temps moyen des arrêts (en mn)	Nombre d'arrêts
Décaisseuse	52	17.33	3
Laveuse bouteilles	419	19.95	21
Groupe froid laveuse	10	10	1
Laveuse de caisses	6	6	1
Soutireuse	1118	39.93	28
Capsuleuse	3252	108.40	30
Premix	1236	103	12
Groupe froid premix	911	47.95	19
Siroperie	471	21.41	22
Etiqueteuse	95	13.57	7
Dateuse	10	3.33	3
Encaisseuse	666	37	18

Le tableau montre clairement le nombre très élevé des arrêts ce qui pourrait avoir une incidence importante sur le volume CO2 car comme nous l'avons noté précédemment des fluctuations importantes du volume CO2 ont été constatées après chaque arrêt des machines.

Les machines : premix, soutireuse, capsuleuse, encaisseuse et groupe froid représentent les nombres et les temps d'arrêts les plus importants.

1-3- Mesure :

- Précision des moyens de contrôle : thermomètres et baromètres.
- Etalonnage de l'analyseur CO2-brix : la valeur affichée par l'analyseur diffère de celle mesurée dans la boisson finie au niveau du laboratoire.

Concernant le volume CO2, nous avons constaté des différences de l'ordre de 0.2.

1-4- Matière :

- Défaut de capsulage qui peut influencer sur le volume CO2 dans la boisson finie (échappement du CO2).

1-5- Milieu :

La température ambiante influe sur le fonctionnement du groupe froid et sur les conduites de l'eau réfrigérée, du sirop et de l'eau refroidie.

En période de chaleur la température ambiante peut s'élever d'une manière significative d'où son influence sur la température de l'eau réfrigérée, quand les compresseurs sont à l'arrêt.

1-6- Main d'œuvre :

La qualification des opérateurs est importante car c'est l'intervention des opérateurs sur le réglage de l'alimentation CO₂ au niveau du saturateur qui assure une bonne carbonation (effet sur la carbonation au niveau du saturateur).

2- Etude du premix :

Le premix est une installation de préparation de la boisson gazeuse en réalisant les opérations suivantes :

- Déaération de l'eau.
- Refroidissement de l'eau.
- Carbonisation de l'eau.
- Refroidissement du sirop.
- Dosage eau- sirop.
- Mélange eau- sirop dans la cuve de collecte.

L'étude du principe de fonctionnement du premix fait appel à deux phénomènes chimiques, qui sont les suivants :

- La déaération.
- La carbonation.

2-1- Principe de fonctionnement du PREMIX :

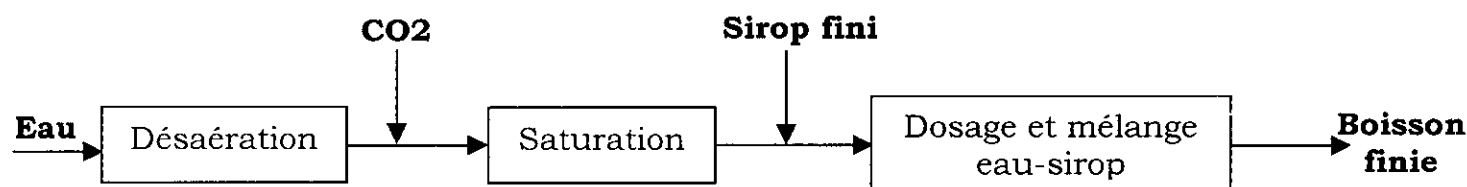


Schéma PREMIX : (Voir figure VII.1)

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1- Déaérateur | 5- Pompes doseuses |
| 2- Saturateur | 6- Alimentation air comprimé |
| 3- Cuve de récolte | 7- Analyseur CO ₂ , Brix |
| 4- Echangeur | 8- Soutireuse |
| | 9- Pompe à vide |

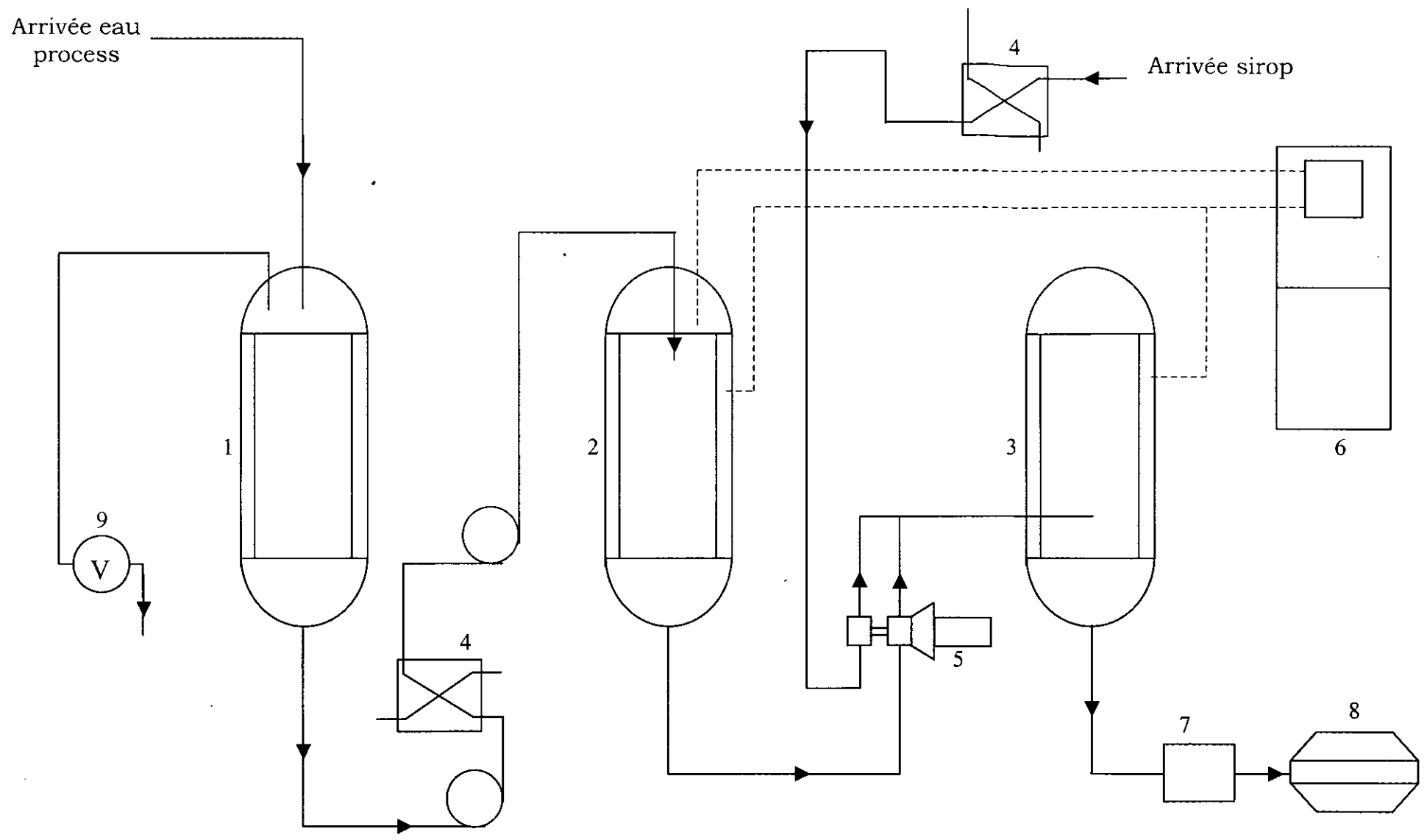


Figure VII.1 : PREMIX

La préparation de la boisson finie au niveau du PREMIX s'effectue en plusieurs étapes :

- L'eau traitée qui arrive de la station du traitement des eaux passe par le désaérateur pour désoxyder l'eau. Le système de dégazage de l'oxygène est sous vide et se fait en trois phases :
 - Une buse de vaporisation répartit l'eau chargée en gaz dans le désaérateur.
 - La pompe à vide crée dans le désaérateur une sous pression qui soustrait les gaz de l'eau.
 - L'oxygène s'échappe à l'air libre par l'intermédiaire d'une pompe à vide.
- L'eau désaérée est ensuite transférée du désaérateur vers le saturateur au moyen d'une pompe et passe à travers un échangeur de chaleur à deux plaques (fonctionne à contre courant) où elle se refroidit jusqu'à atteindre une température entre 6 à 7 °C.
- Ensuite elle est acheminée vers le saturateur où s'effectuera la carbonation (injection du CO₂) qui varie en fonction de divers facteurs extérieurs tels que : la température de l'eau refroidie et la pression du système d'alimentation.
- Le sirop fini qui arrive de la siroperie à 20 °C passe par un échangeur de chaleur à deux plaques afin d'être refroidie à une température entre 8 à 10°C.
- Le réglage des débits s'effectue au moyen des pompes doseuses, pour le dosage sirop fini et eau saturée (pour Mirinda orange 1 volume de sirop + 4 volumes d'eau, pour les autres parfums 1 volume de sirop + 5 volumes d'eau). Le mélange sera recueilli dans une cuve de récolte afin de constituer la boisson finie.
- La boisson finie passe finalement par un analyseur indiquant le volume CO₂, et le brix avant son passage à la soutireuse.

L'air comprimé séché utilisé sert à fonctionner les appareils auxiliaires (vannes et verrins).

2-2- La désaération [DES, 85]

La désaération est une opération chimique qui consiste à enlever l'oxygène de l'eau. Parmi les types de désaération on cite la désaération sous vide utilisée dans le cas où il ne serait pas permis de réchauffer même temporairement l'eau à désaérer ou quand la vapeur de stripage n'est pas disponible. La phase d'entraînement est constituée par l'eau naturellement vaporisée sous un vide compris entre 1.5 et 6 Kpa suivant la température. L'appareil utilisé pour la désaération sous vide (le désaérateur) fonctionne sous pression absolue proche de la tension de vapeur d'eau à la température considérée ce qui permet le passage des gaz dissous de la phase liquide à la phase gazeuse. La mise en contact de ses deux phases s'effectue sur un garnissage dont le choix dépend du gaz à extraire et du degré d'élimination à atteindre.

Le dégazeur sous vide est constitué d'une cuve verticale hermétiquement fermée contenant la masse de contact, l'eau est parfaitement répartie sur toute la surface du garnissage au moyen de pulvérisateur ou de distributeur, les gaz extraits de la phase liquide sont aspirés, en partie haute vers le système qui maintient de façon continue le vide nécessaire au dégazage.

2-3- La carbonation [MIC, 89] :

La solubilité des gaz dans l'eau est un phénomène chimique connu qui s'explique par : les molécules d'eau et les molécules des gaz qui s'attirent avec des forces plus ou moins intenses qui permettent à un certain nombre de molécules de gaz de s'intégrer au liquide.

La solubilité d'un gaz dans l'eau est générée par 4 lois qui sont énoncées comme suit :

1^{ère} loi : La solubilité dépend des propriétés du gaz et du liquide.

Entre les molécules de gaz et de liquide il ne s'agit que d'attraction et pas de liaison solide.

2^{ème} loi : La solubilité des gaz diminue lorsque la température augmente.

Si on considère un liquide en contact avec un gaz, un équilibre s'établit pour les molécules de gaz : dans la phase gazeuse, elles se gênent, se choquent et elles ont donc une pression. Si on les confine dans un récipient, elles tapent sur les parois : d'autant plus fort qu'elles sont par unité de volume et qu'elles sont agitées (que leur température est élevée) : c'est la pression.

Dans la phase liquide, elles sont attirées par les autres molécules, mais finissent aussi par gêner. Finalement elles se répartissent entre les deux phases de manière à ce que la gêne globale soit minimale. Si la pression est forte dans la phase gazeuse, elles vont avoir tendance à passer vers le liquide et inversement.

3^{ème} loi : La solubilité des gaz dépend de la pression du gaz en contact avec l'eau.

4^{ème} loi : Le passage du liquide au gaz ou du gaz au liquide dépend du temps.

La solubilité du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'eau est générée par les lois citées ci-dessus. Elle est liée à la pression partielle que le dioxyde de carbone exerce à la surface du liquide ainsi qu'à la température de l'eau.

3- Relation entre la température de l'eau refroidie et le volume CO₂ :

L'étude du prémix et l'analyse de ses différentes parties (saturateur, désaérateur, échangeur, cuve de récolte), ainsi que l'exploitation des différentes informations recueillies auprès des opérateurs et des techniciens du laboratoire contrôle qualité, nous ont permis de constater que les anomalies qui apparaissent souvent au niveau du prémix sont les suivantes :

- Fluctuations instantanées de la température indiquées par le mouchard au niveau du saturateur.
- Mauvais refroidissement de l'eau au niveau de l'échangeur (la température peut atteindre jusqu'à 15°C) dû essentiellement aux variations de la température de l'eau réfrigérée (perturbations du groupe froid source d'alimentation en eau réfrigérée).

Vu les lois de solubilité du CO₂ dans l'eau, citées précédemment, les variations du volume CO₂ sont liées directement aux variations de la température de l'eau refroidie.

Il est donc indispensable de déterminer et de contrôler cette température afin d'assurer une bonne carbonation au niveau du saturateur.

4- Etude de la corrélation :

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les variations du volume CO₂ sont liées à l'opération de carbonation et donc directement aux fluctuations de la température de l'eau refroidie.

Pour étudier l'influence de la température de l'eau refroidie sur le volume CO₂, lors de l'étape de carbonation, et afin de déterminer une relation directe entre ces deux paramètres nous procédons à une étude de corrélation pour évaluer la relation entre la température de l'eau refroidie et le volume CO₂.

La corrélation que nous avons établie a été effectuée sur l'échantillon du tableau VI.1. Pour chaque bouteille prélevée nous associons un couple de mesures : le volume CO₂ dans la boisson mesuré à l'aide de l'appareil ZAHN et la température indiquée par le mouchard au niveau du saturateur.

Corrélation (Température-Volume) :)

$$T = 30.265 - 6.607 * V$$

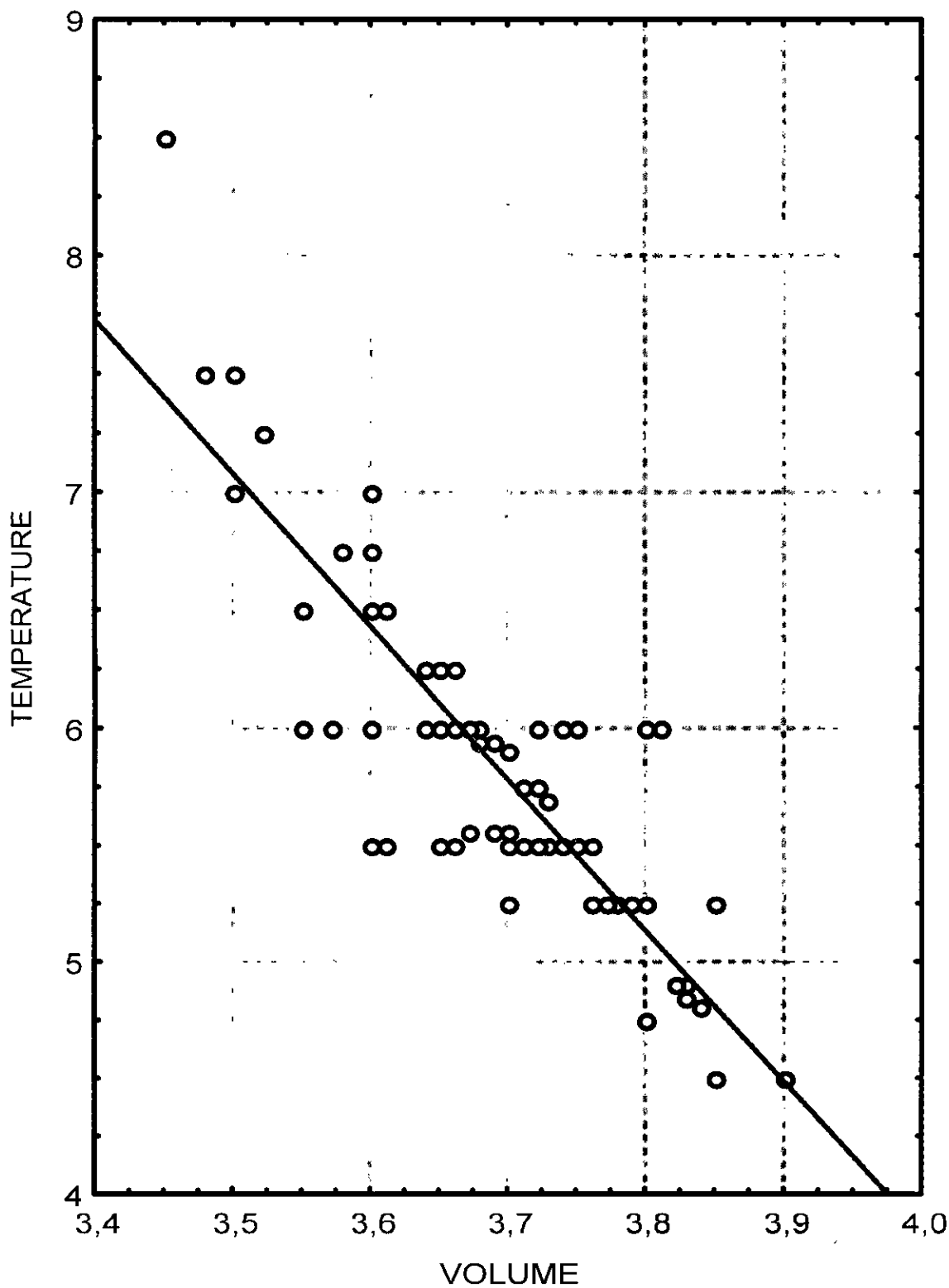


Figure VII.2

Nous constatons que le volume CO2 est inversement proportionnel à la température de l'eau refroidie.

Calcul du coefficient de corrélation :

Le coefficient de corrélation :
$$\rho = \frac{\text{Cov}(\text{volumeCO2}, \text{Température})}{\delta_{\text{volumeCO2}} \cdot \delta_{\text{température}}} = 0.87$$

Avec :

- Cov (volume CO2, température) : Covariance entre le volume CO2 et la température.
- $\delta_{\text{volumeCO2}}$: écart type du volume CO2.
- $\delta_{\text{température}}$: écart type de la température.

Le volume CO2 est fortement corrélé à la température de l'eau refroidie. Nous pouvons conclure que plus la température de l'eau refroidie augmente plus le volume CO2 diminue et vice versa (Figure VII.2).

L'équation de la droite de régression obtenue entre la température de l'eau refroidie et le volume CO2 est la suivante :

$$\text{Température} = 30.265 - 6.607 * \text{volume} + \text{eps}$$

eps : erreur de la corrélation

5- Détermination des plages de fonctionnement optimales de la température :

A partir de l'équation de la droite de régression obtenue, nous pouvons déterminer les plages de fonctionnement optimales de la température de l'eau refroidie sachant celles du volume CO2.

Dans notre cas le produit concerné est Pepsi, les normes imposées par Pepsi Cola International (PCI) sur le volume CO2 sont [3.50-3.80].

Limite inférieure = 3.50

Limite supérieure = 3.80

En remplaçant dans l'équation de la droite de régression, nous déduisons les plages de fonctionnement optimales de la température de l'eau refroidie :

Limite inférieure de la température = 5.25°C

Limite supérieure de la température = 7.20°C

6- Conclusion :

L'étude que nous avons menée montre que la température de l'eau refroidie au niveau du saturateur est un paramètre critique influençant directement le volume CO₂ dans la boisson finie.

Il est indispensable d'agir sur le procédé au niveau du saturateur, en assurant à tout instant le respect des plages de fonctionnement de la température de l'eau refroidie.

Chapitre VIII :

AMELIORATION DE LA CAPABILITE DU PROCEDE

Chapitre VIII : AMELIORATION DE LA CAPABILITE DU PROCEDE

Comme nous avons noté précédemment le volume CO₂ dans la boisson fini est lié directement à la température de l'eau refroidie au niveau du saturateur.

Il est donc indispensable de contrôler la température de l'eau refroidie au moyen du mouchard (Annexe C3) placé au niveau du saturateur.

1- Fluctuation de la température de l'eau refroidie en cours de production :

Pour ce qui est des fluctuations de la température en cours de production, l'opérateur doit être vigilant pour les observer, pour cela il doit procéder aux actions suivantes :

- Vérifier instantanément la valeur de la température affichée par le mouchard.
- Suivre les tendances de la température indiquées par le mouchard par rapport aux limites de contrôle déterminées précédemment qui sont :
Limite supérieure = 7.20°C
Limite inférieure = 5.25 °C
moyenne = 6.22 °C

Les situations qui peuvent se présenter ainsi que les décisions à prendre sur la production sont résumés dans le tableau suivant :

nécessaires afin de stabiliser la température de l'eau réfrigérée dans les normes voulues ($<6^{\circ}\text{C}$).

- L'échangeur de chaleur : dans ce cas l'opérateur doit communiquer le problème au groupe de maintenance chargé de procéder à la maintenance nécessaire de l'échangeur.

2- Mise en œuvre des améliorations :

La mise en œuvre des actions d'amélioration doit être assurée par :

- Les opérateurs qui sont chargés d'un contrôle rigoureux de la température à l'aide des trois moyens : thermomètre, mouchard, pépitre et de communiquer les problèmes dès leurs apparition aux groupes concernés : utilités, maintenance, et laboratoire.
- Le groupe d'utilités chargé de procéder aux actions de réglages nécessaires au niveau du groupe froid afin de stabiliser la température de l'eau réfrigérée ($<6^{\circ}\text{C}$).
- Le groupe de maintenance, chargé du suivi et de l'entretien préventif de l'échangeur (nettoyage, changements des plaques).

Les anomalies qui apparaissent au niveau de l'échangeur sont les déformations des plaques dues à la différence de pression. Ce qui provoque le détachement des joints permettant le passage du sirop vers la partie eau réfrigérée.

L'anomalie au niveau du groupe froid est l'augmentation de la température de l'eau réfrigérée ($> 6^{\circ}\text{C}$) suite aux arrêts des compresseurs probablement dues aux encrassements du sucre causé par le passage du sirop vers la partie eau réfrigérée au niveau de l'échangeur lors du recyclage de l'eau réfrigérée.

Pour étoffer les actions d'amélioration nous proposons de :

- Etablir un programme adéquat de maintenance de l'échangeur (changement fréquent des plaques).
- Etablir un programme adéquat de maintenance du groupe froid (éliminations des encrassements du sucre).

3- Fluctuation de la température de l'eau refroidie après les arrêts:

Les fluctuations de la température de l'eau refroidie apparaissent aussi dans les intervalles de production après les arrêts.

3-1- Causes des fluctuations:

Les fluctuations de la température de l'eau refroidie après les arrêts s'expliquent par :

- L'augmentation de la température de l'eau au niveau du saturateur pendant l'arrêt ce qui engendre des échappements du CO₂.
- L'arrêt des compresseurs au niveau du groupe froid, s'effectue lorsque la température de l'eau refroidie atteint 0°C et redémarre après une durée d'arrêt de 6 mn, lors des arrêts machines, il arrive que les compresseurs soient à l'état d'arrêt, l'eau réfrigérée ne circulant plus dans le système subit une augmentation de la température, ceci engendre une augmentation de la température de l'eau refroidie au niveau du saturateur défavorisant la carbonation au redémarrage des machines, ceci induit une chute de volume CO₂ (volume bas hors normes).
- La durée de l'arrêt, même courte, coïncide parfois avec le fonctionnement des compresseurs, la circulation de l'eau réfrigérée n'étant pas interrompue entraîne un refroidissement important (<6°C) de l'eau présente au niveau de l'échangeur. La diminution de la température de l'eau refroidie engendre une sursaturation (volume élevé hors normes).

Il est à noter aussi que la température de la boisson fini au niveau de la cuve de récolte ainsi au niveau de la cloche augmente pendant l'arrêt de la chaîne de production ce qui également provoque l'échappement du CO₂.

3-2- Actions à mener:

Pour remédier à ce problème, un contrôle rigoureux de la température de l'eau refroidie s'impose.

Pour cela nous proposons certaines actions correctives qui peuvent être mise en œuvre :

- Dans le cas d'un arrêt prolongé, il serait opportun d'étudier la possibilité de drainer le saturateur, la cuve de récolte, ainsi que la cloche, de recycler l'eau désaérée jusqu'à ce que la température redevienne nominale, en plus du mouchard, en utilisant les thermomètres à la sortie et à l'entrée de l'échangeur comme moyen de contrôle de la température de l'eau refroidie.
- Dans le cas d'arrêt court, il est fortement recommandé de :
 - Vérifier la température à la sortie de l'échangeur.
 - Renforcer les contrôles au niveau du laboratoire juste au démarrage de la chaîne, si le problème persiste, il faut immédiatement arrêter la chaîne et avertir la SOGEQUIP (groupe d'utilités).

La nécessité d'application des actions précédentes est justifiée par le taux élevé de non conformes à cause de volume CO₂ (8.23%) et surtout la difficulté de faire un tri à 100% (cadence de production très élevée et difficulté de mesure) des bouteilles produites dans les intervalles de production après redémarrage, ce qui pose un risque de passage de bouteilles non conformes. Le drainage du saturateur permet d'éviter les pertes importantes en sirop et il y aura uniquement perte du CO₂ (eau carbonatée).

4- Suggestions :

Pour remédier à ces problèmes nous émettons les suggestions suivantes :

- Formation et sensibilisation des opérateurs sur les problèmes existants et les actions à mener après l'apparition des problèmes.
- Renouvellement des thermomètres, afin d'assurer la fiabilité des mesures et faciliter le contrôle de la température.
- Etalonnage de l'analyseur brix-CO₂ pour permettre son utilisation comme un autre indicateur de pilotage du procédé.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La prise en charge du facteur "contrôle de qualité en cours de fabrication " dans ABC PEPSI est une donnée incontournable pour l'amélioration de la productivité et la réduction des pertes.

Le diagnostic que nous avons mené à ABC PEPSI nous a révélé que la ligne SIDEL verre présente un taux de non conformes élevé. La cause majeur de non conformité est le volume CO2 hors tolérances. Sur lesquels c'est orienté nos efforts d'amélioration.

Le calcul des indicateurs de capabilité du procédé de la ligne SIDEL verre sur la période janvier,fevrier et mars 2001, pour le cas de la boisson PEPSI, nous a permis de conclure que le procédé est non capable ($C_p=0.57 \ll 1.33$) et engendre un taux de non conforme élevé (8.23%). Ces indicateurs sont indispensables à l'entreprise, et leur évaluation doit être effectuée d'une manière régulière afin de suivre les performances du processus (amélioration ou détérioration).

Dans notre étude approfondie du processus, nous avons identifier toutes les causes probables qui influent d'une manière directe sur le volume CO2. Nous constatons ainsi que la température de l'eau refroidie au niveau du saturateur est un facteur déterminant. Nous avons ensuite procédé à la corrélation de la température de l'eau refroidie au niveau du saturateur et le volume CO2 afin de déterminer les plages de fonctionnement de cette température. Et montrer ainsi qu'une meilleure exploitation du mouchard indiquant la température de l'eau refroidie situé au niveau du saturateur, permet d'anticiper la production de boisson non conforme.

Nous avons constaté aussi des variations de la température de l'eau refroidie dans les intervalles de production après les arrêts. Pour remédier à ce problème une série d'actions de maintenance doivent être mise en œuvre afin d'améliorer la capabilité du processus, et d'assurer constamment une production de la qualité requise à un taux de perte minimum.

D'autres études pourront éventuellement compléter la notre en élaborant des programmes adéquats de maintenance préventive du groupe

froid et de l'échangeur. Une généralisation de notre travail pour les boissons Mirinda, et 7UP, pourra être effectuée.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Livres :

[CAT, 2000] M.CATTAN

Maîtriser les processus de l'entreprise, les éditions d'organisation
2000.

[DES, 89] A. DESTARDUS

Traitement des eaux, les éditions Dunob 1989.

[DUR, 98] D. DURET

Qualité en production, les éditions d'organisation 1998.

[INAPI, 96] INAPI

Compendium des normes ISO : ISO 9000 management de la qualité,
ISO 1996.

[MIC, 89] G. MICHARD

Equilibres chimiques dans les eaux naturelles, collection science et
technique PUBLISUD, 1989.

[PIL, 96] M. PILLET

Appliquer la maîtrise statistique des procédés (MSP/SPC), les éditions
d'organisation 1996.

[SOU, 96] P. SOUVAY

La statistique outil de la qualité, les éditions AFNOR 1996.

Documents :

[DOC] ABC PEPSI

Documents techniques de ABC PEPSI.

Cours :

[LAM, 99] T.LAMRAOUI

Contrôle statistique de la qualité, Ecole Nationale Polytechnique 1999.

ANNEXES

ANNEXES A

Annexe A1 : Fiche de suivi produit fini (ligne SIDEL verre).

Annexe A2 : Fiche de suivi produit fini (ligne KRONES verre).

Annexe A3 : Fiche de suivi produit fini (ligne SIDEL PET).

Annexe A4 : Fiche de suivi étanchéité.

Annexe A5 : Fiche de suivi produit bloqué.

Annexe A6 : Fiche de suivi préparation du sirop.

ANNEXES B

Annexe B1 : Standards boisson finie (ligne SIDEL verre).

Annexe B2 : Standards boisson finie (ligne SIDEL PET).

Annexe B3 : Standards des contrôles microbiologiques.

Annexe B4 : Standards de préparation du sirop simple.

Annexe B5 : Standards de préparation du sirop fini.

Annexe C

Annexe C1 : Règles de décision pour le pilotage par cartes de contrôle

Annexe C2 : Test de pureté du CO2

Annexe C3 : Mouchard

Annexe C4 : Tableau des données

Annexe A1 : Fiche de suivi produit fini (ligne SIDEL verre)

FICHE DE SUIVIE																			
LIGNE verre																			

Date:

Responsable:

Equipe:

Produit (Pepsi / MO / ML / 7up)
 Numéro de lot sirop
 Emballage (1 L ou 1.5 L)

Brix boisson témoin communiqué par labo

00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00

Brix produit fini (frais) Cible

+0.2
+0.1
-0.1
-0.2

Brix contrôleur mixeur

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Brix inversé produit fini

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Volume CO2 produit fini Cible

+0.2
+0.1
-0.1
-0.2

CO2 contrôleur mixeur

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TA produit fini
 Goût / Odeur / Apparence produit fini
 Niveau de remplissage
 Volume de remplissage
 Présence du code date
 Inspection visuelle
 Capsulage (secure seal test)
 Couple de serrage bouchon
 Présence de matière étrangères
 Étiquetage

Signature du responsable:

Produit approuvé pour l'utilisation: OUI / NON

Revu et signé par le chef de dpt:

Annexe A2 : Fiche de suivi produit fini (ligne KRONES verre)

FICHE DE SUIVIE																			
LIGNE KRONES																			

Date:

Responsable:

Equipe:

Produit (Pepsi / MO / ML / 7up)
 Numéro de lot sirop
 Emballage (1 L ou 1.5 L)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Brix boisson témoin communiqué par labo

00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Brix produit fini (frais) Cible

+0.2
+0.1
-0.1
-0.2

Brix contrôleur mixeur

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Brix inversé produit fini

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Volume CO2 produit fini Cible

+0.2
+0.1
-0.1
-0.2

CO2 contrôleur mixeur

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TA produit fini

Goût / Odeur / Apparence produit fini

Niveau de remplissage

Volume de remplissage

Présence du code date

Inspection visuelle

Capsulage (secure seal test)

Couple de serrage bouchon

Présence de matière étrangères

Etiquetage

Signature du responsable:

Produit approuvé pour l'utilisation: OUI / NON

Revu et signé par le chef de dpt:

Annexe A3 : Fiche de suivi produit fini (ligne SIDEL PET)

FICHE DE SUIVIE																				
LIGNE PET																				

 Date:

 Responsable:

 Equipe:

		00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00
Produit (Pepsi / MO / ML / 7up)																						
Numéro de lot sirop																						
Emballage (1 L ou 1.5 L)																						
Brix boisson témoin communiqué par labo																						
Brix produit fini (frais)	Cible	+0.2																				
		+0.1																				
		-0.1																				
		-0.2																				
Brix contrôleur mixeur																						
Brîx inversé produit fini																						
Volume CO2 produit fini	Cible	+0.2																				
		+0.1																				
		-0.1																				
		-0.2																				
CO2 contrôleur mixeur																						
TA produit fini																						
Goût / Odeur / Apparence produit fini																						
Niveau de remplissage																						
Volume de remplissage																						
Présence du code date																						
Inspection visuelle																						
Capsulage (secure seal test)																						
Couple de serrage bouchon																						
Présence de matière étrangères																						
Etiquetage																						

 Signature du responsable:

 Produit approuvé pour l'utilisation: OUI / NON

 Revu et signé par le chef de dpt:

Annexe A4 : Fiche de suivi de l'étanchéité

Date:

Responsable:

Produit (Pepsi / M.O / M.L / 7 UP) :

Emballage (1 L ou 30 cl) :

	Heure	Numéro de tête	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Equipe :	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
Résultats	1 ^{er} Tour																	
	2 ^{ème} Tour																	
	3 ^{ème} Tour																	
Equipe :	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
	Résultats	1 ^{er} Tour																
		2 ^{ème} Tour																
		3 ^{ème} Tour																
Résultats	1 ^{er} Tour																	
	2 ^{ème} Tour																	
	3 ^{ème} Tour																	

Signature du responsable:

Revu et signé par le chef de Sce

Revu et signé par le chef de Dpt:

Annexe A5: Fiche de suivi produit bloqué

Date:.....

Format : (1L ou 30 cl).....

Equipe:.....

Heure	Raison du blocage	Nbre.de caisses initialement bloquées	Produit	Actions prises	Nbre.de caisses bloquées après action
Total Bloques (Non vendable)					

1- L'équipe Qualité est responsable d'informer l'équipe Production lorsque le produit n'est pas dans les normes et d'identifier les caisses à bloquer (en indiquant l'heure de production de la première bouteille et de la dernière)
 2- L'équipe Production est responsable de s'assurer que les caisses bloquées ne sont transférées au magasin que lorsqu'elles sont marquées et signées (Etiquette rouge "BLOQUE) par le département Qualité.

Responsable ligne
 Chef de département production
 Directeur d'usine

Responsable Qualité ligne
 Chef de service Physico
 Chef de département Qualité.....

Annexe A6 : Fiche de suivi préparation du sirop

FICHE DE SUIVI
PREPARATION DU SIROP

Responsable:	Date:	Equipe:
Heure démarrage préparation:	Heure fin préparation:	

Parfum:

Numéro du lot

Numéro réservoir du stockage

Test	Résultat
Goût / Odeur / Apparence sucre	
Quantité de sucre sirop simple	
Température de dissolution	
Durée de stockage dans cuve de dissolution	
Quantité de Kieselghur	
Quantité de charbon actif (pour 7up)	
Durée de transfert	
Température de transfert	
Température sirop simple après refroidissement	
Goût / Odeur / Apparence du sirop simple	
Couleur sirop simple	
Turbidité sirop simple	
Brix sirop simple	
Volume sirop simple	
Volume sirop fini	
Brix sirop fini (frais)	
Brix inverti boisson témoin (juste après préparation du sirop)	
TA boisson témoin (juste après préparation du sirop)	
Brix frais boisson (juste avant remplissage)	
TA boisson témoin (juste avant le remplissage)	

Unités de concentré utilisées + Num.Lots

Date et heure Début de remplissage

Durée entre fin préparation et début remplissage

Pertes	
Concentre	%
Sucre	%

Remarques

Signature du responsable: _____

Sirop approuve pour l'utilisation: OUI / NON

Revu et signé par le laboratoire: _____

Annexe A6 : Fiche de suivi préparation du sirop
SUIVI PREPARATION

Date:
 Responsable:
 Numéro de lot:

Unité de concentré

--

PREPARATION DU SIROP SIMPLE

Total sucre mis dans la cuve de dissolution

--

Eau initiale

--

Eau rinçage filtre + tuyaux sirop simple

--

Brix sirop simple avant correction

--

Volume sirop simple avant correction

--

Eau correction (rajouter par étapes)

--	--	--	--	--

Brix sirop simple après correction

--	--	--	--	--

Volume sirop simple après correction

--	--	--	--	--

Volume sirop simple après correction

--

NE PAS PASSER AUX ETAPES SUIVANTES AVANT D'AVOIR ATTEINT LE BON VOLUME ET BRUX

PREPARATION DU SIROP FINI

Eau de dissolution Benzoate de Sodium

--

Eau transfert Benzoate de Sodium

--

Eau dissolution Acide Citrique

--

Eau transfert Acide Citrique

--

Eau rinçage fut de parfum

--

Eau transfert parfum

--

Eau dissolution Acide Ascorbic

--

Eau transfert Acide Ascorbic

--

Brix avant corrections

--

Volume avant corrections

--

Eau correction (rajouter par étapes)

--	--	--	--	--

Brix sirop simple après correction

--	--	--	--	--

Volume sirop simple après correction

--	--	--	--	--

VOUS DEVEZ VOUS ASSURER QUE LE BRUX ET LE VOLUME DU SIROP FINI SONT CORRECTES AVANT DE FAIRE LA BOISSON TEMOIN

Annexe B1: STANDARDS BOISSON FINIE (LIGNE SIDEL VERRE)

Test	Standard			
	Pepsi	Mirinda O	Mirinda L	7 up
Brix frais produit fini sur ligne	Brix frais de la boisson témoin préparée au moment du démarrage Limites + ou - 0.1 degrés brix			
Brix inversé produit fini sur ligne	11.3 +/- 0.03	13.5 +/- 0.03	12.0 +/- 0.03	11.5 +/- 0.03
Volume CO2 produit fini	3.65 +/- 0.15	2.8 +/- 0.2	3.0 +/- 0.2	3.1 +/- 0.2
Taux d'acidité produit fini	12.0 +/- 1.0	36.0 +/- 1.0	32.0 +/- 1.0	24.0 +/- 1.0
Goût / Odeur / Apparence	Goût frais / Pas d'odeur particulière / Couleur homogène			
Niveau de remplissage sans bouchon (fill height)	1 Litre	61 mm	30 cl	57.2 mm
Volume de remplissage	1 Litre	100 à 103 cl	30 cl	30 à 31 cl
Présence du code date	Présent sous la forme F: JJ MM HH E: MM AA			
Inspection visuelle	Niveau de remplissage constant / bouteilles propres, pas de liquide à l'extérieur / caisse propre / palette bien formée			
Étanchéité du capsulage (Secure seal test)	Pas de fuite jusqu'à 150 psi Pas d'explosion jusqu'à 175 psi			
Serrage capsulage (Go - No Go)	Passe du côté Go Ne passe pas du côté No Go			
Présence de matières étrangères (Candling)	Pas de présence de matières étrangères			
Étiquetage	Alignement correct / Pas de débordement de colle / Pas de déchirures / Étiquette bien étirée			
Apparence de la soude caustique Laveuse bouteilles	Pas de particules en suspension Couleur : Transparent à blanc, grisâtre Pas de mauvaise odeur			
Présence de soude dans des bouteilles lavées	Pas de présence			
Pourcentage soude caustique laveuse bouteilles	Au moins 3.5%			
Méthylène Bleu	Pas de présence de couleur bleue après rinçage à l'eau			
Inspection bouteilles lavées (mirage vide)	Pas de bouteilles sales / Pas de bouteilles cassées ou fissurées			
Temps de trempage laveuse bouteilles	Au moins 7.5 minutes à 66 degrés			
Pression rinçage + alignement buse + chlore eau rinçage	Régler de façon à assurer qu'il n'y a pas de soude dans les bouteilles lavées et que le test de Méthylène Bleu donne un résultat positif			
Inspection bouteilles pleines (mirage plein)	Pas de bouteilles fissurées / Pas de bouteilles mal ou trop remplies / Pas de bouteilles contenant des particules en suspension.			

Annexe B2: STANDARDS BOISSON FINIE (LIGNE SIDEL PET)

Test	Standard			
	Pepsi	Mirinda O	Mirinda L	7 up
Brix frais produit fini sur ligne	Brix frais de la boisson témoin préparée au moment du démarrage Limites + ou - 0.1 degrés brix			
Brix inversé produit fini sur ligne	11.3 +/- 0.03	13.5 +/- 0.03	12.0 +/- 0.03	11.5 +/- 0.03
Volume CO2 produit fini	4.1 +/- 0.2	3.3 +/- 0.2	3.5 +/- 0.2	3.6 +/- 0.2
Taux d'acidité produit fini	12.0 +/- 1.0	36.0 +/- 1.0	32.0 +/- 1.0	24.0 +/- 1.0
Goût / Odeur / Apparence	Goût frais / Pas d'odeur particulière / Couleur homogène			
Niveau de remplissage sans bouchon (fill height)	1 Litre	40 mm	1.5 Litre	40 mm
Volume de remplissage	1 Litre	100 à 103 cl	1.5 Litre	150 à 154 cl
Présence du code date	Présent sous la forme F: JJ MM HH E: MM AA			
Inspection visuelle	Niveau de remplissage constant / bouteilles propres, pas de liquide à l'extérieur / caisse propre / palette bien formée			
capsulage (Secure seal test)	Pas de fuite jusqu'à 150 psi Pas d'explosion jusqu'à 175 psi			
Couple de desserrage bouchon	Min = 9 inchs/lb Cible : 12 inchs/lb Max = 17 inchs/lb			
Présence de matières étrangères (Candling)	Pas de présence de matières étrangères			
Etiquetage	Alignement correct / Pas de débordement de colle / Pas de déchirures / Etiquette bien étirée			
Conformité de la bouteille soufflée	Voir tests souffleuse			

Annexe B3: STANDARDS DES CONTROLES MICRO-BIOLOGIQUES

SPECIFICATION DU SIROP SIMPLE :

	Maximum	Taille des échantillons
<u>Levures et moisissures:</u>		
- Pas de traitement ou traitement à froid	10 CFU	10 ml
- Traitement à chaud	0 CFU	10 ml

(CFU :colonies formant unité)

SPECIFICATION DU SIROP FINI :

	Maximum	Taille des échantillons
<u>Levures et moisissures:</u>		
Pepsi cola	10 CFU	10 ml
7up , arômes	10 CFU	10 ml
<u>germes totaux:</u>		
Pepsi cola	10 CFU	10 ml
7up , arômes	10 CFU	10 ml

SPECIFICATION DU SUCRE :

	Maximum	Taille des échantillons
Germes totaux	200 CFU	10 mg
Levures et moisissures	10 CFU	10 mg

Annexe B3: STANDARDS DES CONTROLES MICRO-BIOLOGIQUES

SPECIFICATION DE L'EAU:

	Maximum	Taille des échantillons
<u>Eau brute:</u>		
Germes totaux	500 CFU	100 ml
Coliformes	0	100 ml
<u>Eau traitée:</u>		
Germes totaux	500 CFU	100 ml
Coliformes	0	100 ml

SPECIFICATION DE LA PRODUCTION :

	Maximum de levures et moisissures	Maximum de germes totaux	Taille des échantillons
Produit en ligne au démarrage	25 CFU	100 CFU	100 ml
Produit fini du magasin ou du commerce	10 CFU	30 CFU	100 ml
Eau de rinçage de la valve de remplissage (dans la conditionneuse sous pression)	En moyenne < 15 CFU Une valve <50 CFU	-	100 ml

Annexe B3: STANDARDS DES CONTROLES MICRO-BIOLOGIQUES

SPECIFICATION DES EMBALLAGES :

	Maximum levures et moisissures	Maximum de bactéries	Taille des échantillons
Bouteilles/canettes s Lavées/rincés	0 CFU	10 CFU	10 ml
Tanks de transport :	0 CFU	500 CFU	100 ml
Après lavage	0 CFU	20 CFU	écouvillon
Aire/accessoires	0 CFU	100 CFU	100 ml
Tuyauterie de premix	25 CFU		
Tuyauterie de postmix			
Localisation du produit fini	10 CFU	30 CFU	100 ml

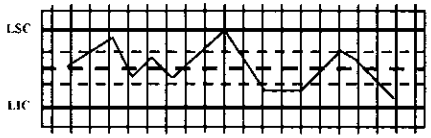

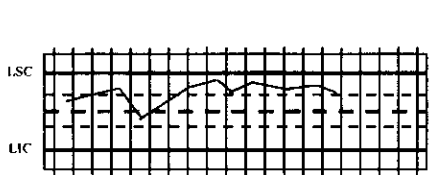
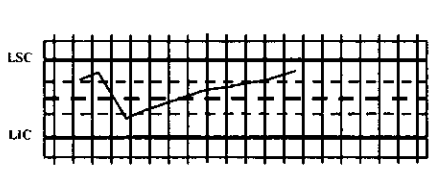
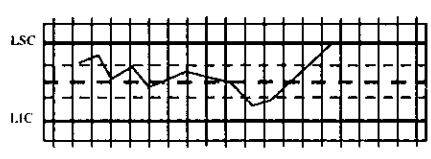
Annexe B4: STANDARDS DE PREPARATION SIROP SIMPLE

Inputs	STANDARDS			
	Pepsi	Mirinda orange	Mirinda lemon	7 UP
Volume total eau	971 L	387.9 L	307.6 L	319.5 L
Quantité de sucre	1132 Kg	450 Kg	399 Kg	382 Kg
Conductivité sucre	< 0.015 %			
Couleur sucre	< 35 ICUMSA			
Turbidité sucre	< 20 ICUMSA			
Goût / odeur / Apparence sucre	Bon / Mauvais			
Température de dissolution	85 °C			
Outputs	Pepsi	Mirinda orange	Mirinda lemon	7 UP
Brix sirop simple	56.4 %	62.4 %	62.8 %	59.8 %
Volume sirop simple	1575 L	550.6 L	483.3 L	499.6 L
Conductivité sirop simple	< 0.015 %			
Couleur sirop simple	< 35 ICUMSA			
Turbidité sirop simple	< 20 ICUMSA			
Goût / Odeur / Apparence	Bon / Mauvais			
Durée de stockage dans la cuve de dissolution	20 mn			
Température de transfert	85 °C			
Température après refroidissement	20 °C			

Annexe B5: STANDARDS DE PREPARATION SIROP FINI

Inputs	STANDARDS			
	Pepsi	Mirinda orange	Mirinda lemon	7 UP
Brix sirop simple	56.4 %	62.4 %	62.8 %	59.8 %
Volume sirop simple	1575 L	550.6 L	483.3 L	499.6 L
Conductivité sirop simple	< 0.015 %			
Couleur sirop simple	< 35 ICUMSA			
Turbidité sirop simple	< 20 ICUMSA			
Goût / Odeur / Apparence	Bon / Mauvais			
Durée de stockage dans la cuve de dissolution	20 mn			
Température de transfert	85 °C			
Température après refroidissement	20 °C			
Outputs	Pepsi	Mirinda orange	Mirinda lemon	7 UP
Brix sirop fini	53.6 %	53.8 %	56.4 %	54.4 %
Volume sirop fini	1703.4L	681.4 L	567.8 L	567.8 %
Brix inversé boisson témoin	11.3 +/- 0.2	13.5 +/- 0.2	12 +/- 0.2	11.5 +/- 0.2
TA boisson témoin (juste après préparation du sirop)	12 +/- 1	36 +/- 1	32 +/- 1	24 +/- 1
TA boisson témoin (juste avant le remplissage)	12 +/- 1	36 +/- 1	32 +/- 1	24 +/- 1
Brix frais boisson témoin (juste avant remplissage)	Cible + / - 0.2			

Annexe C1 : Règles de décision pour le pilotage par cartes de contrôle

Graphique	Description	Décision carte des moyennes	Décision carte des étendues
	<p align="center">Procédé sous contrôle</p> <p>- Les courbes X et R oscillent de chaque côté de la moyenne. - 2/3 des points sont dans le tiers central de la carte.</p>	<p>Production (pas d'intervention)</p>	
	<p align="center">Point hors limite</p> <p>Le dernier point tracé a franchi une limite de contrôle.</p>	<p align="center">Régler le procédé</p> <p>De la valeur de l'écart qui sépare le point de la valeur cible.</p>	<p align="center">Cas limite supérieure</p> <p>- La capacité machine se détériore. Il faut trouver l'origine de cette détérioration et intervenir. - Il y a une erreur de mesure.</p> <p align="center">Cas limite inférieure</p> <p>- La capacité machine s'améliore. - Le système de mesure est bloqué.</p>
	<p align="center">Tendance supérieure ou inférieure</p> <p>7 points consécutifs sont supérieurs ou inférieurs à la moyenne.</p>	<p align="center">Régler le procédé</p> <p>De l'écart moyen qui sépare la tendance à la valeur cible.</p>	<p align="center">Cas limite supérieure</p> <p>- La capacité machine se détériore. Il faut trouver l'origine de cette détérioration et intervenir. - Il y a une erreur de mesure.</p> <p align="center">Cas limite inférieure</p> <p>- La capacité machine s'améliore. Il faut trouver l'origine de cette amélioration pour la maintenir.</p>
	<p align="center">Tendance croissante ou décroissante</p> <p>7 points consécutifs sont en augmentation régulière, ou en diminution régulière.</p>	<p align="center">Régler le procédé</p> <p>Si le dernier point approche les limites de contrôle de l'écart qui sépare le dernier point à la valeur cible.</p>	<p align="center">Cas série croissante</p> <p>- La capacité machine se détériore. Il faut trouver l'origine de cette détérioration et intervenir.</p> <p align="center">Cas série décroissante</p> <p>- La capacité machine s'améliore. Il faut trouver l'origine de cette amélioration pour la maintenir.</p>
	<p align="center">1 point proche des limites</p> <p>Le dernier point tracé se situe dans le 1/6 au bord de la carte de contrôle.</p>	<p align="center">Confirmer</p> <p>En prélevant immédiatement un autre échantillon. Si le point revient dans le tiers central - production. Si le point est également proche des limites ou hors limites, régler de la valeur moyenne des deux points.</p>	<p align="center">Cas limite supérieure</p> <p align="center">Surveiller la capacité</p> <p>Si plusieurs points de la carte sont également proches de la limite supérieure, la capacité se détériore. Il faut trouver l'origine de cette détérioration et intervenir.</p>

Annexe C2 : Test de pureté du CO2

<i>Atlas Bottling Corporation</i> <i>PEPSI COLA Algeria</i>	SECTION : POS PROCEDURE OPERATOIRE STANDARD	Departement QUALITE
Page : ½ Emission n° : 1 Emis le : 20 -09-99 Status : Courant Révision n° : Raison :	<i>Contrôle de la matière première</i> (CO2) <i>Titre</i> Test de Pureté du CO2	CODE PROCEDURE

But : Mesurer d'une manière rapide la pureté du dioxyde de carbone CO2 et ce, afin d'évaluer la qualité de ce gaz.

Principe de l'opération : Ce contrôle simple est basé sur l'absorption du CO2 par la soude caustique (hydroxyde de sodium NaOH, ou de potassium KOH) à 10 %. La quantité de NaOH prévue (100ml) est suffisante pour l'absorption de tout le CO2 contenu dans le bulbe d'échantillonnage. La soude n'absorbe que le CO2, par conséquent les impuretés telles que l'azote N2, les oxydes d'azote NO, NO2 etc... ne seront pas dissous dans NaOH. Quand le testeur est inversé de 90° de sa position initiale, les bulles résiduelles des gaz non absorbés pénètrent dans la burette graduée. La graduation (au-delà de 99%) à laquelle s'est positionné le ménisque de la solution correspond au taux de pureté de l'échantillon de CO2.

Lieu de prélèvement :

1. La cuve de stockage du CO2.
2. Point de prélèvement sur la ligne.

Equipement :

1. Testeur de pureté de Zahm et Nagel (catalogue Terriss, ref : t-03-010)
2. Mano-détendeur permettant de réduire la pression du gaz allant vers le testeur jusqu'à des valeurs inférieures à 10 psi.
3. Flexible (tuyau en caoutchouc).

Réactifs chimiques :

Solution d'hydroxyde de sodium, ou de potassium à 10 %. Renouveler la solution après chaque série de cinq tests de pureté.

Matériel de préparation de solution :

N'utiliser que de la verrerie et du matériel propres et secs.

CONSIGNES DE SECURITE :

La manipulation d'équipement sous pression nécessite beaucoup de prudence. Le CO2 à - 40°C (- 40°F) cause des brûlures sévères s'il y a mauvaise manipulation. La vapeur du CO2 peut altérer sérieusement la peau. Utiliser un équipement de sécurité pour la manipulation de produits chimiques tels que : gants, lunettes, masque etc...

Annexe C2 : Test de pureté du CO2

Procédure :

1. Positionner le testeur à l'horizontale (le bulbe d'échantillonnage du CO2 allongé). S'assurer que la vanne d'échantillonnage du CO2 sur ligne est en position fermée.

2. Connecter la tubulure en verre du testeur de pureté avec la vanne de prélèvement sur ligne par un tuyau en caoutchouc de 18" ou par un tuyau en plastic.

Noter que la pression de sortie du CO2, au niveau de la vanne de prélèvement , doit être réduite à des valeurs inférieures à 10 psi (en amont du testeur de pureté).

3. Ouvrir les deux vannes du testeur de pureté Zahm et Nagel.

4. Ouvrir doucement la vanne d'échantillonnage du CO2 sur ligne, afin d'obtenir un flux de gaz lent et uniforme.

5. Laisser s'échapper le CO2 à travers le testeur de pureté pendant 2 à 3 mn(afin de purger l'appareil et

6. Fermer la vanne de prélèvement sur ligne.

7. Immédiatement après fermeture de cette vanne , fermer les deux vannes du testeur de pureté.

8. Déconnecter le testeur de pureté du tuyau et de la vanne d'échantillonnage.

9. Transférer le testeur de pureté au laboratoire .Placer le en position d'échantillonnage (le bulbe de prélèvement en position allongée). Remplir le réservoir destiné à la soude caustique par du NaOH à 10 % jusqu'au niveau indiqué (100ml).

PORTER DES GANTS ET DES LUNETTES DE PROTECTION DE LABORATOIRE AFIN D'EVITER TOUT CONTACT DE LA SOUDE AVEC LA PEAU OU AVEC LES YEUX. LA SOUDE CAUSTIQUE EST CORROSIVE

10. Ouvrir doucement la vanne du réservoir jusqu'à ouverture complète.

11. Quand la solution de soude a cessé de couler vers le bulbe de prélèvement , agiter doucement le testeur de façon à s'assurer que tout le liquide a été transvasé à 100% de sa capacité au 2eme bulbe.

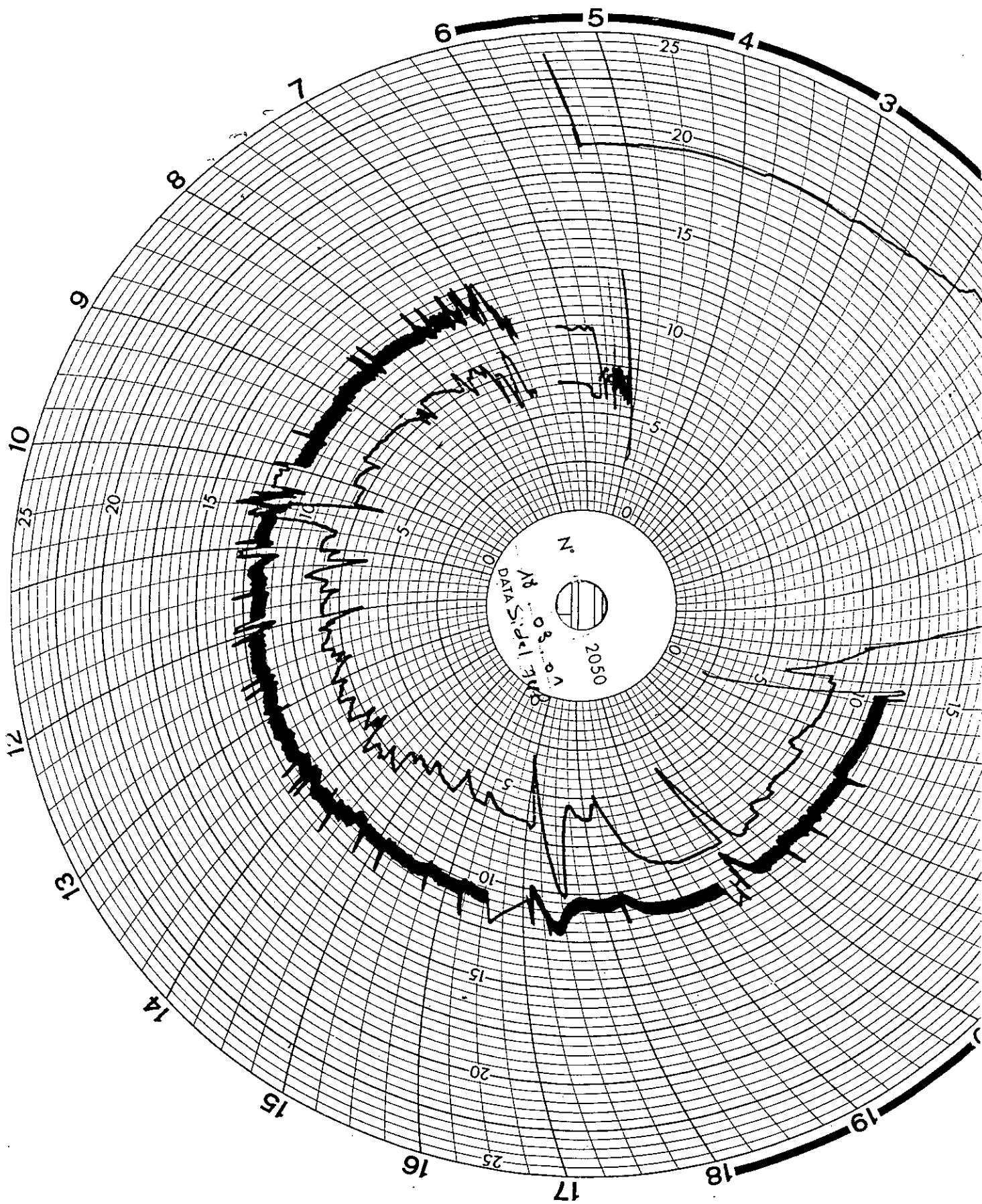
12. Fermer la vanne qui se trouve sous le réservoir de soude caustique.

13 retourner doucement l'appareil de 90° de sa position initiale (voir schéma)

NOTE : Une petite quantité de soude restera dans le réservoir , après l'inversion du testeur de pureté.

14. Lire le pourcentage de pureté sur la portion verticale graduée de l'appareil en faisant correspondre le bas du ménisque à une graduation. Enregistrer la valeur lue .Chaque division est équivalente à 1 / 10 du 1 % de pureté au-dessus de 99%.

Annexe C3 : Mouchard



Annexe C4 : Tableau des données (Ligne PET SIDEL)

Date	Produit	Causes de non conformité	Nombre de bouteilles non conformes	Nombre total de non conformes	Production journalière
08/01/01	Pepsi (1.5 L, 1L)	CO2 élevé Niveau élevé Défaut bouchonnage	600 13 47	660	19914
09/01/01	Pepsi, MO (1.5 L)	Niveau élevé Niveau bas Défaut bouchonnage	1584 6 31	1621	37140
10/01/01	Pepsi (1L)	Niveau élevé Niveau bas Défaut bouchonnage	11 2 144	157	119256
11/01/01	Pepsi (1L)	CO2 élevé Défaut bouchonnage	606 65	671	36468
13/01/01	Pepsi (1L)	Niveau bas Défaut bouchonnage Défaut datage Défaut soufflage	3 47 252 29	331	95112
15/01/01	Pepsi (2L), MO (1L)	Niveau bas Défaut datage Défaut bouchonnage	28 19 47	94	
16/01/01	Pepsi, MO (2L)	Niveau bas CO2 élevé Niveau élevé Défaut bouchonnage	51 222 32 20	325	117612
17/01/01	ML (2L), MO (1L)	CO2 élevé Brix bas Niveau bas Défaut bouchonnage Défaut datage	90 174 25 161 426	876	105546
20/01/01	Pepsi (1L)	CO2 élevé Brix bas Défaut bouchonnage	1608 62 65	1735	73800
21/01/01	Pepsi, MO (1L)	CO2 bas Niveau bas Niveau élevé Défaut bouchonnage	840 1 2 4	847	132360
22/01/01	MO, ML (1L)	Niveau bas Défaut bouchonnage	3 70	73	129390
23/01/01	Pepsi, 7UP (1L)	Niveau bas Défaut bouchonnage	45 70	115	120174
24/01/01	MO, 7UP (1L)	Niveau bas Défaut bouchonnage	11 16	27	150804

10/02/01	Pepsi (1L)	CO2 bas CO2 élevé Niveau élevé Niveau bas Défaut bouchonnage Défaut soufflage	1236 396 9 28 102 53	1824	86400
11/02/01	Pepsi (1.5L)	Niveau élevé Défaut bouchonnage	3 115	118	51804
13/02/01	ML, MO (1.5L)	CO2 élevé Niveau bas Défaut bouchonnage Défaut datage	282 13 94 14	389	76146
14/02/01	Pepsi (1.5L)	CO2 élevé Niveau bas Niveau élevé Défaut bouchonnage	1254 6 23 100	1383	71298
18/02/01	MO (1L)	Brix bas Brix élevé CO2 élevé Défaut bouchonnage	106 84 900 100	1190	120180
19/02/01	Pepsi (1L)	Niveau bas Défaut bouchonnage	6 1	7	133968
20/02/01	ML (1L)	Défaut bouchonnage	121	121	121836
21/02/01	7UP, MO (1L)	Défaut bouchonnage	13	13	89784
26/02/01	ML, Pepsi (2L)	CO2 élevé Défaut bouchonnage	876 31	907	50766
27/02/01	Pepsi (2L)	Défaut bouchonnage Niveau bas Défaut datage	67 3 52	122	49224
28/02/01	MO (2L)	CO2 élevé Niveau bas Défaut bouchonnage	480 8 45	533	73116
10/03/01	Pepsi (1L)	Aucunes	0	0	99480
12/03/01	MO (1L)	Défaut datage	30	30	40782
14/03/01	MO (2L)	Aucunes	0	0	10848
17/03/01	Pepsi (2L)	Aucunes	0	0	107448
18/03/01	MO (2L)	CO2 élevé	720	720	99138
19/03/01	ML, MO (2L)	CO2 élevé Niveau bas Défaut bouchonnage Défaut soufflage	240 11 22 1	274	94536

Annexe C4 : Tableau des données (Ligne KRONES verre)

Date	Produit	Causes de non conformité	Nombre de bouteilles non conformes	Nombre total de non conformes	Production journalière
02/01/01	Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	100 41	141	305244
03/01/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	290 155	445	242400
06/01/01	Pepsi (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	121 126	247	498888
07/01/01	MO (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	248 228	476	402720
08/01/01	MO (RB 100)	Aucunes	0	0	161952
09/01/01	MO, ML (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	218 158	376	311784
10/01/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	345 394	739	160800
13/01/01	Pepsi, MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	508 341	849	260136
14/01/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	100 260	360	272736
15/01/01	MO, ML (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	251 410	661	243672
16/01/01	MO, ML (RB100)	Niveau bas Sans bouchons	87 56	139	235248
17/01/01	Pepsi (RB100)	Niveau bas Sans bouchons	80 90	170	50640
20/01/01	Pepsi (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	47 69	116	351168
21/01/01	Pepsi, MO (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	87 46	133	312480
22/01/01	MO (RB 30)	Aucunes	0	0	80808
24/01/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons Brix élevé	213 525 900	1638	139932
27/01/01	Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	318 518	836	274020
28/01/01	MO (RB 100)	Aucunes	0	0	118992

29/01/01	MO (RB 30)	Niveau bas Sans bouchons	300 438	738	267864
30/01/01	Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	326 135	461	237300
07/03/01	MO, Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	486 291	777	162144
08/03/01	Pepsi, ML (RB 100)	CO2 élevé Niveau bas Sans bouchons	72 409 253	734	232788
10/03/01	Pepsi, ML (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	791 157	948	380076
11/03/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	497 71	568	313560
12/03/01	MO (RB 100)	Brix élevé Niveau bas Sans bouchons	480 216 31	727	202020
13/03/01	Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	323 129	452	426504
14/03/01	Pepsi, ML (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	340 210	550	398076
15/03/01	Pepsi (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	335 160	495	234588
17/03/01	Pepsi, MO (RB 100)	Brix élevé Niveau bas Sans bouchons	36 201 83	320	311676
18/03/01	MO (RB 100)	Niveau bas Sans bouchons	120 80	200	247836

Annexe C4 : Tableau des données (Ligne SIDEL verre)

Date	Produit	Causes de non conformité	Nombre de bouteilles non conformes	Nombre total de non conformes	Production journalière
20/01/01	Pepsi (RB 30)	Niveau bas Niveau élevé Défaut capsulage	48 24 120	192	161832
21/01/01	MO (RB 30)	Niveau bas Défaut capsulage	72 288	360	186288
22/01/01	7UP (RB 30)	Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	120 48 240	408	169368
23/01/01	MO (RB 30)	CO2 élevé Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	312 144 216 216	888	178272
24/01/01	Pepsi (RB 30)	Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	432 264 144	840	163896
27/01/01	Pepsi (RB 30)	CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	504 48 264 48	864	92040
05/02/01	MO (RB 30)	Brix élevé Niveau élevé Défaut capsulage	24 168 312	504	76032
06/02/01	Pepsi (RB 30)	CO2 bas Niveau bas Défaut capsulage	1920 528 528	2976	329016
07/02/01	MO (RB 30)	CO2 bas Niveau bas Défaut capsulage	1920 48 144	2112	148368
10/02/01	Pepsi (RB 30)	CO2 + Brix élevé Brix bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	288 1200 48 96 1416	3048	298608
11/02/01	7UP (RB 30)	Niveau élevé Défaut capsulage	120 3672	3792	331776
12/02/01	Pepsi, ML (RB 30)	CO2 élevé Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	984 168 240 552	1944	220608
13/02/01	MO (RB 30)	CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	360 96 48 480	984	335424

14/02/01	Pepsi (RB 30)	CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	120 1776 144 408	2448	304320
17/02/01	Pepsi (RB 30)	CO2 élevé Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	456 24 48 336	864	282576
18/02/01	Pepsi, MO (RB 30)	Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	192 552 264	1008	292536
19/02/01	ML (RB 30)	Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	48 72 48	168	313152
21/02/01	MO (RB 30)	CO2 bas Brix bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	360 364 216 360 168	1468	269568
24/02/01	Pepsi (RB 30)	Brix bas Niveau élevé Niveau bas CO2 élevé CO2 bas Défaut capsulage	1800 216 432 1800 432 624	5304	251352
25/02/01	7UP (RB 30)	CO2 élevé Brix + CO2 élevé Brix élevé Niveau élevé Défaut capsulage	600 192 528 264 272	2256	205176
26/02/01	7UP, MO (RB30)	CO2 élevé CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	96 792 336 624 168	2016	265536
27/02/01	MO (RB 30)	CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	768 72 624 240	1704	277464
28/02/01	Pepsi (RB 30)	CO2 bas CO2 élevé Niveau bas Niveau élevé Défaut capsulage	240 1728 744 288 312	3312	196056
03/03/01	Pepsi (RB 30)	CO2 élevé Brix élevé Niveau bas	792 696 720	2208	225312
04/03/01	MO(RB 30)	Brix élevé Niveau bas	408 240	648	264000

10/03/01	Pepsi (RB 30)	Brix bas Niveau bas Défaut capsulage	24 576 24	624	341184
13/03/01	ML (RB 30)	Niveau bas Défaut capsulage	648 144	792	329496
14/03/01	Pepsi (RB 30)	CO2 élevé CO2 bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	264 216 48 312 360	1200	190800
17/03/01	Pepsi (RB 30)	CO2 élevé Brix bas Niveau élevé Niveau bas Défaut capsulage	720 480 192 24 48	1464	282384
18/03/01	7UP (RB 30)	CO2 bas Niveau bas Défaut capsulage	456 288 72	816	333144