

# L'effet de l'application du processus Lean Six Sigma au sein des PME environnementales marocaines

## The Impact of Implementing the Lean Six Sigma Process within Moroccan Environmental SMEs

*Zuhair el attaoui*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> laboratoire d'économie et de gestion des organisations  
Université Ibn Tofail, Maroc.

**Résumé.** Lean Six Sigma est une approche de gestion utilisée pour améliorer l'efficacité, la qualité et la performance des processus au sein des entreprises. Appliqué aux entreprises environnementales au Maroc, Lean Six Sigma peut apporter plusieurs avantages significatifs. Le Lean Six Sigma vise à éliminer le gaspillage, les inefficacités et les processus non essentiels. En l'appliquant aux entreprises environnementales marocaines, il est possible d'optimiser les opérations, d'améliorer la productivité et de réduire les coûts. Cela peut contribuer à une utilisation plus efficace des ressources et à une meilleure gestion des projets. Les entreprises environnementales ont pour mission première de minimiser leur impact sur l'environnement. L'application de la méthode Lean Six Sigma peut les aider à identifier les sources de pollution, à réduire les déchets, à améliorer l'efficacité énergétique et à promouvoir des pratiques durables. Cela contribue à renforcer leur crédibilité environnementale et à répondre aux attentes des parties prenantes. Lean Six Sigma met l'accent sur la satisfaction du client et la qualité du produit ou du service. En intégrant cette approche, les entreprises environnementales marocaines peuvent améliorer leurs processus de production, éliminer les défauts et les erreurs et fournir des produits et des services de meilleure qualité à leurs clients. Cela peut favoriser la fidélisation des clients et accroître leur compétitivité sur le marché. L'application de Lean Six Sigma au sein des entreprises environnementales au Maroc peut apporter des avantages significatifs, tels que l'amélioration de l'efficacité opérationnelle, la réduction des impacts environnementaux, l'amélioration de la qualité des produits et services, le renforcement de la culture de l'amélioration continue et le développement des compétences des employés. C'est le cas que nous avons traité dans cet article afin de mesurer l'impact de la mise en place de la démarche Lean Six Sigma au sein des PME environnementales marocaines. En adoptant cette approche, les entreprises environnementales marocaines peuvent renforcer leur compétitivité, leur durabilité environnementale et leur capacité à répondre aux attentes des parties prenantes.

**Abstract.** Lean Six Sigma is a management approach used to enhance efficiency, quality, and performance within businesses. When applied to Moroccan environmental enterprises, Lean Six Sigma can offer several significant advantages. Its core aim is to eliminate waste, inefficiencies, and non-essential processes. By implementing it in Moroccan environmental businesses, operations can be optimized, productivity can be improved, and costs can be reduced. This leads to a more efficient use of resources and better project management. Environmental companies have a primary mission to minimize their impact on the environment. Applying the Lean Six Sigma method can help them identify sources of pollution, reduce waste, improve energy efficiency, and promote sustainable practices. This strengthens their environmental credibility and meets the expectations of stakeholders. Lean Six Sigma emphasizes customer satisfaction and product or service quality. By integrating this approach, Moroccan environmental companies can enhance their production processes, eliminate defects and errors, and provide higher quality products and services to their customers. This fosters customer loyalty and increases their competitiveness in the market. The application of Lean Six Sigma within Moroccan environmental companies can yield significant benefits, such as improving operational efficiency, reducing environmental impacts, enhancing product and service quality, fostering a culture of continuous improvement, and developing employee skills. This article discusses a case study that measures the impact of implementing the Lean Six Sigma approach within Moroccan environmental SMEs. By adopting this approach, Moroccan environmental businesses can strengthen their competitiveness, environmental sustainability, and ability to meet stakeholders' expectations.

**Mots-clés :** Lean management, développement durable, Lean six sigma, entreprises environnementales, gaspillages, efficacité, efficience., réchauffement climatique.

## 1 INTRODUCTION :

Lean Six Sigma est une approche visant à combiner les avantages de la méthode Lean Management et de Six Sigma. Elles s'appuient essentiellement sur le principe de l'élimination des gaspillages (Lean management) et l'amélioration continue des produits (six sigma). L'objectif est d'obtenir la meilleure qualité au moindre coût possible et avec minimum de gaspillage de ressources, afin de dynamiser les systèmes de management de la qualité et d'intégrer l'approche processus satisfaction client.

En l'appliquant aux PME environnementales marocaines, il est possible d'optimiser les opérations, de réduire les coûts, d'améliorer la productivité et de maximiser l'utilisation des ressources disponibles. L'objectif principal des PME environnementales est de réduire l'impact négatif sur l'environnement. La mise en œuvre de Lean Six Sigma peut aider à identifier les sources de pollution, à minimiser les déchets, à améliorer l'efficacité énergétique et à promouvoir des pratiques durables. Cela contribue à renforcer leur environnement écologique et à répondre aux exigences réglementaires. Lean Six Sigma met l'accent sur la satisfaction du client et la qualité des produits ou des services. En intégrant

cette approche, les PME environnementales marocaines peuvent améliorer leurs processus de production, éliminer les défauts et les erreurs et fournir des produits et des services de meilleure qualité à leurs clients. Cela peut favoriser la fidélisation des clients et accroître la compétitivité sur le marché. Dans cet article, nous tenterons de mesurer l'impact de la mise en œuvre du processus Lean Six Sigma au sein des PME environnementales marocaines, en tenant compte des données disponibles.

## **2 LE LEAN SIX SIGMA AU SERVICE DU MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL :**

Dans un environnement caractérisé par l'incertitude et dirigé par ceux qui ont le pouvoir d'innover et de s'adapter continuellement à leur environnement changeant, les entreprises cherchent de nouvelles façons d'augmenter leur productivité et la qualité de leurs produits tout en réduisant les coûts pour atteindre la satisfaction des parties prenantes. Les entreprises industrielles sont constamment confrontées à de nombreux défis, tels que l'évolution des exigences des clients (délais de livraison plus courts, meilleure qualité des produits), l'intensification de la concurrence, la perte de parts de marché, la crise financière et la récession (1). Avec l'intensification de la concurrence, les entreprises de production doivent contrôler et améliorer les performances de tous leurs processus afin de garantir leur durabilité et leur compétitivité (2). D'autre part, le coût élevé des ressources énergétiques et les défis de la protection de l'environnement impliquent la lutte contre tous les types de gaspillage. Lean Six Sigma favorise une culture d'amélioration continue au sein des organisations (3). En encourageant la participation et l'engagement des employés, il peut stimuler l'innovation, la créativité et l'implication à tous les niveaux de l'entreprise. Cela permet aux PME environnementales marocaines de s'adapter plus rapidement aux changements du marché et de rester compétitives. La mise en œuvre de Lean Six Sigma nécessite une formation spécifique pour les employés (4). Cette formation peut contribuer à développer les compétences en matière de résolution de problèmes, d'analyse de données et de gestion des projets. Ces compétences accrues peuvent être bénéfiques à la fois pour les employés et pour l'entreprise, en favorisant le développement professionnel et en améliorant les performances globales de l'organisation. Il est donc recommandé de mettre en place des outils et des approches en matière d'amélioration continue pour atteindre l'excellence opérationnelle comme l'approche Lean-Six Sigma qui combine l'augmentation de la vitesse des processus et l'amélioration de la qualité des produits (5). Elles reposent essentiellement sur le principe de l'élimination des gaspillages (Lean management) et de l'amélioration continue des produits (six sigma). L'objectif est d'obtenir la meilleure qualité au moindre coût et avec un minimum de gaspillage des ressources, afin de renforcer les systèmes de gestion de la qualité et d'intégrer l'approche du processus de satisfaction du client (6).

Pour atteindre ces objectifs, la méthode Lean Six Sigma est devenue un nouvel outil de gestion dans les grandes entreprises industrielles internationales. L'approche Lean Six Sigma est une combinaison de deux concepts : Lean et Six Sigma (7).

Le Lean est basé sur l'éradication systématique du gaspillage, de la variabilité et de l'inflexibilité. Elle part essentiellement de l'idée que pour améliorer les performances, les pertes doivent être comprises et éliminées sans relâche, c'est la chasse au gaspillage. La production allégée est surnommée Lean car elle utilise l'effort humain nécessaire, l'espace nécessaire, l'investissement nécessaire et l'outillage (8).

La gestion allégée utilise un ensemble d'outils et de philosophies qui ont un impact positif sur la qualité et la productivité et réduisent les coûts de fabrication (9), notamment la cartographie de la chaîne de valeur (VSM), le juste-à-temps (JIT), Kanban, Jiduka, entre autres. La méthode LM a été largement appliquée par de grandes entreprises pour améliorer leurs performances, notamment en réduisant les déchets et les coûts, en améliorant la satisfaction des clients et en renforçant l'efficacité des processus (10). Bien que la méthode Lean ait prouvé sa capacité et son soutien à l'optimisation des processus et à la performance opérationnelle en éliminant le gaspillage et en améliorant les processus quotidiens, elle ne prend pas en compte l'analyse de la variabilité des processus et les causes des défauts couvertes par la méthodologie LSS (11). Il s'agit d'une philosophie d'amélioration de la qualité basée sur des faits et des données. Cette méthode a été développée par Motorola, aux États-Unis, à la fin des années 1980. Son application lui a permis d'économiser plus de deux milliards de dollars sur une période de quatre ans (12).

La méthode Six Sigma offre la possibilité de s'assurer que le processus est contrôlé statistiquement, générant un minimum de défauts avec un niveau de qualité acceptable pour le client, elle permet une mesure statistique de la performance des processus qui permet de déterminer avec une grande précision la qualité des produits ou du service (13).

### **3 LES PME ENVIRONNEMENTALES AU MAROC :**

Les PME environnementales au Maroc jouent un rôle important dans la promotion du développement durable, la protection de l'environnement et la gestion des ressources naturelles. Les PME environnementales opèrent dans divers secteurs liés à l'environnement, telles que la gestion des déchets, les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, la gestion de l'eau, la préservation de la biodiversité, la restauration des écosystèmes, la pollution de l'air, etc. Elles contribuent ainsi à résoudre les problèmes environnementaux tout en créant des opportunités économiques (14). Les PME environnementales marocaines jouent un rôle clé dans la transition vers une économie verte et durable. Elles encouragent l'utilisation de technologies propres, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la conservation des ressources naturelles et la promotion de pratiques commerciales responsables. Elles contribuent également à la création d'emplois verts et au développement local. Le Maroc dispose d'un cadre réglementaire qui encourage le développement des PME environnementales. Les PME environnementales (petites et moyennes entreprises) au Maroc jouent un rôle crucial dans la promotion du développement durable, la résolution des problèmes environnementaux et la contribution à l'économie verte du pays (15). Les PME environnementales sont des entreprises qui opèrent dans des secteurs liés à la protection de l'environnement, à la conservation et à la gestion durable des ressources. Ces secteurs comprennent notamment les énergies renouvelables, la gestion des déchets, le traitement de l'eau, l'écotourisme, la construction écologique, l'agriculture durable et le conseil en environnement. Les PME environnementales au Maroc contribuent activement à la protection de l'environnement en offrant des produits, des services et des solutions qui minimisent les impacts négatifs et favorisent la durabilité. Par exemple, les entreprises d'énergie renouvelable fournissent des alternatives d'énergie propre, les entreprises de gestion des déchets mettent en œuvre des mesures de recyclage et de réduction des déchets, et les entreprises d'écotourisme se concentrent sur les pratiques de tourisme durable. Les PME environnementales contribuent à la création d'emplois et à la croissance économique au Maroc. Elles offrent des possibilités d'emploi, en particulier dans les zones rurales et périurbaines, où sont basées de nombreuses activités respectueuses de l'environnement. Ces entreprises attirent également les investissements, encouragent l'innovation et favorisent le

transfert de technologie respectueuses de l'environnement. Le gouvernement marocain a reconnu l'importance des PME environnementales et a mis en œuvre des politiques et des initiatives pour soutenir leur croissance. Cela comprend des incitations financières, des allègements fiscaux, l'accès au financement, des programmes de renforcement des capacités et la création d'agences et d'institutions dédiées à la promotion de l'entrepreneuriat vert. Malgré ces contributions significatives, les PME environnementales au Maroc sont confrontées à divers défis. Il s'agit notamment de l'accès limité au financement, des coûts initiaux élevés des technologies vertes, de la complexité des réglementations, de l'inadéquation des infrastructures et de la demande limitée du marché pour les produits et services durables. Pour surmonter ces difficultés, il faut un soutien continu du gouvernement, une collaboration accrue et le développement d'un écosystème favorable à l'entrepreneuriat vert. Les PME environnementales au Maroc s'engagent activement dans des collaborations et des partenariats internationaux. Ces collaborations facilitent l'échange de connaissances, le transfert de technologies et l'accès au marché. En outre, la participation à des conférences, expositions et réseaux internationaux contribue à accroître la visibilité des PME environnementales marocaines et à créer des opportunités commerciales. Les PME environnementales marocaines jouent un rôle essentiel dans la résolution des problèmes environnementaux, la promotion du développement durable et la contribution à l'économie verte du pays. Grâce à leurs approches innovantes, elles contribuent à la création d'emplois, à la croissance économique et à la préservation des ressources naturelles du Maroc. Il est essentiel de soutenir et d'encourager ces entreprises pour atteindre les objectifs de durabilité à long terme et passer à une économie plus verte et plus résiliente. Des politiques, des incitations fiscales et des mécanismes de soutien sont en place pour promouvoir l'investissement et l'innovation dans les secteurs environnementaux. Cela crée un environnement favorable à l'émergence et à la croissance de ces entreprises (16). Les PME environnementales au Maroc sont confrontées à divers défis, tels que l'accès au financement, la disponibilité des compétences techniques, la sensibilisation du public, les contraintes réglementaires et administratives, ainsi que la concurrence sur le marché. Cependant, elles bénéficient également d'opportunités, notamment le fort potentiel de croissance des secteurs environnementaux, les partenariats avec des acteurs locaux et internationaux, et l'intérêt croissant pour les solutions durables. Le gouvernement marocain, en collaboration avec des institutions nationales et internationales, met en place des programmes de soutien et d'assistance pour les PME environnementales. Ces programmes comprennent des initiatives de financement, des formations spécialisées, des conseils en gestion, des plateformes de mise en réseau et des programmes d'incubation. Ces mesures visent à renforcer les capacités des PME environnementales et à promouvoir leur croissance et leur compétitivité. Les PME environnementales au Maroc sont donc des acteurs clés dans la transition vers le développement durable, contribuant à la protection de l'environnement, à la création d'emplois verts et à la croissance économique. Leur développement et leur soutien continu sont essentiels pour atteindre les objectifs nationaux et internationaux en matière de durabilité environnementale.

#### **4 MATÉRIAUX ET MÉTHODES**

La mise en œuvre de l'approche Lean six sigma dans une PME environnementale marocaine réfute l'idée qu'il s'agit d'un processus réservé aux grandes entreprises et montrerait aux autres qu'il est réalisable avec les moyens dont ils disposent. À cette fin, les PME investiront dans le projet de mise en œuvre du processus Lean six sigma, ce qui leur

permettraient d'adopter l'excellence opérationnelle, qui est devenue une exigence des clients.

Le problème que nous essayons de résoudre dans ce travail est le suivant : Quel est l'impact de l'application de la démarche Lean Six Sigma sur le déroulement des processus de production au sein des PME environnementales marocaines ?

Notre travail opte pour le paradigme positiviste. Un courant de pensée qui assure que le seul fondement de la connaissance consiste en l'observation des faits, de l'expérience, et le traitement statistique des données, selon ce paradigme chaque phénomène (effet) serait expliqué par d'autres phénomènes (raisons). Afin de montrer la manière dont les arguments doivent être présentés, le raisonnement pris en compte est hypothético-déductif, qui consiste à formuler des hypothèses de recherche, à collecter des données, puis à les traiter et à les analyser pour les confronter aux réalités. Ce sont les PME environnementales qui génèrent de la croissance, créent des emplois, croissent plus vite et sont plus innovantes. Mais elles sont beaucoup moins complexes (en termes de structure) et plus efficaces et flexibles que les grandes entreprises. En fait, les PME contribuent pour environ 50 % à la valeur ajoutée brute (VAB) mondiale. Il est essentiel de renforcer leur position, de les développer en leur donnant les outils appropriés et la méthode de la mise en œuvre de ces outils pour leur permettre d'accroître leur compétitivité et de maîtriser les méthodes modernes de gestion. En ce sens, les PME doivent se réorganiser et repenser leurs stratégies afin d'être prêtes à répondre aux exigences des clients. L'objectif est de fournir rapidement des produits alliant qualité et prix compétitif.

Les économies et la satisfaction des clients ainsi obtenues se traduisent directement par des bénéfices tangibles tels que l'augmentation des profits, le développement du potentiel du personnel, le maintien des emplois et l'augmentation des investissements, sans oublier la préservation des ressources énergétiques et la contribution aux efforts de lutte contre le réchauffement climatique.

Pour répondre à notre problématique, la question du sujet que nous traitons est la suivante : Quel est l'impact de l'application de la démarche Lean Six Sigma sur le déroulement des processus de production au sein des PME environnementales marocaines ?

Notre cas est basé sur l'application de la méthode Lean Six Sigma par la mise en œuvre de l'approche DMAIC, a été réalisé dans une entreprise spécialisée dans la fabrication de produits dont le feutre est la matière principale dans le processus de production, Ce dernier est un produit respectueux de l'environnement puisqu'il est le résultat du recyclage des déchets plastiques des bouteilles, des vêtements usagés et de tous les types de tissus, donc c'est une industrie qui contribue à la protection de l'environnement. Le feutre est un constituant essentiel dans la fabrication des matelas, des salons, des couettes... La mise en œuvre de la démarche DMAIC au sein de l'entreprise spécialisée dans la fabrication de produits utilisant le feutre comme matière principale peut présenter plusieurs avantages en matière d'amélioration de l'efficacité, de la qualité et de la durabilité environnementale. L'application de l'approche DMAIC permet une analyse systématique du processus de production du feutre. En identifiant et en éliminant les étapes sans valeur ajoutée, en réduisant les déchets et en rationalisant les opérations, l'entreprise peut améliorer l'efficacité globale du processus et réduire les coûts. La méthodologie DMAIC souligne l'importance de mesurer et d'analyser les données afin d'identifier les domaines à améliorer. En mettant en œuvre des mesures rigoureuses de contrôle de la qualité, en procédant à une analyse des causes profondes et en mettant en œuvre des actions correctives, l'entreprise peut améliorer la qualité de ses produits. La satisfaction et la fidélité des clients s'en trouveront accrues. L'utilisation par l'entreprise de matériaux recyclés, tels que les déchets plastiques des bouteilles et les déchets de tissu, contribue à la durabilité environnementale. L'approche DMAIC peut soutenir davantage les efforts de réduction des déchets en identifiant les possibilités de minimisation des déchets, de recyclage et d'optimisation des ressources. Cela

permet non seulement de réduire l'empreinte écologique de l'entreprise, mais aussi de respecter son engagement en faveur de la protection de l'environnement. La mise en œuvre de la méthode DMAIC favorise une culture d'amélioration continue au sein de l'organisation. En faisant participer les employés à des activités de résolution de problèmes, en encourageant leur participation à l'analyse des données et à la prise de décision, et en leur offrant une formation sur les principes Lean Six Sigma, l'entreprise peut cultiver un état d'esprit d'amélioration continue. Cela peut conduire à l'innovation, à une plus grande satisfaction des employés et à une approche plus proactive pour relever les défis. L'adoption de Lean Six Sigma et de l'approche DMAIC peut donner à l'entreprise un avantage concurrentiel. En améliorant l'efficacité, la qualité et la durabilité, l'entreprise peut se différencier sur le marché, attirer des clients soucieux de l'environnement et potentiellement accroître sa part de marché. L'application de l'approche DMAIC au sein de l'entreprise spécialisée dans la fabrication de produits en feutre peut conduire à une amélioration de l'efficacité et de la qualité des produits, à une réduction des déchets et à un engagement plus fort en faveur de la durabilité environnementale. En s'appuyant sur les principes de Lean Six Sigma, l'entreprise peut optimiser ses processus, fournir des produits de haute qualité et contribuer à une industrie plus verte et plus durable. Le choix d'effectuer cette recherche dans une PME marocaine spécialisée dans ce domaine d'activité qui contribue directement à la protection de l'environnement, par l'introduction de déchets qui polluent et nuisent à la faune et à la flore (eau, sol, air, etc.).

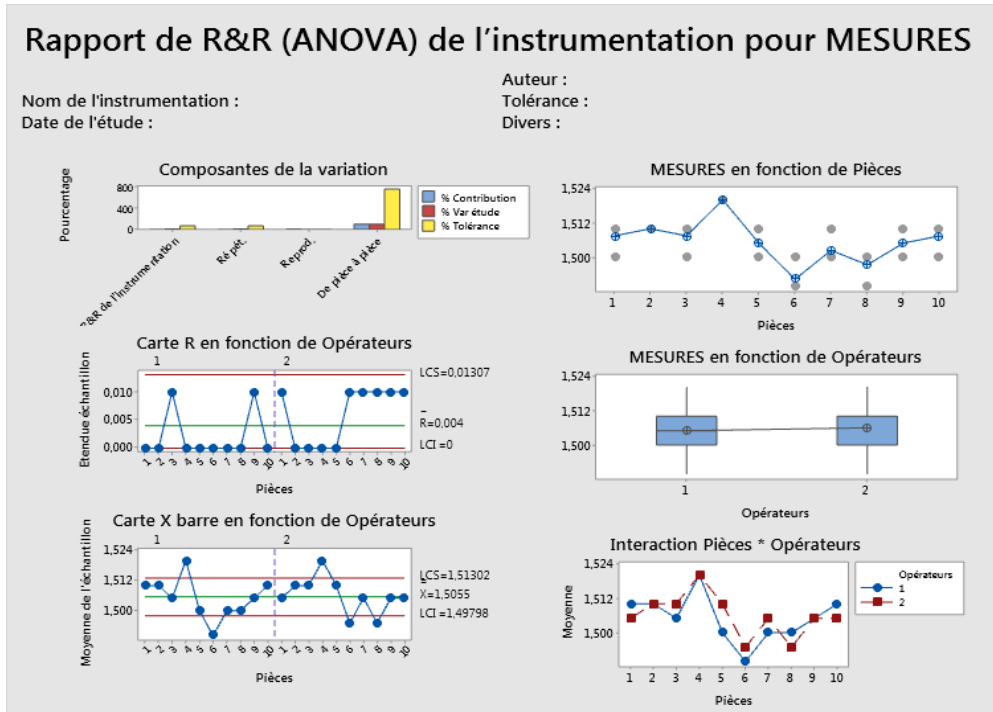
Pour ce faire, ce travail apporte une valeur ajoutée à la protection de l'environnement en premier lieu, et contribue à la performance des entreprises de ce domaine d'activité qui entre dans la catégorie des entreprises sociétales.

Le choix de l'entreprise ne se fait pas au hasard. Au manque des compétences, au coût de l'expérimentation de la mise en place de ce processus qui nécessite l'implication et l'engagement total de la direction générale et de toutes les parties prenantes au processus de production au sein des PME environnementales.

Afin de minimiser les pertes et d'augmenter la qualité des produits pour renforcer la confiance des clients, le projet Lean Six Sigma sera structuré selon la méthode DMAIC (définir la méthode, analyser, innover, contrôler). Cet outil permettra d'identifier les causes des pertes et de la non-conformité des feutres à la demande du client, ce qui génère des déchets et des heures de travail inutiles et coûteuses pour l'entreprise.

## **5 RÉSULTATS ET DISCUSSION**

Les résultats des mesures effectuées par les différents opérateurs seront traités par le logiciel Minitab dédié à l'analyse de la fiabilité des mesures. Les résultats des mesures, traités par le logiciel Minitab dédié à l'analyse de la fiabilité des mesures, ont donné les résultats suivants :



**Fig. 1.** Results Gage R&R of instrumentation for MATELMED case measurement

L'analyse du premier graphique montre le pourcentage de variation de chaque source ; la garantie R&R totale est très faible par rapport à celle des pièces, ce qui nous permet de conclure que la variation provient des pièces fabriquées, que la variation de la garantie R&R (répétabilité et reproductibilité) est significativement plus faible par rapport à la variation des pièces. Cela suggère que le système de mesure utilisé pour évaluer les pièces est moins fiable et moins cohérent que la garantie R&R.

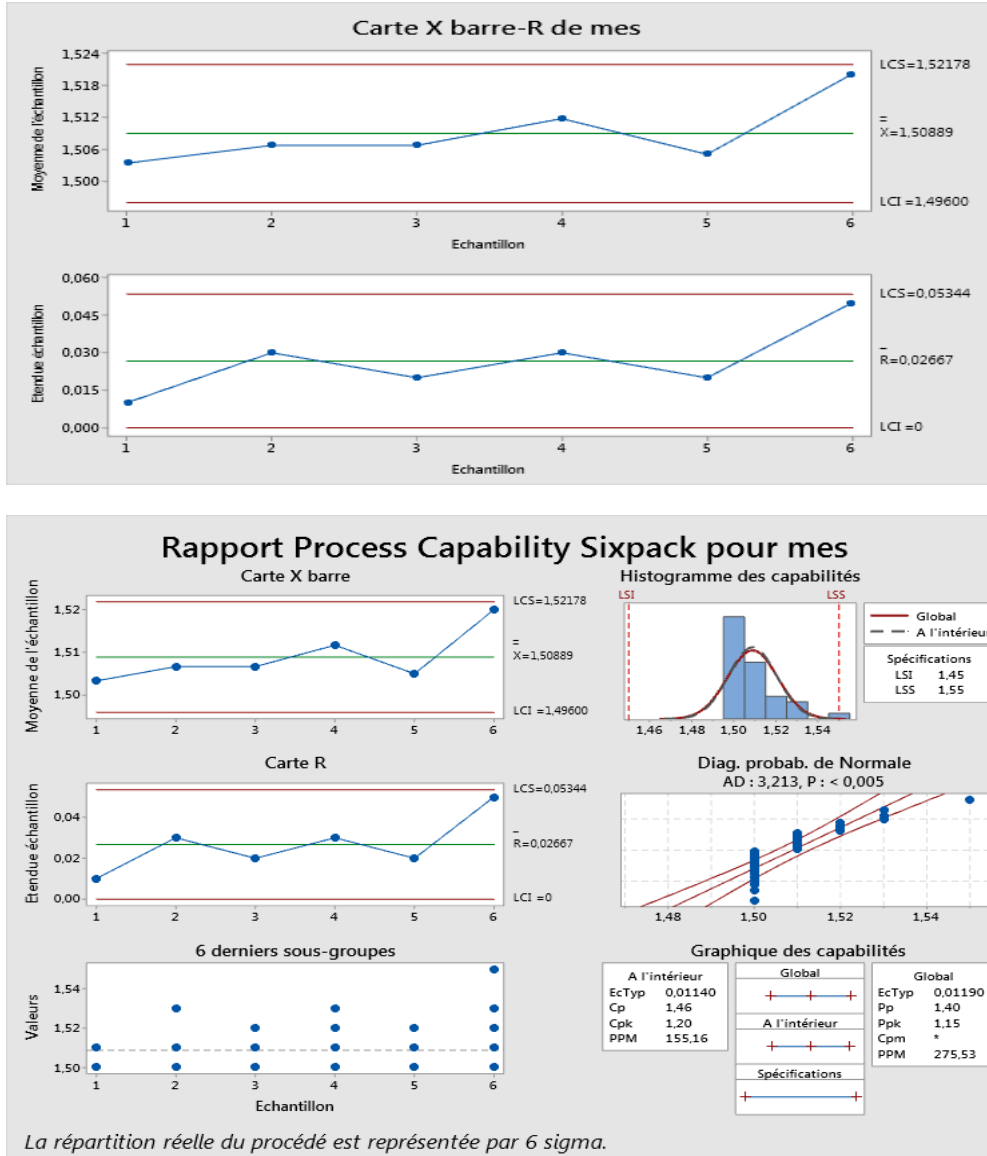
Cette conclusion soulève des inquiétudes quant à la précision et à la cohérence du système de mesure utilisé pour évaluer la qualité des pièces. Elle indique qu'il peut y avoir des incohérences ou des erreurs dans le processus de mesure, ce qui conduit à des résultats peu fiables.

Pour garantir des mesures précises et fiables, il est essentiel de résoudre les problèmes liés au système de mesures. Cela peut impliquer la mise en œuvre d'améliorations telles que le réétalonnage de l'équipement de mesure, la fourniture d'une formation supplémentaire au personnel impliqué dans le processus de mesure, ou l'identification et la résolution de toute erreur systématique ou de tout biais.

En améliorant le système de mesures, l'entreprise peut renforcer la fiabilité des données utilisées à des fins de contrôle de la qualité, ce qui permet d'obtenir des évaluations plus précises des pièces et de réduire potentiellement les variations de leur qualité. Cela peut contribuer à améliorer la qualité globale du produit, la satisfaction du client et l'efficacité du processus.

La carte R en fonction de l'opérateur montre que les opérateurs mesurent de manière cohérente ;





**Fig. 2 : Récapitulation de capacité du processus cas MATELMED**

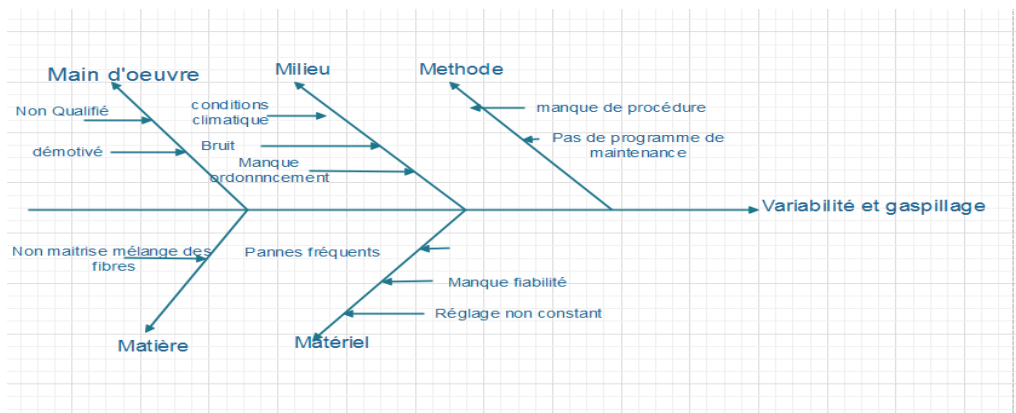
Le graphique Xbar en fonction des opérateurs vous permet de voir si vous disposez d'une large plage de mesure ; l'opérateur 1 a une plage de mesure plus large que l'opérateur 2. La carte des mesures par parties montre si un opérateur mesure plus que l'autre ; dans notre cas, la différence n'est pas significative dans plusieurs mesures. Dans la carte de mesure en fonction de l'opérateur, la largeur doit être identique et la ligne reliant les moyennes la plus droite possible. Nous constatons que c'est le cas dans notre test. La carte d'interaction montre si un opérateur mesure plus que l'autre. Dans notre cas, il n'y a pas de différence entre les deux. Nous pouvons donc conclure que le dysfonctionnement n'est pas dû au système de mesures ; nous devons donc analyser le processus de fabrication. Nous préleverons des échantillons au cours d'une journée de production, au même intervalle de

temps et dans les mêmes conditions. Ces mesures sont reportées sur le logiciel Minitab qui va effectuer le traitement et donner le résultat sous forme de carte et en calculant les indicateurs Pp, Ppk, Cp et Cpk qui indiquent la performance à long terme et la capacité à court terme.

La capacité est mesurée par le rapport entre la performance demandée et la performance réelle d'un processus. D'après les résultats, le processus n'est pas loin de la performance, mais il doit être amélioré afin de réduire la variabilité et le gaspillage. Les courbes de X et  $\sigma$  oscillent de part et d'autre de la moyenne, le processus est donc sous contrôle mais il y a une tendance à la hausse qui indique que la capacité à court terme se détériore. Nous devons trouver l'origine de cette détérioration.

La phase d'analyse permet d'identifier les causes de la variabilité et les sources des problèmes de déchets, et de générer des hypothèses.

La séance de brainstorming facilite la collaboration et encourage la diversité des points de vue. Elle permet d'intégrer différentes expertises et perspectives, favorisant ainsi une compréhension globale du problème. En tirant parti de l'intelligence collective de l'équipe, il est possible d'obtenir des informations précieuses qui conduisent à une analyse plus approfondie des problèmes. À l'issue de la séance de brainstorming, l'équipe peut hiérarchiser les causes et les hypothèses potentielles en fonction de leur pertinence et de leur impact. Cette hiérarchisation ouvre la voie à une analyse plus approfondie, au cours de laquelle l'équipe peut procéder à une analyse des causes profondes, mener des enquêtes fondées sur des données et appliquer des techniques appropriées de résolution des problèmes. Dans l'ensemble, la séance de remue-méninges organisée pendant la phase d'analyse de la méthode DMAIC sert de point de départ pour explorer et comprendre les causes de la variabilité et du gaspillage dans le processus de fabrication des produits à base de feutre. Elle permet à l'équipe d'exploiter les connaissances et les idées collectives, jetant ainsi les bases d'une analyse plus complète et d'efforts de résolution des problèmes. Notre analyse est basée sur les données fournies par la phase de mesure. Tout d'abord, un brainstorming a été organisé pour discuter des résultats. Les membres de l'équipe ont présenté leur point de vue sur les causes de l'échec du processus.



**Fig. 3** Diagramme de causes et effets D'ISHIKAWA Ste MATELMED

En s'appuyant sur l'analyse du fonctionnement de l'entreprise, la voix du consommateur, le but du projet, et les constatations du diagramme d'Ishikawa, on a identifié les processus qui

exigeaient des améliorations et les causes du dysfonctionnement, dont on a identifié les principaux problèmes :

- Les opérateurs ne sont pas formés dans ce domaine ; ils effectuent les tâches par apprentissage
- L'entreprise **MATEL MED** n'a pas un programme de formation pour ses opérateurs.
- Absence d'ingénieur spécialisé de production.
- Le réglage des machines est confié à un technicien qui ne maîtrise pas le réglage de tous les machines et surtout la coupeuse où on a détecté le gaspillage et la variabilité.
- Conditions de travail défavorable (bruit, température élevée.....)

L'analyse du VSM ; montre l'existence des étapes qui doivent être en amont comme le chargement, détection des métaux ,mélange et d'autres taches doivent être rassemblées.

### **Phase Innover**

Cette étape a pour but de mettre en place les solutions pour satisfaire aux objectifs élaborés lors de la phase définir, en va proposer et tester des actions pour améliorer le processus de production grâce aux actions suivantes :

-Les processus de chargement, détection et du mélange doivent être établis avant le démarrage de la production . Ils seront changé par deux systèmes de flux tiré en utilisant le système KANBAN .Ce dernier va permettre le gain de temps et le redéploiement des opérateurs , qui peuvent travailler au processus de coupure qui nécessite un contrôle rigoureux

- La matière première approvisionnée par le fournisseur et stockée au magasin dont le système Kanban est instauré entre le chargement, mélange et le processus de cardage afin d'éliminer le stock existant.

-Effectuer un programme d'entretien des machines afin de résoudre les problèmes de pannes en avant.

-Elaborer un programme de formation des opérateurs.

-Changement du four existant qui est de faible largeur 2,70m avec un autre de 3,50m pour pouvoir fonctionner avec deux lignes de production et la même consommation d'énergie.

Ces mesures vont permettre de diminuer le temps du cycle de production et diminuer le gaspillage et la variabilité des produits finis.

### **Phase Contrôler**

L'exécution de ces mesures a nécessité un temps d'expérimentation, pour voir les résultats des innovations et des actions prises pour l'amélioration du processus de production, de la diminution des charges de l'énergie consommée et de l'évolution du chiffre d'affaires de l'entreprise.

LSS est une décision qui concerne la direction, l'objectif de l'équipe du projet est d'énumérer les avantages de l'application de LSS soit en matière de rentabilité des outils appliqués, des gains engendrés par rapport au faible budget d'investissement.

La comparaison des données collectées avant et après l'étape de l'expérimentation, prouvent l'importance et l'exigence d'appliquer le LSS dans les PME.

Concernant les gains et les coûts mesurables de l'application de LSS, ils sont comme suits :

-Une importante réduction de tous types de gaspillages,

-Une réduction du temps Takt de 185 mn aux 80 mn, implique une rapidité dans le processus de fabrication et par conséquent l'augmentation de production traduite à un gain estimé à 200.000 dh/Mois.

-Elimination des stocks, combiner entre deux processus de mélange pour assurer un flux continu entre les différents processus de production, permet d'engendrer des gains estimés à 395.000 dh/Mois

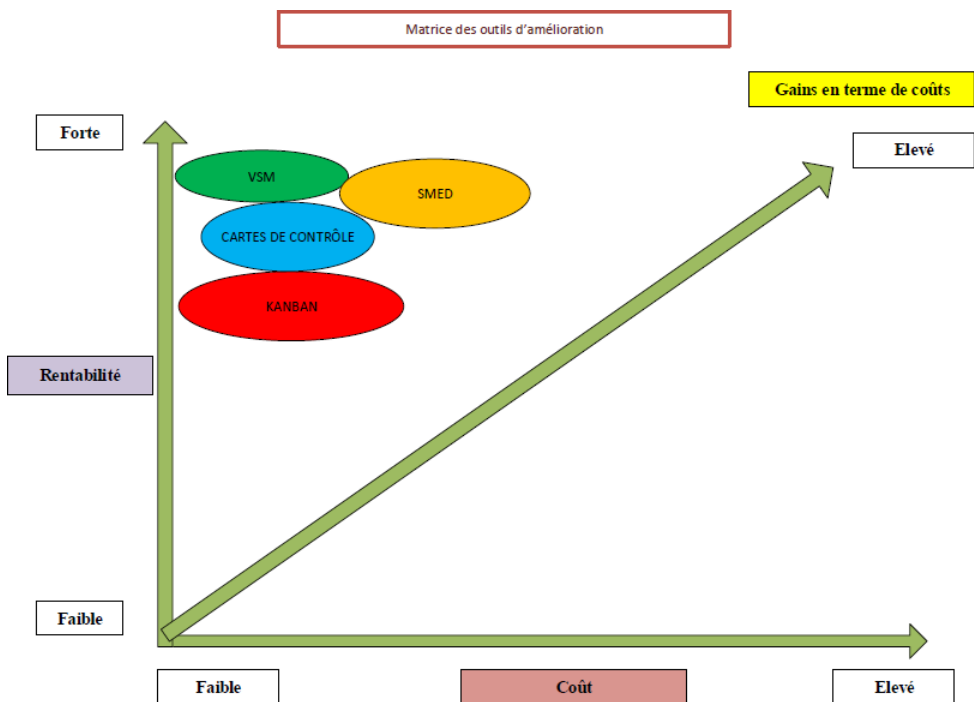
Le coût de l'investissement est estimé à 1.500.000 Dhs comprennent l'achat du four, le changement de la coupeuse, formation des opérateurs et les outils nécessaires, contre un

gain estimé de 500 000Dhs dès la première année la mise en service du processus LSS .

Concernant les gains et les coûts non mesurables de l'application de LSS sont comme suit:

- La réduction des opérations inutiles, de transport inutile, et du temps d'attente des opérateurs,
- Bénéficié de l'espace en raison de l'élimination des stocks et la bonne gestion de la distribution des commandes,
- Répartition efficace des tâches entre les opérateurs,
- Augmentation de l'utilité de fonctionnement des machines,
- Amélioration de la qualité des produits.
- Diminution de la facture d'énergie et réduction des déchets, ceci contribue à la protection de l'environnement et aux efforts de la lutte contre le réchauffement climatique.

D'où vient l'importance de l'application de Lean Six Sigma en raison de ces importants gains engendrés par rapport au faible montant d'investissement, plus la réduction des gaspillages et de la variabilité des processus, ce qui est montré dans la matrice d'outils d'amélioration LSS ci-dessous (Figure n° 4).



**Fig. 4 : Matrice des outils amelioration Lean Six Sigma**

À partir de l'analyse du fonctionnement de l'entreprise, de la voix du consommateur, de la finalité du projet et des conclusions du schéma.

La mise en place du processus Lean Six Sigma a permis d'identifier les sources des dysfonctionnements, à commencer par la nécessité de prouver la fiabilité des outils de mesure. L'utilisation de cartes de contrôle permet d'identifier les sources de la mauvaise qualité du produit.

Les résultats montrent la nécessité de recruter dans l'entreprise environnementale marocaine des spécialistes du processus Lean six sigma, non seulement dans le processus de production mais aussi dans la gestion de l'entreprise en général, de la direction qui doit s'inspirer du modèle Lean Six sigma dans la prise de décisions stratégiques. La prochaine recherche visera à mettre en œuvre le processus Lean Six Sigma dans la gestion de

l'entreprise afin d'améliorer des processus d'achats, bon de commande, la numérisation des procédures pour minimiser les déplacements (diesel) et l'utilisation de papiers. Ces approches auront un grand bénéfice sur la rentabilité et sur l'environnement.

## **6 CONCLUSION :**

L'application de la méthodologie LSS, basée sur les étapes successives de l'approche DMAIC, a permis, d'une part, de réduire les gaspillages mentionnés lors de la production de la carte de l'état actuel, en expérimentant les solutions et les améliorations proposées au sein des PME environnementales au Maroc. D'autre part, d'analyser et de réduire les variabilités du processus mises en évidence dans les deux phases Mesurer et Analyser en expérimentant les solutions proposées par l'équipe projet en exploitant les informations collectées à travers le questionnaire en face à face administré aux responsables des fonctions production et qualité de l'entreprise, et l'utilisation des cartes de contrôle du logiciel Minitab, dont les résultats valident les deux hypothèses supposées. DMAIC est une méthodologie utilisée dans le cadre de Lean Six Sigma pour l'amélioration continue des performances. Elle peut également être appliquée aux PME environnementales au Maroc pour optimiser leurs opérations et leurs résultats. L'application de DMAIC dans les PME environnementales marocaines permet de suivre une approche structurée pour identifier les problèmes, les résoudre de manière efficace et mesurable, et améliorer la performance environnementale de manière continue. Cela peut conduire à une meilleure gestion des ressources, à une réduction des coûts, à une plus grande conformité aux réglementations et à une meilleure satisfaction des parties prenantes.

Dans l'objectif de présenter ce nouveau processus Lean six sigma à une large communauté, nous cherchons à publier cet article avec plusieurs langues. Cette initiative va permettre de faire connaissance de la méthode LSS et par conséquent une contribution aux efforts de la protection de l'environnement et aux efforts de la lutte contre le réchauffement climatique.

## **References**

- [1]. Barakat, Y. et al (2021). What contributions of Artificial Intelligence in Innovation? E3S Web of Conferences, 2021, 234, 00105
- [2]. Z Jokovic, G Jankovic, S Jankovic, A Supurovic... - 2023 Quality 4.0 in Digital Manufacturing Preprints ([www.preprints.org](http://www.preprints.org)) Posted: 16 May 2023, Consulté, le 14/06/2023.
- [3]. Psomas et Antony 2019. Research gaps in Lean manufacturing: a systematic literature review, International Journal of Quality et Reliability Management, 13/02/2019.
- [4]. Antony et al. 2022 Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation Journal of Cleaner Production Volume 345, 15 April 2022,
- [5]. Pereira et Antony 2021, The implementation of Lean Six Sigma for operational excellence in digital emerging technology companies' journal of Manufacturing Technology Management volume 34, 17/12/2021.
- [6]. Maria Koentzi at al , Lean manufacturing and human resources: a systematic literature review on future research suggestions Total Quality Management et Business Excellence Volume 34, 2023, p 468-495,
- [7]. Katrina Gotzamani et al 2023, The impact of Lean adoption on organizational performance in a public service: the case of the Greek citizen's service centers, International Journal of Lean Six Sigma, 18/04/2023.

- [8]. Sanders, Elangeswaran et Wulfsber 2016, Industry 4.0 implies Lean Manufacturing: Research activities in industry 4.0 functionas enablers for Lean facturing Journal of Industrial Engineering and Management, volume 9 p 811-833
- [9]. McDermott et al. Nelson, 2022 An evaluation of Lean deployment in Irish micro-enterprises Total Quality Management et Business Excellence Volume 34, 2023, p 1032-1051
- [10]. Bhattacharya, Nand et Castka 2019, Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review Journal of Cleaner Production, **2019** – Elsevier, volume 236, November 2019.
- [11]. Trubetskaya et Mullers, 2021 Transforming a global human resource service delivery operating model using Lean Six Sigma International Journal of Engineering Business Management Volume 13: 1–16 © The Author(s) 2021.
- [12]. Aimable, Sherrian 2017; The Effects of Total Productive Maintenance on Cost Savings and Equipment Reliability University of Wisconsin—Stout
- [13]. Ourdi, A., Taghzouti, A., Bourekkadi, S. (2021) . CSR practices in countries in transition: the case of Morocco. E3S Web of Conferences, 319, 01036
- [14]. Perez-Gosende et al., (2021). Facility layout planning. An extended literature review international journal of production research 2021, vol. 59, no. 12, 3777–3816
- [15]. El imrani, O. et al (2022). The consumer price index and it effect in the new ecosystems and energy consumption during the sanitary confinement: The case of an emerging country. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science , 975(1), 012006
- [16]. Gherib J. et M'hissen I., (2010) : « Engagement environnemental et taille de l'entreprise : une lecture à travers la théorie néo-institutionnelle », XIXème conférence de l'AIMS, Juin, LuxembouS. Sensitization Towards Aerosol Optical Properties and Radiative Forcing, Real Case in Morocco. E3S Web of Conferences, 2021, 319, 02027