

## **Impact de la Réduction des Déchets Industriels sur le Développement Durable**

**Bounazef D\*<sup>1,2</sup>, Chabani S<sup>3</sup>, Idir A<sup>3</sup>, Nouiri A<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Agence Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et du Développement Technologique,  
El Madania, Alger, Algérie*

<sup>2</sup> *Doctorante, Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Ben Aknoun, Alger, Algérie*

<sup>3</sup> *Enseignant-Chercheur, Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Ben Aknoun, Alger, Algérie*

\* [Djida.bounazef@gmail.com](mailto:Djida.bounazef@gmail.com)

### **Résumé**

Ce papier a pour objectif de montrer l'impact de la réduction des déchets industriels sur le développement durable. La réduction des déchets industriels est aujourd'hui au centre des préoccupations de la gouvernance des états et des entreprises, car entraînant la perte de performance des systèmes de production. Ces déchets sont une source néfaste sur le déséquilibre de l'environnement et de la biodiversité.

Cette étude est faite sur une entreprise algérienne à but lucratif à travers l'analyse de la réduction des déchets sur aussi bien son développement économique, ainsi que sa contribution dans le développement durable et la réduction de la pollution. La méthode utilisée dans l'élaboration de cette étude est le Six Sigma.

Les résultats de cette étude par l'application de la méthode Six Sigma montrent que dans le but d'un traitement écologique rationnel et la réduction des déchets industriels dans l'entreprise ont été possibles grâce à la réutilisation par le recyclage et le broyage des produits finis non-conformes entraînant par conséquent la protection de l'environnement, la diminution de la nocivité des produits rebutés, ainsi que la réduction des risques liés à la santé.

Mots-clés : Déchets industriels, biodiversité, recyclage, méthode DMAIC.

## 1. INTRODUCTION

Les nouvelles tendances et exigences exprimées par les parties prenantes envers les entreprises illustrent bien l'importance accordée à la citoyenneté d'une organisation. Cette responsabilité s'exprime dans la capacité de jouer un rôle actif dans le développement durable qui englobe aussi bien un développement économique, un développement social et qu'un développement écologique. Comme le monde industriel a une relation de cause à effet sur la protection de la biodiversité et sur les conséquences néfastes liées à la pollution, l'entreprise doit donc jouer un rôle important dans la diminution de son impact vis-à-vis de son environnement écologique. Cette action se fait à travers une consommation rationnelle des ressources naturelles et d'une réduction optimale des déchets industriels.

## 2. EMERGENCE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable s'inscrit au cœur même de l'amélioration des performances des entreprises industrielles. Son émergence s'est faite avec l'évolution des tendances du marché à travers la multiplicité de l'offre et de la demande qui complexifient de plus en plus le marché [1] (C. Parra, 2011). Le développement durable exprime une volonté d'une entreprise à s'inscrire dans une démarche de durabilité visant à jouer un rôle important dans le développement économique, social et humain et dans l'écodéveloppement. Il permet d'atteindre une bonne gouvernance et son importance s'accroît avec le développement théorique de la responsabilité sociétale qui est passée par trois courants depuis 1950 [2] (H. Aadi, and B. John, 2011).

### 2.1. Théorie du développement durable

La théorie du développement durable met en accent une triple indépendance entre le domaine, le temps et l'espace [3] (I. Querne, P. Widloecher, 2009). Elle a un rapport au temps sur le long terme et suppose les changements de l'environnement [4] (K. Whitelaw, 2004); elle exprime ces changements par de l'incertitude et de l'irréversibilité.

### 2.2. Écodéveloppement et changement sociétal

Étant une composante fondamentale du développement durable, l'écodéveloppement joue un rôle radical dans la préservation des ressources naturelles sur une échelle spatio-temporelle [5] (M. Bernardo, M. Casadesus, and S. Karapetrovic, 2009). Ce concept est développé par Sachs en 1980, selon ses propos : « *l'écodéveloppement est un développement des populations par elles-mêmes, utilisant au mieux les ressources naturelles, s'adaptant à un environnement qu'elles transforment sans le détruire* » [6] (R. Salomone, 2008). Cette citation montre l'importance accordée entre la volonté de préserver les ressources naturelles et la nécessité de créer une culture sociétale de responsabilité. Celle-ci est faite à travers la réduction de la consommation du papier, de l'eau, de l'énergie et de toute ressource naturelle, mais aussi de la réduction des déchets industriels dégagés lors des processus de production.

## 3. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT EN ALGERIE

Dans le but de promouvoir le développement durable, l'Algérie donne une importance à la protection des espèces animales, aux marchandises polluantes, aux conditions du traitement des déchets, à la protection des travailleurs contre les risques d'hygiène et de santé, au développement durable du territoire, à la gestion des réserves naturelles, à l'impact environnemental, au transport des matières dangereuses, à la pollution des eaux, et à l'émission des gaz atmosphériques et des bruits.

### 3.1. Présentation des déchets industriels selon la loi algérienne

Selon l'article 89 de la loi n°83-03 du février 1983 relative à la protection de l'environnement : « *Est un déchet au sens de la présente loi, tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* ». Cet article montre bien que le déchet industriel peut exister

sous plusieurs formes au sein de l'entreprise. Le déchet industriel est néfaste pour l'environnement car il produit des effets nocifs sur la flore et le sol, il dégrade la biodiversité en polluant l'air, des sites et des eaux ; il engendre des bruits ou odeurs et porte atteinte à la santé et sécurité non seulement de l'homme mais aussi de son environnement. Les frais de l'engendrement des déchets industriels sont portés à la charge de l'industriel, qui est tenu de les éliminer de telle sorte à réduire leur nocivité.

#### 4. ROLE DU SIX SIGMA DANS LA REDUCTION DES DECHETS INDUSTRIELS

Comme le déchet industriel est une source de nuisance pour l'entreprise qui non seulement lui fait subir des charges financières dans son élimination (recyclage), et qui en plus nuit à la santé de l'homme et de la biodiversité [7] (K. Whitelaw, 2004), l'entreprise doit donc mettre en place des systèmes de contrôle veillant à réduire sa fréquence d'apparition. C'est dans ce sens que la méthode six sigma joue un rôle central dans l'élimination des déchets industriels. La méthode six sigma est une méthode statistique et managériale permettant d'optimiser un développement durable au sein des processus de production, dont l'élimination des déchets industriels. Le six sigma a pour finalité d'atteindre une qualité du processus égalant 99,99966%, ce qui revient à faire réduire le taux de déchets industriels à 0,00034% [8] (A. Courtois, A. Pillet and C. Martin-Bonnefous, 2003).

Cette démarche s'emploie en cinq étapes qui sont Définir le problème, Mesurer les paramètres, les Analyser, proposer des Améliorations, et finalement les Contrôler. Créée par Motorola en 1986, la méthode six sigma ou DMAIC emploie un ensemble d'outils statistiques et managériales lors de chacune de ses étapes permettant ainsi de pérenniser les actions à long terme et d'atteindre un développement durable [9] (W. Bentley, and T.D. Peter, 2010). Cette méthode s'emploie dans un système de management intégré, ce qui la rend compatible avec les objectifs et les exigences de la norme ISO 14001 visant à gérer les problèmes écologiques [10] (R. Holdsworth, 2003).

#### 5. ANALYSE DES CAUSES DE DECHETS INDUSTRIELS PAR LA METHODE SIX SIGMA

L'étude de cas traite le problème d'apparition du déchet industriel sur un processus de production continue ; elle suit les cinq étapes de la méthode six sigma.

##### 5.1. Définir le problème d'apparition du déchet industriel

Le problème connu par l'entreprise concerne les outputs du processus de production continue. En effet un taux de déchet industriel est enregistré sur les différentes lignes de production lors de chaque arrêt machine. Même si le taux de déchet n'est que de 2,845% (figure 01) le coût du déchet industriel est estimé à 137840 DA pour l'entreprise. Le but est donc d'analyser l'ensemble des facteurs causant l'apparition du déchet dans le but de réduire la fréquence d'arrêt machine, de réduire le taux de déchet et d'atteindre un développement durable.

##### 5.2. Mesure des paramètres causant le déchet industriel

Durant l'étape de mesure des paramètres, la loi statistique de Gauss est utilisée comme outil principal de la maîtrise statistique des procédés.

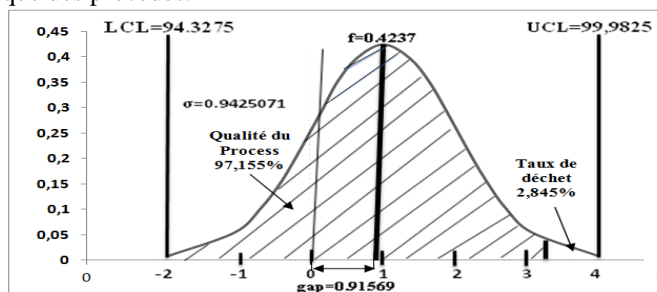


Figure 01 : Courbe de Gauss représentative du processus de production

La formulation statistique de la qualité du processus de production générant 2,845% de déchets industriels est illustrée dans la figure 1. Celle-ci représente le processus de production avec l'impact qu'a le taux de déchet sur son niveau de qualité. La courbe de distribution de la loi normale illustre la qualité d'un processus de 6σ, l'étendu de la surface de la courbe de -2 à 4 montre que le procédé est décentralisé de 0,91569 ; cela est causé par le taux de déchet industriel de 2,845% (relatif à 28500 défauts par millions d'opportunités DPMO). La figure illustre l'ensemble des paramètres de la loi normale qui sont calculés comme illustrés dans le tableau 01.

**Tableau 01 : Calcul des paramètres de la loi normale pour un taux de déchet de 2,845%**

Nomination des paramètres	Formulation des équations	Résultats trouvés
Qualité sigma (Yield)	$Z = 0,8406 + \sqrt{29,37 \cdot \ln(DPMO)}$	3,403311
Écart type	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - m)^2}{n}}$	0,9425
Fréquence	$f = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$	0,4237
Zone de tolérance	$[LCL-UCL] = [Cible - 3\sigma ; Cible + 3\sigma]$	[94,3275 ; 99,9825]

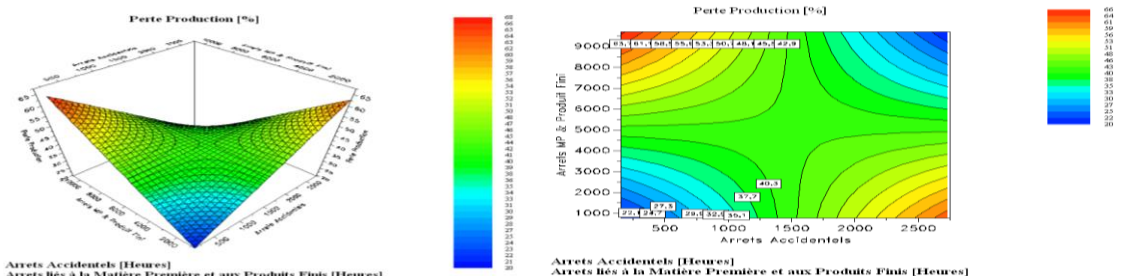
Le tableau 01 montre que pour un taux de déchet de 28500 DPMO et une qualité moyenne du processus de 97,155%, la qualité sigma est égale à  $z = 3,403311\sigma$ . De ce fait, la valeur de l'écart type et de la fréquence sont de 0,9425 et 0,4237. En prenant la moyenne comme cible, la zone de tolérance des cartes de contrôles est située entre 94,3275% (Less Limit Control) et 99,9825% (Upper Limit Control).

### 5.3. Analyse des paramètres générant l'apparition du déchet industriel

Pour l'analyse des paramètres qui sont à l'origine de la création du déchet industriel, il faut analyser pour cela les raisons qui provoquent l'arrêt machine. Car rappelons-le, comme il s'agit d'un système de production continue, chaque arrêt machine provoque systématiquement du déchet. Une modélisation mathématique et statistique par la méthode des plans d'expériences est élaborée. Il s'agit en effet de construire une matrice d'expériences non conventionnelle de la génération du déchet. L'étude est faite sur l'ensemble des lignes de production, les résultats trouvés montrent qu'il y a trois paramètres à l'origine de la création de déchet, qui sont :  $x_1$  les arrêts accidentels,  $x_2$  les arrêts liés à la maintenance et à la gestion du personnel, et  $x_3$  les arrêts liés aux problèmes de matières premières et de produits finis. L'interaction des trois paramètres donne un résultat Y qui représente le déchet industriel [11] (J. Goupy, 2006). Les résultats du plan d'expériences donnent un modèle polynomial avec sept coefficients liés aux paramètres formant ainsi une série de monômes :

$$Y = 39,6463 + 9,16817x_1 + 1,7352x_2 + 3,02482x_3 + 1,79223x_1x_2 - 10,5843x_1x_3 - 2,59833x_2x_3 \quad (1)$$

En donnant à  $x_2$  une valeur moyenne de 877,54 heures d'arrêts machines, les variations de  $x_1$  et de  $x_3$  donnent la surface de réponse et les courbes iso réponse suivantes :



**Figure 02 : Surface de réponse et courbe iso réponse pour une valeur moyenne de  $x_2$**

Les représentations graphiques de la figure 02 montrent une augmentation proportionnelle entre la fréquence d'arrêt machine  $x_1$  et  $x_3$  et le taux de déchet. Cela déduit qu'il existe des problèmes internes qui sont à l'origine de la création de déchet. En effet l'entreprise souffre d'une mauvaise gestion des commandes, des problèmes de suivi des programmes de maintenance préventive et d'un manque de coordination entre les contrôleurs qualité et les contrôleurs du processus de production.

#### 5.4. Amélioration des résultats du processus de production visant à éliminer le déchet

Dans le but de réduire puis d'éliminer l'apparition des déchets, l'entreprise doit sensibiliser les agents aux valeurs du développement durable, enrichir les bases de données et limiter le nombre de changements de programme à trois par jour. Il est nécessaire aussi d'améliorer la capabilité des machines et de réduire le délai de disponibilité des produits.

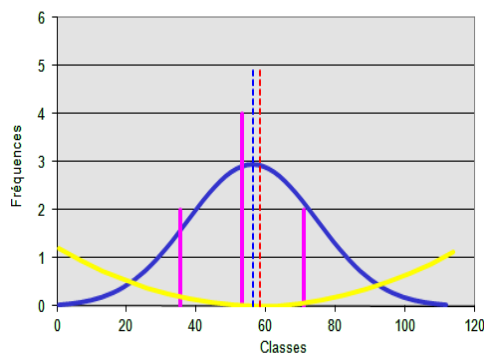
**Tableau 02 : Expérimentation de la réduction de déchet sur la qualité du processus**

Qualité Sigma	Qualité du processus	Taux de déchet	Perte en matière [Kg]
3,403311 (actuel)	97,155	2,845	533153
3,9	99,18	0,82	153668
4,4	99,813	0,185	35048,8
4,9	99,966	0,034	6371,6
5,4	99,9952	0,0048	899,52
6	99,99966	0,00034	67,316

Le tableau 02 montre que pour un taux de déchet de 2,845%, l'entreprise perd annuellement 533153 kg de matière. En appliquant des actions d'amélioration, elle peut atteindre une amélioration nette de  $0,5 \sigma$  tous les deux ans. Au bout de dix ans elle fera baisser son taux de déchet à 0,00034% et sa perte de matière à 67kg. Cela lui fera réduire ses coûts financiers liés à l'élimination du déchet dégagé.

#### 5.5. Contrôle de l'évolution des résultats

Afin de contrôler l'évolution des résultats, des tableaux de bord doivent être mis en place visant à faire améliorer la performance des lignes de production. L'écart existant entre 97,155% et 99,99966% représente une perte financière que l'entreprise doit couvrir dans le traitement des déchets industriels.



**Figure 03 : Fonction de perte de Taguchi exprimant l'impact de la création de déchet**

La figure 03 montre l'écart existant entre 97,155% (moyenne actuelle) et 99,99966% (cible à atteindre). Pour atteindre la cible, l'entreprise doit améliorer ses performances de 56,775% à 58,03% afin de faire baisser les frais liés au broyage de 137840 à 16 DA par année.

## 6. DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ETUDE

L'étude de cas montre que la génération de déchets industriels est due à des limites dans l'organisation de l'entreprise. En plus de son besoin à s'inscrire dans une démarche de développement durable, il est toutefois dans son intérêt de lutter contre l'apparition de déchets car cela représente une source de perte sèche pour les actionnaires. En effet la gestion, le contrôle mais aussi l'élimination des déchets reposent sur plusieurs principes. Premièrement, il s'agit de sensibiliser et de réduire la production des déchets durant les différentes étapes de production. Deuxièmement, l'étape suivante consiste à couvrir les frais de la collecte, du transport et du traitement des déchets à travers les opérations de broyage qui sont faites soit à l'intérieur de l'entreprise ou soit par des partenaires industriels. Dans le but de préserver la biodiversité une valorisation des déchets est faite par leur réemploi ou recyclage dans d'autres systèmes de production visant à créer des matériaux réutilisables.

D'autres frais sont à la charge de l'entreprise comme le traitement écologique rationnel des déchets et les coûts liés à la sensibilisation des citoyens de l'impact des déchets sur la santé publique et sur l'environnement. L'entreprise doit donc en plus de subir la perte de matière dans sa production, elle doit prendre en charge des frais de valorisation, de stockage et d'élimination radicale des déchets.

## 7. CONCLUSION

Ce papier montre que la réduction des déchets industriels est avant tout un moyen de faire face aux frais liés à leur élimination. En effet, l'apparition de déchets freine l'entreprise dans son développement économique cela veut dire dans sa rentabilité, sa performance et sa position concurrentielle vis-à-vis de la concurrence. Ses déchets lui font valoir une mauvaise image de marque la profanant comme entreprise polluante auprès de la société, mais aussi l'empêche de mettre en place des actions de durabilité visant à protéger la biodiversité. La conclusion de ce travail va dans le sens que la réduction des déchets industriels va dans l'intérêt général et aide à atteindre un développement durable incluant les valeurs économiques, sociales et écologiques.

## 8. REFERENCE

### Livres

- [2] Aadi, H. and John, B., 2011. Hygiene and Safety at Work, Rabat : Office of Professional Training and Work Promotion.
- [3] Querne, I., Widloecher, P., 2009. Le guide du développement durable en entreprise, Paris : Eyrolles.
- [4] Perez, M, Lamour, S., 2010. Mon petit manuel : Développement durable, Paris : Auzou.
- [7] Whitelaw, K., 2004. ISO 14001 : Environmental systems handbook, 2<sup>nd</sup> Ed. London : Elsevier.
- [8] Courtois, A., Pillet, A. and Martin-Bonnefous, C., 2003. Production management - From just-in-time to lean management and Six Sigma, 4th ed. Paris : Editions d'Organisation.
- [9] Bentley, W. and Peter, T.D., 2010. Lean Six Sigma Secrets for the CIO, Boca Raton : Taylor & Francis Group.

### Journaux

- [1] Parra, C., 2011, La nature de la durabilité sociale : vers une lecture socioculturelle du développement territorial durable, Journal du Développement Durable et Territoire [en ligne], 2(2), mis en ligne le 26 mai 2011, consulté le 24 février 2012. <http://developpementdurable.revues.org/8970>
- [5] Bernardo, M., Casadesus, M. and Karapetrovic, S., 2009. How Integrated are environmental, quality and other standardised management systems ? An empirical study, Journal of Cleaner Production, 5(17), 742-750.
- [6] Salomone, R., 2008, Integrated management systems : experiences in Italian Organisations, Journal of Cleaner Production, Ed. Elsevier, November, , 11(16), 1786 – 1805.
- [10] Holdsworth, R., 2003. Practical applications approach to design, development and implementation of an integrated management system, Journal of Hazardous Materials, 11(104), 193-205.
- [11] Goupy, J., 2006. Design of Experiments, Journal Modulad, 6(34), 74-116.