

## **Contribution à l'optimisation d'un processus de production par le diagramme d'Ishikawa.**

**Rabia AZZEMOU,**

Département d'Informatique, Faculté des Sciences, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran

**Myriam NOUREDDINE**

Département d'Informatique, Faculté des Sciences, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran

**FEKIH Abdelhamid**

Département de Sciences Commerciales, Faculté de Sciences économiques, Sciences de Gestion et Sciences Commerciales, Université d'Oran.

### **Résumé**

Dans un contexte économique exigeant et concurrentiel, l'entreprise est contrainte d'adopter une stratégie en matière de développement pour rester compétitive. Pour atteindre ce but, l'entreprise doit être flexible et réactive qui se traduit par une meilleure gestion de ses processus. L'amélioration de l'efficacité et de l'efficience du processus de production est la préoccupation permanente des dirigeants de toute entreprise. En effet, l'optimisation des processus de production étant un enjeu majeur dans le contexte socio-économique, l'objectif est de proposer un ensemble de mesures visant l'amélioration du processus de production. Dans ce contexte, cet article propose l'optimisation du processus de production de la composante « chaudière » d'une entreprise à l'aide du diagramme d'Ishikawa, et sa validation sur le terrain industriel.

### **CODE JEL: L60**

**Mots clefs :** Processus de production, Optimisation, Diagramme d'Ishikawa, Performance, Qualité.

## ملخص

في طلب بيئة اقتصادية تنافسي، اضطرت المؤسسة الى اعتماد استراتيجية التنمية في المحافظة على القدرة التنافسية. وصول إلى هذا الغرض يجب أن تكون مرنة شركة و رد الفعل الذي هو ترجمة أفضل من إدارة عملياتها. التحسين كفاءة وفاعلية عملية الإنتاج هو مصدر قلق دائم من قادة من أي شركة. وفي الواقع فإن تحسين عمليات الإنتاج حصة كبيرة في هذا السياق الاجتماعي الاقتصادي، هدف من ذلك هو اقتراح مجموعة من التدابير الرامية إلى تحسين عملية الإنتاج. في هذا السياق، هذه المقالة تقترح تحسين عملية إنتاج عنصر من عناصر الغالية شركة طريق مخطط إيشيكوا (Ishikawa)، التحقق من الصحة على أرض الواقع.

**الكلمات المفتاحية:** تحسن الجودة - إيشيكوا (Ishikawa) - الإنتاج

### Abstract:

In an unstable context characterized by the turbulence of markets and the competitive pressures, the firm is forced to adopt a strategy in development to remain competitive. To reach this purpose, the company must be flexible and reactive and it passes by a better management of its processes. The improvement of the efficiency and the efficiency of the process of production is the permanent preoccupation of the leaders of any firm. Indeed, the optimization of the processes of production being a major stake in the socioeconomic context, the objective is to propose a set of measures aiming at the improvement of the process of production. In this context, this article proposes the optimization of the process of production of the constituent "boiler" of a firm by means of the diagram of Ishikawa, and its validation on the industrial ground.

**Keywords:** process of production, Optimization, Diagram of Ishikawa, Performance, Quality.

## 1. INTRODUCTION

Dans le but de placer l'entreprise dans une dynamique de progrès continu et compte tenu de l'actuelle vision de la gestion industrielle visant l'optimisation de la qualité, des coûts, des délais et de la productivité, l'entreprise doit se convaincre de la nécessité pressante d'optimiser ses facteurs de compétitivité. En effet, l'environnement économique dans lequel évolue l'entreprise a connu des changements majeurs qui imposent une redéfinition de la stratégie industrielle. Les contraintes provenant d'un environnement en pleine évolution imposent de nouveaux objectifs à l'entreprise. Un temps de réponse plus court à tous les niveaux (client, conception de nouveaux produits), un coût de revient plus bas, un meilleur service au client et une qualité parfaite.

L'adoption du principe de la gestion de qualité totale (Total Quality Management) est prise par l'ensemble des entreprises (Goque, 2006). Ce principe concerne surtout à gérer et à assurer la qualité des produits (c'est-à-dire, la conformité de ces produits à leurs spécifications) tout au long du processus de la production. L'objectif est de produire des produits de qualité parfaite (sans défauts) et s'assurer de sa conformité sans avoir à la tester.

Dans ce contexte, l'objectif de cet article concerne l'amélioration du processus de production du complexe GL2Z qui consiste à transformer le gaz naturel depuis son arrivée des champs gazifières en produits finis (gaz naturel liquéfié, propane, butane et gazoline) et en gaz de charge.

Notre approche consiste à proposer un ensemble de mesures visant l'optimisation du composant chaudière intervenant dans ce processus de production.

Dans une deuxième section, nous présentons la définition du processus de production, ses caractéristiques, la démarche et les outils d'optimisation d'un processus de production. La troisième section applique la démarche sur le composant chaudière du processus de production du complexe GL2Z, basée sur le diagramme d'Ishikawa. Le résultat final permet d'avoir les actions d'optimisation à mettre en œuvre afin d'améliorer ce processus de production.

## **2. PROCESSUS DE PRODUCTION**

### **2.1 Définition d'un processus**

La Norme ISO 9001:2000 (ISO, 2000) définit le processus comme une suite ordonnée d'actions destinée à produire un résultat. C'est un ensemble d'activités qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie. « Ensemble d'activités reliées entre elles par des flux d'information significatifs (ou de matière porteuse d'information : le flux des produits dans l'usine est un flux de matière, mais cette matière est porteuse d'information), et qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel important et bien défini » (Grua, 2003). Il peut comprendre des activités réalisées par différents services, différentes entités (Lorino, 2003). Ce caractère transversal, supposant de nombreuses interfaces, est souvent un des points cruciaux de l'amélioration du service ou du produit fourni aux bénéficiaires.

La norme FD X 50-176 (AFNOR, 2003) distingue quatre types de processus :

- Le processus de réalisation ou processus opérationnel, qui contribue directement à la réalisation du produit, depuis la détection du besoin jusqu'à l'évaluation de la satisfaction client. La donnée de sortie est le produit ou service.
- Le processus de management ou processus de pilotage. C'est le processus qui permet de conduire l'organisme, d'améliorer les dispositifs mis en œuvre, de vérifier la cohérence des décisions prises vis-à-vis des objectifs poursuivis, d'anticiper l'environnement. La donnée de sortie est la décision.
- Le processus support ou processus de soutien. Il contribue à la disponibilité des moyens nécessaires aux processus de réalisation. La donnée de sortie est la ressource.
- Le processus de mesure ou processus d'évaluation. Il apporte la preuve du comportement des autres processus, quantifie l'écart entre les résultats obtenus et les objectifs préalablement définis, les moyens consommés par rapport aux moyens programmés. La donnée de sortie est la mesure.

### **2.2 Caractéristiques d'un processus de production**

Le processus de production implique la mise en œuvre d'équipements et de personnels. La bonne conception du processus de fabrication a une influence sur

les coûts et la qualité des produits livrés aux clients. Chaque processus est caractérisé par : (Cattan et al. 2008)

- Des éléments entrants : des éléments qui provoquent la réalisation du processus.
- Des éléments de sortie : résultat du processus.
- Des ressources : des moyens qui doivent être attribués au processus
- Le contrôle : amélioration du processus.

## 2.3 Optimisation du processus de production

### 2.3.1 Définition et étapes de l'optimisation du processus de production

L'optimisation des processus consiste à améliorer les façons de faire de chacun des processus de l'entreprise (Herrou et al, 2005). C'est l'ensemble des techniques et processus utilisés afin d'améliorer le rendement des lignes de production. Elle permet ainsi de minimiser les délais de production, de réduire les encours, etc. en mettant en place une organisation et des procédures visant à éliminer les phénomènes qui peuvent conduire à produire de la mauvaise qualité. L'optimisation peut se faire par une analyse comparative (benchmarking) des processus entre organisations ou par une analyse diagnostique de la performance des processus de l'organisation. Cela permettra à cette dernière d'évaluer ses résultats et de faire le point sur les éléments susceptibles d'être améliorés et sur les innovations qui pourraient être apportées.

L'optimisation passe par trois étapes :

- **Première étape** : Formalisation du processus

La première étape représente la base des étapes suivantes. L'objectif de cette étape est de bien comprendre les objectifs poursuivis.

- **Deuxième étape** : Modélisation du processus

La modélisation fait apparaître les dysfonctionnements basée sur l'établissement de relations de cause à effet. Il faut identifier les défaillances qui vont constituer la base de l'analyse qualitative du fonctionnement du processus. Au cours de cette étape, l'ensemble des acteurs concernés participent à la collecte de l'information. Des questionnaires et des entretiens sont utilisés pour compléter l'information.

- **Troisième étape** : Développement et implantation des solutions

Cette étape permet de capitaliser l'expérience pour améliorer aussi bien les processus que les systèmes et leurs interactions, elle consiste à implanter les

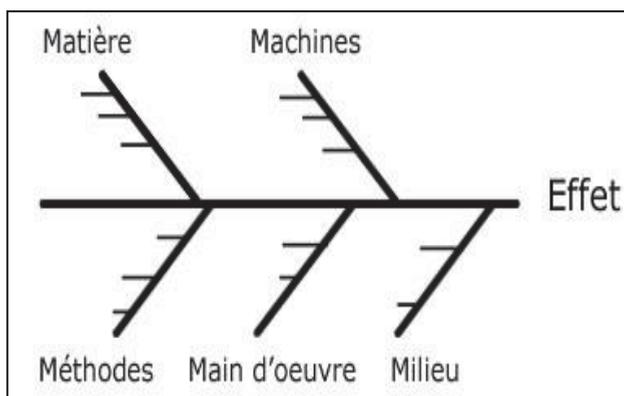
solutions qui corrigeront la situation actuelle et à préciser les changements pour optimiser les processus et les rendre plus efficaces et plus efficaces.

### 2.3.2 Outils pour l'optimisation de processus

L'amélioration ou la reconfiguration des processus peuvent être obtenus en utilisant des méthodes et outils de la qualité. Ces derniers permettent de clarifier le problème, de rechercher la ou les causes à l'origine du problème, de rechercher la ou les solutions possibles pour éliminer la ou les causes à l'origine du problème et de mesurer l'efficacité des actions entreprises.

Les outils de la qualité (Ishikawa, 2007) représentent les moyens pratiques qui vont servir à résoudre les dysfonctionnements de l'organisation. La mise en œuvre d'une démarche qualité nécessite ces outils qui seront adaptés en fonction des problèmes identifiés dans l'entreprise. Parmi ces nombreux outils (diagramme de Pareto, méthode des 5S, l'AMDEC, etc.) nous utilisons le diagramme d'Ishikawa car il permet de rechercher les causes d'un problème et un outil de communication pour expliquer un phénomène.

C'est un diagramme (Figure 1) qui est synthétique, très facile à comprendre et peut être un excellent outil pour représenter et communiquer une stratégie. Dans ce modèle, le premier élément du diagramme est une flèche centrale correspondant à l'effet majeur recherché (objectifs majeurs). Les causes (objectifs principaux) engendrant cet effet sont présentées sous forme de flèches dirigées vers l'axe central. La flèche indiquant la cause est à son tour considérée comme un effet à obtenir, et les causes (sous-objectifs) induisant cet effet sont représentées par des flèches dirigées vers cette flèche de cause/effet, etc.



**Figure 1: Diagramme d'Ishikawa**

### **3. Processus de production étudié**

Le processus de production étudié est dédié à la liquéfaction du gaz dans le Complexe GL2/Z qui a pour principal objectif la liquéfaction du gaz naturel à partir des champs gazifères de HASSI R'MEL avec la capacité d'extraction du propane, du butane et de la gazoline.

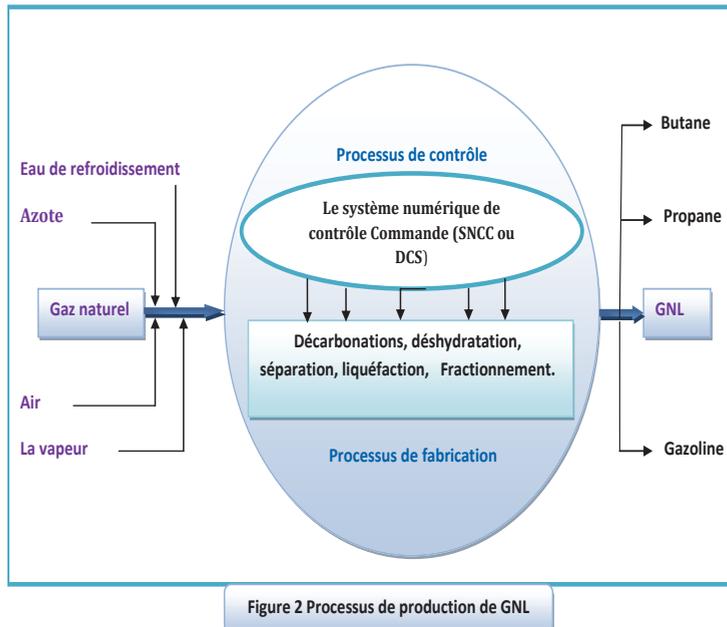
#### **3.1 Description du complexe GL2/Z**

Le complexe est constitué de trois (03) zones essentielles et distinctes (Azzemou, 2011):

- Zone des utilités : Production de l'énergie électrique, vapeur, eau dessalée, azote et eau de refroidissement.
- Zone de procédés : Cette zone est composée essentiellement de six (06) trains de liquéfaction identiques.
- Zone de stockage et de chargement : Cette zone a pour rôle le stockage du gaz naturel (trois bacs de 1000m<sup>3</sup> chacun), de la gazoline (deux bacs d'une capacité de 14500m<sup>3</sup> chacun) ainsi que le chargement des produits (GNL, GAZOLINE) vers les quais de chargements M4, M5, M6.

#### **3.2 Le processus de production de GNL2Z**

Le processus de production dans le complexe de GNL2 (Figure 2) est une suite d'étapes (Azzemou et Nouredine, 2011) qui transforment la matière première (Gaz Naturel -GN-) depuis son arrivée des champs gazifères de HASSI R'MEL jusqu'à l'obtention des produits finis (Gaz Naturel Liquéfié -GNL-, Propane, Butane et Gazoline) et le Gaz de charge pour l'unité Hélios.



### 3.2.1 Les caractéristiques du processus de production

Suivant le principe décrit dans la figure 2, le processus de production (liquéfaction) est caractérisé par :

- Les éléments entrants (matière première) : Le gaz naturel provenant des champs gaziers de Hassi R'Mel.
- Les éléments de sortie : GNL, Propane, Butane, Gazoline
- Les ressources : La vapeur produite par la chaudière, énergie électrique, azote, eau de refroidissement, Eau dessalée.
- Le pilotage : Le contrôle et la régulation de toutes les étapes de liquéfaction du gaz naturel est assuré par le système numérique de contrôle commande (SNCC ou DCS).

### 3.2.2 Description du processus de production

Le Complexe GNL2Z comporte six trains de fabrication identiques qui fonctionnent en parallèle. Le fonctionnement des six trains du complexe GNL2Z nécessite de disposer d'une source d'énergie. La vapeur comme source principale (les compresseurs sont entraînés par les turbines à vapeur) et l'électricité produite elle même par la vapeur.

La chaudière est le mécanisme qui produit cette vapeur dont le coût de maintenance est en nette augmentation. Cependant, la chaudière connaît des pannes récurrentes, à titre indicatif, le coût de maintenance a atteint 1 578 697 732 MDA en 1989. Pour corriger ces distorsions, il faut faire en sorte que les pannes ne se produisent plus. Il faut donc analyser la situation et découvrir l'origine des incidents qui augmentent le coût de maintenance. Parmi les techniques courantes, le diagramme d'Ishikawa permet de rechercher les causes de problèmes de qualité. L'efficacité de ce diagramme repose sur deux points : Il aide à simplifier un problème complexe et il facilite le travail en groupe en orientant les pistes de recherche tout en évitant de négliger certains facteurs importants.

### **3.3 La composante « Chaudière»**

#### 3.3.1 Description

Dans l'industrie, on utilise les chaudières pour produire de la vapeur qui est nécessaire au fonctionnement des procédés. La vapeur est produite par un ensemble de 18 chaudières pour les 6 trains (soit 3 chaudières par train) capables chacune de produire 136 T/H de vapeur à 62 bars 440° C. Cette vapeur va alimenter plusieurs types d'équipements :

- Un compresseur propane.
- Deux compresseurs MCR.
- Un compresseur gaz procédé pour alimentation chaudières.
- Des réchauffeurs et rebouilleurs où la vapeur se condense.

#### 3.3.2 Caractéristiques de la chaudière

L'optimisation du processus de production consistant en la transformation du Gaz Naturel (GN) en Gaz Naturel Liquéfié (GNL, Propane, Butane et Gazoline) et Gaz de charge pour l'unité Hélios passe par un mécanisme qui produit de la vapeur nécessaire au fonctionnement des procédés. Il s'agit de la chaudière qui se caractérise par un ballon supérieur et un ballon inférieur reliés entre eux par des tubes revêtant la chambre de combustion. La chaudière est alimentée en eau par des pompes grâce à un économiseur qui réchauffe l'eau d'alimentation à 109° C et 65bars. Par convection, l'eau circule à travers les deux ballons superposés, le ballon supérieur ou ballon vapeur sépare l'eau de la vapeur qui s'est formé dans les tubes.

La vapeur est reprise au sommet du ballon supérieur et surchauffée à 445° C. A la sortie, la vapeur passe à travers un désurchauffeur qui ramène la température de vapeur à 440° C. Chaque chaudière est équipée de deux brûleurs alimentés d'une part en gaz (ou en gazoline) par le réseau de gaz combustible, d'autre part en air dont l'alimentation est assurée par un turbo ventilateur. Chacun des paramètres de la chaudière doivent être contrôlés pour assurer le bon fonctionnement et le rendement maximal de la chaudière. Ce contrôle est effectué par des instruments de transmission, d'indication et de régulation, renforcé pour plus de sécurité par des switches pour donner l'alarme soit pour provoquer des déclenchements.

Le processus de production de la composante « chaudière » est caractérisé par :

- Des éléments entrants (matière première) : Gaz, Ignition (Air de combustion), Eau
- Des éléments de sortie : La chaudière produit 136t/h de vapeur à 62 bars et 440°C.
- Les ressources : Air de combustion, Gaz.
- Le pilotage : Le contrôle et la régulation de toutes les chaudières du complexe sont assurées par le système numérique de contrôle commande (SNCC ou DCS).

### **3.4 Optimisation du composant « Chaudière»**

Nous appliquons les trois étapes d'optimisation au composant chaudière, en utilisant le diagramme d'Ishikawa pour identifier les défaillances de la chaudière.

#### **3.4.1 Formalisation du processus**

Cette étape consiste à former un groupe de travail, et de bien comprendre les objectifs poursuivis. La production de vapeur est nécessaire pour assurer le fonctionnement des trains de liquéfaction. Les objectifs d'optimiser la composante « chaudière » sont :

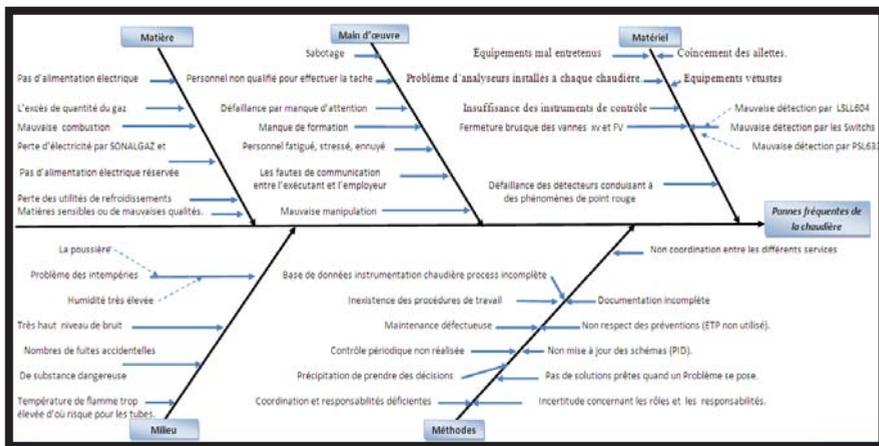
- Optimiser le processus de production
- Éviter l'arrêt des machines et donc l'interruption de la production.
- Éviter l'arrêt prolongé de la chaudière qui va pousser cette dernière à travailler à pleine charge « marche poussée » pour rattraper le manque de production.

### 3.4.2 Identification des défaillances par le diagramme d'Ishikawa

Dans la démarche que nous proposons, nous avons adopté le diagramme d'Ishikawa pour modéliser la composante « chaudière » du processus de production depuis l'entrée des matières premières (Air, Gaz, Ignition) jusqu'à l'obtention du produit fini (vapeur).

Dans notre étude de cas, le problème identifié est les pannes fréquentes de la chaudière. Nous avons recensé les causes potentielles en familles en utilisant la règle des 5M (Matière, Main d'œuvre, Machines, Méthodes, Milieu).

Le diagramme montre une vision des défauts générant des pannes fréquentes. Par exemple, dans la famille « main d'œuvre », la cause d'une panne de la chaudière peut être des fautes de communication entre l'exécutant et l'employeur.



**Figure 3: Le diagramme d'Ishikawa pour les pannes fréquentes de la chaudière**

### 3.4.3 Développement et implantation des solutions

Après identification des familles de causes du problème posé « pannes fréquentes de la chaudière » nous avons analysé chaque branche du diagramme de façon à cerner toutes les causes possibles de défauts. Pour agir efficacement sur les causes les plus importantes, nous proposons une solution informatique (Azzemou et Noureddine 2011) qui consiste à présenter une solution pour chaque cause. Il s'agit de construire une base de données qui servira au service de maintenance pour les futures interventions.

La base de données contient l'ensemble des solutions aux causes identifiées des pannes de la chaudière. Par exemple, la solution (Figure 4) au problème de la main d'œuvre est « vérifier et maintenir le système de communication dans un état sûr ».



**Figure 4: Résultat des solutions d'un problème.**

## CONCLUSION.

L'objet de cet article est de proposer l'amélioration du processus de production du complexe GL2Z qui consiste à transformer le gaz naturel depuis son arrivée des champs gazifières en produits finis (gaz naturel liquéfié, propane, butane et gazoline) et en gaz de charge. L'approche adoptée met l'accent sur les quatre étapes de l'optimisation basée sur la fiabilité de la composante « chaudière » du processus de production. On a pu localiser les entités critiques puis dégager un plan d'optimisation optimal.

La méthode présentée permet non seulement de fournir un plan d'amélioration optimale mais aussi de remonter aux causes initiales des pannes fréquentes de la chaudière en utilisant le retour d'expérience des opérateurs, à travers la mise en place d'une base de données. Ce qui permet en fin de compte de mieux maîtriser les causes, leurs effets et leurs détections. En effet la démarche a pour finalité de cibler d'une manière efficace les actions d'optimisation à mettre en œuvre et ce type d'analyse permet d'assurer un bon niveau de rendement des équipements. En outre elle a l'avantage de suivre la performance de processus de production grâce

au retour d'expérience qu'on a capitalisé. La construction d'une base de données servira comme retour d'expérience pour les opérateurs de maintenance pour les futures interventions et constitue une capitalisation d'analyse et d'expérience pour l'entreprise

## BIBLIOGRAPHIE :

1. AFNOR Fascicule de documentation "Management de processus", référence FD X 50-116, Paris : AFNOR, 2003.
2. Azzemou, R., Noureddine, M. Optimisation d'un processus de production : composant « chaudière » d'une entreprise de gaz, Colloque international CADEM11 : de la Coordination des Acteurs pour un Développement Durable des Territoires Euro-méditerranéens, Bejaia '2011', 16 – 18 mai 2011.
3. Cattan, M., Idrissi, N., Knockaert, P. Maîtriser les processus de l'entreprise. Paris, Editions d'organisation, 2008.
4. Goque, J.M., Qualité totale et plus encore : Le management de la qualité en question. Paris, L'Harmattan, 2006.
5. Grua, H., La Production par les flux : configurer les processus industriels autour des besoins clients. Paris, Dunod, 2003.
6. Herniaux, G., Noye, D., Organiser et améliorer les processus : Introduction à la méthode EFPRO, Paris : INSEP Editions, 1996.
7. Herrou, B., El Ghorba, M. Démarche d'optimisation du plan d'action maintenance, étude de cas d'une PME marocaine, 4<sup>ème</sup> Conférence Internationale Conception et Production Intégrées CPI'2005, 17 pages, Casablanca (Maroc), 20-22 octobre 2005.
8. Ishikawa, K., La gestion de la qualité : Outils et applications pratiques, Dunod, Paris, 2007.
9. Lorino, Philippe. Méthodes et pratiques de la performance. 3<sup>ème</sup> édition. Paris : Editions d'Organisation, 2003.
10. Norme internationale ISO 9001 : 2000, « Systèmes de management de la qualité : Exigences » - décembre 2000.