

N° d'ordre : 207

**ECOLE CENTRALE DE LILLE**

**THESE**

présentée en vue  
d'obtenir le grade de

**DOCTEUR**

en

**Spécialité : Génie Industriel**

Par

**Ewa LESEURE - ZAJKOWSKA**

**DOCTORAT DELIVRE SIMULTANEMENT  
PAR L'ECOLE CENTRALE DE LILLE ET L'UNIVERSITE TECHNIQUE DE GDANSK  
DANS LE CADRE D'UNE COTUTELLE INTERNATIONALE DE THESE**

Titre de la thèse :

**Contribution à l'implantation de la méthode Lean Six Sigma  
dans les Petites et Moyennes Entreprises pour l'amélioration des processus**

Soutenue le 14 décembre 2012 devant le jury d'examen :

<b>Président</b>	<i>Slim Hammadi, Professeur, EC-Lille</i>
<b>Rapporteur</b>	<i>Małgorzata Wiśniewska, Professeur, Université de Gdansk</i>
<b>Rapporteur</b>	<i>Didier Gourc, Maître-assistant HDR, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux</i>
<b>Membre</b>	<i>Piotr Walentynowicz, Maître de Conférences, Université de Gdansk</i>
<b>Membre</b>	<i>Slim Hammadi, Professeur, EC-Lille</i>
<b>Directeur de thèse</b>	<i>Piotr Grudowski, Professeur, Université Technique de Gdansk</i>
<b>Directeur de thèse</b>	<i>Emmanuel Castelain, Maître de Conférences HDR, EC-Lille</i>
<b>Invité, co-directeur de thèse</b>	<i>Michel Bigand, Maître de Conférences HDR, EC-Lille</i>

Thèse préparée dans le Laboratoire de Modélisation et Management des Organisations EA 4344  
Ecole Doctorale SPI 287 (EC Paris, EC Lille, INT Evry)  
**PRES Université Lille Nord-de-France**



*A Eliza*



## Remerciements

*Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé en cotutelle au sein de la Faculté de Gestion et Economie à l'Université Technique de Gdansk et au Laboratoire de Modélisation et Management des Organisations à l'Ecole Centrale de Lille. Je voudrais exprimer ma gratitude aux personnes qui, grâce à leur aide et leur soutien, ont permis que cette thèse voie le jour.*

*Je tiens tout d'abord à adresser mes plus vifs remerciements à Monsieur le Professeur Piotr Grudowski, Monsieur Emmanuel Castelain et Monsieur Michel Bigand, mes directeurs de thèse respectivement de l'Université Technique de Gdansk et de l'Ecole Centrale de Lille. Je leur suis très reconnaissante pour la confiance qu'ils m'ont accordée, leurs encouragements, leur bienveillance, leur disponibilité et leurs précieux conseils. Cela a été un honneur et un plaisir de travailler sous leur direction. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma très profonde gratitude.*

*Je remercie vivement Monsieur Didier Gourc de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, Madame le Professeur Małgorzata Wiśniewska et Monsieur Piotr Walentynowicz de l'Université de Gdansk, ainsi que Monsieur le Professeur Slim Hammadi de l'Ecole Centrale de Lille de m'avoir fait l'honneur d'être les membres de mon jury et d'avoir bien voulu juger mon travail.*

*Mes sincères remerciements vont également à Madame Magdalena Popowska de l'Université Technique de Gdansk et Monsieur le Professeur Bogdan Piwakowski de l'Ecole Centrale de Lille d'avoir établi la coopération entre les deux universités, ce qui m'a permis de réaliser ce travail.*

*Je suis très reconnaissante à Madame Joanna Czerska, Directrice de l'entreprise de conseil et de formation LeanQ Team, et Monsieur José Gramdi de l'Université de Technologie de Troyes de m'avoir facilité le contact avec les entreprises. Mes remerciements vont également aux entreprises New Bath Allibert et Raj-Wafel qui m'ont permis de mettre en œuvre et de tester la méthodologie présentée dans ce mémoire.*

*Je tiens à remercier chaleureusement à Monsieur et Madame Georges et Annette Chatelain pour leur soutien, leur bienveillance et leur enthousiasme pendant mon travail de thèse.*

*Je voudrais exprimer ma gratitude à Monsieur le Professeur Jean-Pierre Bourey, Directeur du Laboratoire de Modélisation et de Management des Organisations (LM<sup>2</sup>O), de m'avoir accueilli pour ma thèse et de m'avoir soutenu. Mes remerciements vont également à tous les membres de Laboratoire LM<sup>2</sup>O et particulièrement à Madame le Professeur Anne-Françoise Cutting-Decelle, Monsieur le Professeur Jean-Pierre Bourey et Monsieur le Professeur Besoa Rabenasolo pour les discussions enrichissantes. Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Madame Régine Duplouich, la Responsable du Centre de Documentation, ainsi qu'à la Direction de la Recherche, notamment Madame Vanessa Fleury, Monsieur le Professeur Emmanuel Duflos et Monsieur Max Vangreveninge, pour leur aide précieuse lors de la finalisation de ce travail.*

*Je souhaiterais terminer ces remerciements en pensant à ma chère famille et mes amis. Un immense merci à ma meilleure amie Madame Małgorzata Bieschke qui a su m'encourager et me soutenir tout au long de ce travail. Je voudrais également exprimer toute ma reconnaissance à ma mère, Madame Genowefa Zajkowska, à mon oncle, Monsieur Stanisław Uba, et à mon mari, Monsieur Christophe Leseure, pour leur confiance, leur générosité et leur compréhension. Enfin, je tiens à remercier à ma fille Eliza qui, grâce à sa présence et son amour, me redonnait les forces et le courage pour accomplir ce projet. C'est donc avec joie, à ma fille bien-aimée, je dédie cette thèse.*



# Sommaire

1.	Introduction.....	13
1.1.	Contexte du travail de thèse .....	14
1.1.1.	Définitions fondamentales .....	14
1.1.2.	Lacune des travaux de recherches et lacune méthodologique .....	15
1.2.	Sujet de recherche, buts du travail et étendue de la thèse .....	15
1.2.1.	Sujet de recherche.....	15
1.2.2.	Thèse de travail.....	16
1.2.3.	Objectif cognitif.....	16
1.2.4.	Résultats concrets du travail de recherche.....	16
1.3.	Plan du mémoire de thèse.....	17
2.	Chapitre I – Concepts Lean Management et Six Sigma dans le secteur des PME .....	19
2.1.	Concept Lean Management.....	20
2.1.1.	Définition du concept Lean .....	20
2.1.2.	Boîte à outils Lean .....	26
2.1.3.	Domaines d’application du Lean .....	27
2.2.	Concept Six Sigma .....	29
2.2.1.	Définition du Six Sigma .....	29
2.2.2.	Boîte à outils Six Sigma .....	31
2.2.3.	Domaines d’application du Six Sigma .....	33
2.3.	Méthode Lean Six Sigma .....	35
2.3.1.	Définition du Lean Six Sigma .....	35
2.3.2.	Boîte à outil du Lean Six Sigma .....	39
2.3.3.	Domaine d’application du Lean Six Sigma .....	41
2.4.	Conclusions provenant de l’état de l’art.....	41
3.	Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d’utilisation du LSS dans le secteur des PME.....	43
3.1.	Positionnement des recherches dans le contexte scientifique .....	44
3.1.1.	Recherches scientifiques concernant les éléments du concept Lean Six Sigma 44	
3.1.2.	Diffusion des connaissances du domaine du LSS .....	48
3.2.	Positionnement des recherches dans le contexte industriel.....	49
3.2.1.	Programmes de développement pour le secteur PME .....	49
3.2.2.	Regard des organismes de formation et des entreprises de consulting du domaine du LSS sur les besoins et les barrières des PME.....	51
3.3.	Etude des besoins et des problèmes des PME dans le contexte du LSS .....	53
3.4.	Conclusions .....	57
4.	Chapitre III - Méthodologie de conception, de contrôle et d’amélioration du Lean Six Sigma dans les PME de production.....	59
4.1.	Objectifs et intérêt de la méthodologie proposée .....	60
4.1.1.	Adaptation de la méthodologie LSS Plutus à la spécificité du secteur des PME 61	
4.1.2.	Destination particulière de la méthodologie LSS Plutus .....	63

4.1.3.	Définition du « client du projet » et du « CTQ du client du projet ».....	63
4.2.	Principaux éléments de la méthodologie LSS Plutus.....	69
4.3.	Déroulement général de la mise en œuvre des améliorations avec la méthodologie LSS Plutus au sein du projet LSS .....	81
4.3.1.	Rigueur méthodologique .....	82
4.4.	Boîte à outils de la méthodologie LSS Plutus .....	90
4.4.1.	Choix des outils Lean Six Sigma à l'égard de la spécificité des PME .....	90
4.4.2.	Procédure du LSS Plutus .....	98
4.5.	Structure de la méthodologie LSS Plutus.....	102
4.5.1.	Etape I – Définir le but du projet LSS .....	102
4.5.1.1.	Indicateur de la valeur émotionnelle du client.....	107
4.5.1.2.	Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS .....	109
4.5.2.	Etape II – Mener des actions d'amélioration avec LSS.....	114
4.5.2.1.	Value Stream Mapping 4 .....	126
4.5.2.2.	Classification des problèmes d'entreprise .....	129
4.5.2.3.	Arbre de problèmes Six Sigma .....	131
4.5.2.4.	Arbre de décisions Six Sigma.....	133
4.5.3.	Etape III – Evaluer les résultats du projet LSS.....	136
4.5.4.	Etape IV – Pérenniser des améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise .....	138
4.5.4.1.	Proposition de modification des critères du Modèle E.F.Q.M. 2010 .....	140
4.6.	Conclusions .....	145
5.	Chapitre IV - Vérification de la méthodologie LSS Plutus .....	147
5.1.	Critères de choix des entreprises .....	148
5.2.	Vérification de la méthodologie LSS Plutus dans l'entreprise New Bath Allibert à Troyes en France.....	149
5.2.1.	Présentation de la société New Bath Allibert .....	149
5.2.2.	Réalisation du projet LSS dans la société New Bath Allibert .....	149
5.2.2.1.	Etape I : D – Projet LSS .....	149
5.2.2.1.1.	Phase D – Lean Six Sigma.....	150
5.2.2.2.	Etape II : MAI – Projet LSS .....	152
5.2.2.2.1.	Phase M – Lean .....	153
5.2.2.2.2.	Phase A – Lean .....	156
5.2.2.2.3.	Phase I – Lean.....	158
5.2.2.2.4.	Phase C – Lean .....	159
5.2.2.2.5.	Phase S – Lean.....	160
5.2.2.2.6.	Phase M – Six Sigma.....	161
5.2.2.2.7.	Phase A – Six Sigma.....	161
5.2.2.2.8.	Phase I – Six Sigma .....	164
5.2.2.2.9.	Phase C – Six Sigma.....	167
5.2.2.2.10.	Phase M – Six Sigma 2.....	168
5.2.2.2.11.	Phase A – Six Sigma 2.....	168
5.2.2.2.12.	Phase I – Six Sigma 2 .....	170
5.2.2.2.13.	Phase C – Six Sigma 2.....	172
5.2.2.2.14.	Phase S – Six Sigma .....	173
5.2.2.3.	Etape III : C – Projet LSS .....	174
5.2.2.3.1.	Phase C – Lean Six Sigma.....	174

5.2.2.4.	Etape IV : S – Projet LSS .....	174
5.2.2.4.1.	Phase S – Lean Six Sigma .....	175
5.2.3.	Conclusions de la réalisation du projet LSS dans la société New Bath Allibert 176	
5.3.	Vérification de la méthodologie LSS Plutus dans l’entreprise Raj-Wafel à Pruszcz Gdański en Pologne .....	178
5.3.1.	Présentation de la société Raj-Wafel .....	178
5.3.2.	Réalisation du projet LSS dans la société Raj-Wafel .....	178
5.3.2.1.	Etape I : D – Projet LSS .....	178
5.3.2.1.1.	Phase D – Lean Six Sigma.....	179
5.3.2.2.	Etape II : MAI – Projet LSS .....	181
5.3.2.2.1.	Phase M – Lean .....	182
5.3.2.2.2.	Phase A – Lean .....	185
5.3.2.2.3.	Phase I – Lean.....	187
5.3.2.2.4.	Phase C – Lean.....	188
5.3.2.2.5.	Phase S – Lean.....	189
5.3.2.2.6.	Phase M – Six Sigma.....	190
5.3.2.2.7.	Phase A – Six Sigma.....	190
5.3.2.2.8.	Phase I – Six Sigma.....	192
5.3.2.2.9.	Phase C – Six Sigma.....	194
5.3.2.2.10.	Phase S – Six Sigma.....	195
5.3.2.3.	Etape III : C – Projet LSS .....	195
5.3.2.3.1.	Phase C – Lean Six Sigma.....	195
5.3.2.4.	Etape IV : S – Projet LSS .....	196
5.3.2.4.1.	Phase S – Lean Six Sigma .....	196
5.3.3.	Conclusions de la réalisation du projet LSS dans la société Raj-Wafel .....	196
5.4.	Conclusions et recommandations provenant de l’application de la méthodologie proposée .....	197
6.	Conclusions et perspectives .....	199
6.1.	Conclusions .....	200
6.2.	Perspectives .....	205
7.	Glossaire.....	209
8.	Références bibliographiques .....	213
9.	Annexe I.....	223
10.	Annexe II.....	227
11.	Annexe III .....	289

## Liste des Figures

Figure I - 1. Réussite de Toyota .....	28
Figure I - 2. Niveau Six Sigma .....	30
Figure I - 3. Décalage de 1,5 sigma .....	31
Figure I - 4. Complémentarité des méthodes Lean et Six Sigma.....	35
Figure I - 5. Piliers du concept Lean Six Sigma .....	36
Figure I - 6. Histoire du Lean Six Sigma .....	38
Figure III - 1. Intégration du concept de la roue de Deming et du modèle d'amélioration continue DMAICS dans la méthodologie LSS Plutus .....	76
Figure III - 2. Modèle cadre des étapes du projet LSS dans le standard BPMN .....	79
Figure III - 3. Concept d'utilisation du modèle du cycle en V lors de réalisation du projet LSS.	81
Figure III - 4. Modèle cadre de la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma dans les PME .....	83
Figure III - 5. Modèle de la méthodologie LSS Plutus .....	89
Figure III - 6. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie dans les étapes « Define », « Control » et « Standardize ».....	93
Figure III - 7. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie lors d'une réalisation de la sous-étape MAICS – Lean.....	94
Figure III - 8. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie lors d'une réalisation de la sous-étape MAICS – Six Sigma .....	95
Figure III - 9. Explication de la réalisation du processus <i>II 6S – 3.4. Identifier les sources et les interactions entre les variabilités</i> à l'aide d'un outil BPMN.....	97
Figure III - 10. Emploi des outils du Lean et du Six Sigma lors de la réalisation des phases du projet LSS .....	101
Figure III - 11. Modèle de l'étape D – Projet LSS.....	103
Figure III - 12. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de l'étape D – Projet LSS.....	106
Figure III - 13. Interprétation d'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS.....	113
Figure III - 14. Principaux composants de l'étape MAI – Projet LSS.....	115
Figure III - 15. Modèle de la sous-étape MAICS – Lean .....	118
Figure III - 16. Modèle de la sous-étape MAICS – Six Sigma.....	123
Figure III - 17. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de la sous-étape MAICS – Lean.....	124
Figure III - 18. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de la sous-étape MAICS – Six Sigma .....	125
Figure III - 19. Arbre de problèmes Six Sigma.....	132
Figure III - 20. Arbre de décisions Six Sigma .....	135
Figure III - 21. Modèle de l'étape C – Projet LSS .....	136
Figure III - 22. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de l'étape C – Projet LSS.....	137
Figure III - 23. Modèle de l'étape S – Projet LSS .....	138
Figure IV - 1. VSM4 de l'état actuel pour la société New Bath .....	155
Figure IV - 2. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société New Bath.....	163

Figure IV - 3. Arbre de décisions Six Sigma pour la société New Bath.....	165
Figure IV - 4. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société New Bath (2) .....	169
Figure IV - 5. Arbre de décisions Six Sigma pour la société New Bath (2) .....	171
Figure IV - 6. VSM4 de l'état actuel pour la société Raj-Wafel .....	183
Figure IV - 7. Proposition du VSM4 pour la société Raj-Wafel.....	184
Figure IV - 8. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société Raj-Wafel .....	191
Figure IV - 9. Arbre de décisions Six Sigma pour la société Raj-Wafel .....	193
Figure 11 - 1. Légende pour VSM4 .....	290

## Liste des Tableaux

Tableau I - 1. Comparaison entre entreprise traditionnelle et Lean Entreprise .....	22
Tableau I - 2. Méthodes, techniques, outils et indicateurs du domaine du Lean .....	26
Tableau I - 3. Méthodes, techniques, outils et indicateurs du domaine du Six Sigma.....	32
Tableau I - 4. Infrastructure du Six Sigma.....	34
Tableau I - 5. Boîte à outils du Lean Six Sigma .....	39
Tableau III - 1. Caractéristique des besoins des différents clients du projet LSS.....	65
Tableau III - 2. Caractéristique des éléments principaux de la méthodologie LSS Plutus .....	69
Tableau III - 3. Caractéristique générale des étapes du projet LSS .....	84
Tableau III - 4. Outils LSS adaptés aux PME.....	91
Tableau III - 5. Exemples d'emploi de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client.....	108
Tableau III - 6. Critères d'évaluation de la maturité des PME pour mener le projet LSS.....	110
Tableau III - 7. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS .....	112
Tableau III - 8. Classification des problèmes .....	129
Tableau III - 9. Proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 qui prend en compte Lean Six Sigma pour les PME .....	142
Tableau IV - 1. Indicateur de la valeur émotionnelle du client pour la société New Bath .....	151
Tableau IV - 2. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS pour la société New Bath .....	152
Tableau IV - 3. Classification des problèmes dans la société New Bath.....	157
Tableau IV - 4. Indicateur de la valeur émotionnelle du client pour la société Raj-Wafel.....	180
Tableau IV - 5. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS pour la société Raj-Wafel .....	181
Tableau IV - 6. Classification des problèmes dans la société Raj-Wafel .....	186
Tableau 9 - 1. Besoins et attentes de l'application des éléments du LSS .....	224
Tableau 9 - 2. Barrières à l'implémentation des éléments du LSS .....	225
Tableau 9 - 3. Résultats de l'application des éléments du LSS .....	225
Tableau 10 - 1. Caractéristique de l'étape D – Projet LSS .....	229
Tableau 10 - 2. Caractéristique de l'étape MAI – Projet LSS .....	237
Tableau 10 - 3. Caractéristique de l'étape C – Projet LSS .....	266
Tableau 10 - 4. Caractéristique de l'étape S – Projet LSS .....	269
Tableau 10 - 5. Proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 qui prend en compte Lean Six Sigma pour les PME et les actions d'amélioration .....	274

## **1. Introduction**

## **1.1. Contexte du travail de thèse**

En tant qu'acteurs du marché économique mondial, les entreprises polonaises et françaises (et plus particulièrement les Petites et Moyennes Entreprises (PME)) sont obligées de s'améliorer continuellement et d'optimiser la qualité de leurs biens et services en les certifiant si elles désirent augmenter leurs revenus, se développer, améliorer leur compétitivité, consolider leur position dans leurs domaines d'activité, réagir rapidement face à l'évolution des demandes ou tout simplement survivre. Dans ce but les entreprises doivent réorganiser leur stratégie, afin d'être prêtes à répondre aux exigences du client. L'objectif est de fournir rapidement des produits qui associent qualité et prix compétitif. Pour atteindre ce but, il est préconisé de mettre en place et maintenir des Systèmes de Management de la Qualité, intégrer l'approche processus et l'orientation client selon des principes du concept Management par la Qualité Totale, y compris la méthode Lean et la méthode Six Sigma.

Après avoir mis en œuvre le Système de Management de la Qualité et l'approche processus, après s'être orientée vers la satisfaction du client, l'entreprise peut mettre en place les méthodes Lean et Six Sigma pour continuer et consolider sa progression.

### **1.1.1. Définitions fondamentales**

Une méthode Lean ou « production au plus juste » est basée sur le concept d'une gestion plus productive et plus économe des processus et donc de l'entreprise. Le concept Lean vise à satisfaire ses clients en diminuant le coût et l'investissement de production, en exploitant au maximum les ressources et en réduisant le stock et le cycle de production.

Une démarche basée sur la méthode Six Sigma doit permettre de réduire la variabilité des processus les plus importants pour le produit dans une philosophie orientée client, en utilisant une approche statistique et des méthodes de résolution de problèmes.

Le concept Lean Six Sigma (LSS) est une fusion du Lean et du Six Sigma qui permet d'agir efficacement à la fois sur le délai, le prix et la qualité.

### **1.1.2. Lacune des travaux de recherches et lacune méthodologique**

L'analyse de la littérature fait ressortir plusieurs publications destinées aux grandes entreprises, qui traitent de l'application des méthodes Lean et Six Sigma. Par contre, nous avons identifié une lacune des recherches de ce type menées pour les petites et moyennes entreprises. Il manque également des travaux de recherche qui évaluent l'efficacité et les conditions de fonctionnement du Lean Six Sigma dans le secteur des PME.

Dans les entreprises New Bath Allibert et Raj-Wafel que nous avons analysées (cf. Chapitre IV), nous avons appliqué le concept Lean pour réduire le temps de production et rationaliser les ressources et les moyens. Des améliorations durables sont possibles grâce à la formalisation, la vérification et éventuellement la réorganisation de tous les processus organisationnels. Ensuite, pour garantir la haute qualité des produits, nous avons utilisé la méthode Six Sigma, mettant en avant le contrôle statistique des processus les plus importants du point de vue du client. L'application conjointe du Lean et du Six Sigma, nommée LEAN SIX SIGMA, permet de compléter chacune de ces méthodes et par conséquent de renforcer leur efficacité pour améliorer le fonctionnement de l'entreprise.

## **1.2. Sujet de recherche, buts du travail et étendue de la thèse**

### **1.2.1. Sujet de recherche**

Dans le cadre de cette thèse de doctorat, nous proposons de répondre à la question suivante : « **Comment introduire et utiliser, avec efficacité, les éléments du concept moderne de gestion de production – Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises du secteur de la production ?** ».

### **1.2.2. Thèse de travail**

Face à l'obligation de se développer et compte tenu de la forte concurrence, les petites et moyennes entreprises doivent améliorer en permanence la qualité de leurs biens et de leurs services en optimisant l'efficacité de leurs processus.

**Dans les petites et moyennes entreprises de l'industrie manufacturière, il existe des conditions spécifiques de fonctionnement en raison desquelles il est indispensable de leur fournir un apport méthodologique pour mettre en œuvre le Lean Six Sigma.**

### **1.2.3. Objectif cognitif**

Compte tenu de la thèse ci-dessus, le principal objectif cognitif du travail porte sur **la définition des problèmes et des besoins des petites et moyennes entreprises de l'industrie manufacturière, concernant le domaine d'application et de mise en œuvre de la méthode Lean Six Sigma.**

Cette recherche apporte une contribution dans le domaine du Génie Industriel parce qu'elle identifie les conditions de fonctionnement, les problèmes et les besoins spécifiques des PME qui n'ont pas encore été étudiés jusqu'à présent. Cette recherche a été menée sur le terrain et appliquée dans des PME en France et en Pologne. Un des aspects importants de cette étude consiste donc également à l'analyse comparative des situations polonaises et françaises.

### **1.2.4. Résultats concrets du travail de recherche**

Sur le plan opérationnel, ce travail de recherche vise à :

- **Elaborer une méthodologie de conception, de maîtrise et d'amélioration des éléments pertinents du Lean Six Sigma dans les PME polonaises et françaises de production en utilisant le standard Business Process Modeling & Notation BPMN (BPMN, 2012) ;**

- Proposer les indicateurs et les outils pour permettre l'application efficace du concept Lean Six Sigma (LSS) dans le secteur des PME ;
- Elaborer un guide de mise en œuvre du LSS, destiné à ces entreprises et basé sur l'approche processus du Business Process Management (BPM) (Elzinga et al., 1995; Harrington et al., 1997) ;
- Proposer l'adaptation des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. (Fondation Européenne pour le Management par la Qualité) (EFQM, 2012) accompagnant l'application de démarche Lean Six Sigma dans les PME.

Le résultat attendu de ce travail consiste à diffuser les éléments du concept Lean Six Sigma dans les PME, ce qui permettra de préparer ces organisations à répondre aux exigences croissantes du marché et également d'établir une évaluation basée sur le Modèle d'Excellence E.F.Q.M. pour la catégorie « Petites et moyennes entreprises industrielles et de services ». L'objectif final de ce travail de recherche s'inscrit en phase avec une démarche de certification cohérente avec les standards mondiaux de qualité et de gain de compétitivité pour les PME européennes.

### **1.3. Plan du mémoire de thèse**

Cette thèse est composée en 4 chapitres, en plus de l'Introduction et des Conclusions et perspectives.

Le premier chapitre de ce travail synthétise notre étude bibliographique dans le contexte des méthodes Lean, Six Sigma et Lean Six Sigma. Nous avons décrit les définitions, concepts et outils les plus importants concernant ce sujet. L'état de l'art a révélé un grand nombre de publications concernant les recherches et les méthodes de mise en œuvre des éléments du Lean Six Sigma dans les grands groupes. Cependant, nous avons constaté une lacune des études et une lacune méthodologique au sujet de l'application du LSS dans le secteur des petites et moyennes entreprises. Nous en avons déduit que les PME nécessitent un support méthodologique en termes d'utilisation de la méthode Lean Six Sigma, qui devrait être adapté à la spécificité de ce secteur.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié les conditions spécifiques de fonctionnement des petites et moyennes entreprises en Pologne et en France dans le contexte des méthodes modernes de gestion de la production. Dans chacun de ces deux pays, nous avons pris en considération le contexte scientifique et industriel, ainsi que l'étude pilote réalisée dans une PME. Cette analyse nous a permis d'identifier les besoins, les problèmes et les limites spécifiques de ce secteur, en formant une base pour élaborer les critères d'adaptation de la méthode Lean Six Sigma aux PME. Nous avons également souligné que les PME sont très motivées pour mettre en œuvre les méthodes modernes de management, mais incapables de le faire. Le deuxième chapitre a confirmé l'existence d'une lacune des recherches et une lacune méthodologique concernant l'application du concept Lean Six Sigma et ses éléments dans le secteur des PME.

Dans le troisième chapitre, nous avons élaboré une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du LSS dans le secteur des PME de production. L'adaptation du concept Lean Six Sigma pour ces firmes comprend le choix des outils appropriés et les deux variantes d'utilisation de la méthodologie selon le niveau de maturité de l'entreprise. Dans la méthodologie proposée, nous avons déployé l'étape de planification et nous avons porté une attention particulière à la standardisation, à la pérennisation et au développement. Nous avons également élaboré les indicateurs et les outils qui aident à appliquer le concept Lean Six Sigma efficacement dans le secteur des PME. De plus, nous avons proposé un guide pratique de mise en œuvre du LSS pour les PME (cf. Annexe II), ce qui est complété par la représentation graphique des actions successives à mener dans l'approche processus grâce au Business Process Management.

Dans le quatrième chapitre nous avons vérifié la pertinence et l'efficacité de notre méthodologie. Ainsi, nous sommes intervenue personnellement en tant que consultante LSS dans deux entreprises de production du secteur PME, l'une en France et l'autre en Pologne qui nous ont permis de valider notre approche. Ces deux PME se différenciaient par leur taille, leur domaine d'activité, leur maturité, leurs besoins, leurs problématiques et leurs limites.

Enfin, dans le chapitre de conclusion, nous indiquons comment procéder pour appliquer et utiliser les éléments du concept Lean Six Sigma avec efficacité dans les PME de production. Nous avons également présenté les perspectives de développement et d'autres domaines d'applications de notre méthodologie.

## **2. Chapitre I – Concepts Lean Management et Six Sigma dans le secteur des PME**

Dans la littérature, il existe plusieurs notions décrivant la qualité. M. Imai (Horbaczewski, 2009), l'un des pères fondateurs du Lean, définit la qualité comme tout ce qui peut être amélioré. Dans l'approche statistique, D. Montgomery (Montgomery, 2005) la considère comme inversement proportionnelle à la variabilité. Dans ce travail, nous définissons la qualité comme une conformité aux attentes du client. Le Lean Six Sigma nous semble être la méthode qui convient le mieux pour atteindre ce but.

## **2.1. Concept Lean Management**

### **2.1.1. Définition du concept Lean**

Selon le concept Lean, l'avenir de l'entreprise dépend de sa capacité à conserver sa clientèle et à gagner de nouveaux clients parce que les consommateurs sont normalement la seule source de revenus de l'entreprise. Dans tous les domaines de son activité, l'entreprise doit donc prendre en considération les exigences de ses clients par rapport à la qualité, au délai commercial et au prix, en livrant rapidement des produits de qualité au prix que le client souhaite payer. Le concept Lean, qui vise à augmenter le profit en satisfaisant les clients, utilise ces définitions élémentaires « la valeur ajoutée » et « le gaspillage » (Leseure-Zajkowska, 2004a).

La valeur ajoutée (VA), en anglais « *added value* », représente la valeur du bien ou du service perçu par le client. C'est parce que le produit satisfait exactement à ses besoins, que le client accepte de payer le prix réclamé. Les opérations, telles que l'exploitation du temps, de l'espace et des ressources, augmentent la valeur ajoutée. A l'inverse, les opérations sans valeur ajoutée augmentent les coûts sans plus-value pour le client : les coûts de production, de stock, du transport et du capital. Dans la majorité des entreprises, la valeur ajoutée est estimée à environ 10% du prix de vente du produit (Christopher, 1998).

Le gaspillage, appelé « *muda* » en japonais ou la non-valeur ajoutée (NVA) – « *non added value* » en anglais, comprend les opérations qui engagent les ressources sans créer de valeur ajoutée. Ces opérations situées dans l'entreprise et dans la chaîne logistique sont jugées inutiles par le client qui n'a pas envie de les payer (Blaik, 1996; Hines et Taylor, 2000; Kot, 2001).

En conséquence, le but du concept Lean consiste à augmenter la proportion de valeur ajoutée dans le prix de vente du produit, et donc à réduire le gaspillage dans tous les domaines de l'entreprise.

### **Les différents types de gaspillage**

Le plus souvent, dans le contexte du concept Lean, on identifie les catégories de gaspillages suivantes :

1. **La surproduction** : la production trop élevée ou effectuée trop tôt par rapport aux besoins qui entraîne la nécessité de stocker, l'excès de pièces produites et la nécessité de préparer davantage de documents ;
2. **Le temps d'attente** : les files d'attente d'en cours, l'emploi inefficace du personnel, le manque d'équilibrage des charges des machines, le temps d'attente de l'opérateur jusqu'à la fin du travail de sa machine ;
3. **Le transport inutile** : le déplacement inutile des objets, des personnes et des informations, le transport supplémentaire pour la reprise des produits, le transport des produits dans des endroits éloignés ;
4. **Les tâches inutiles** : le dépassement des spécifications du client qui provoque une augmentation des coûts et le ralentissement de la fabrication ; l'emploi d'outils ou de procédures inappropriés ;
5. **Les stocks excessifs** : le niveau élevé des stocks sans raison valable, les retards des flux physiques et d'informations, le maintien et le contrôle des stocks ;
6. **Les mouvements inutiles** : la mauvaise organisation des postes du travail qui manquent d'ergonomie, la nécessité de chercher des pièces difficiles d'accès, les déplacements excessifs entre les opérations, le déballage ;
7. **La fabrication de produits défectueux** : les erreurs lors de la production, du travail bureautique, de la distribution, les retouches, la transmission d'un élément défectueux au poste en aval ou au client externe ;

8. Les biens ou les services qui ne répondent pas aux besoins des utilisateurs (un type supplémentaire de muda) (Bicheno, 2000a, 2000b, 2002; Drumond, 1998; Hines et Taylor, 2000; Ohno, 1989; Sekine, 1983; Shingo, 1983).

Le concept Lean vise à satisfaire les clients, en diminuant l'investissement de production, en exploitant au maximum les ressources et en réduisant le stock et le cycle de production. L'approche flexible de l'organisation de la production dans la démarche Lean facilite la réaction rapide face aux fluctuations de commandes clients (George, 2002).

En anglais, « *lean* » signifie maigre. Dans les entreprises « maigres », « dégraissées » et économiques, le « gras » signifie les opérations qui n'apportent pas de valeur ajoutée du point de vue du client. A la base de l'entreprise maigre, il y a l'amélioration continue de toutes les tâches qui apportent de la valeur ajoutée et l'élimination ou la réduction du gaspillage dans tous les domaines d'organisation. Lean est également une philosophie du management qui vise à optimiser les processus et les ressources jusqu'au niveau indispensable pour réaliser correctement les commandes. En même temps, Lean assure la fabrication des produits qui répondent aux attentes des clients, mais plus rapidement et à plus faible coût que dans la production de masse (Blaik, 1996; Blondel, 2000; Sielicka, 1995; Skowronek et Sarjusz–Wolski, 1995). Le Tableau I - 1 présente les différences sur la gestion d'organisation dans l'approche traditionnelle et dans une entreprise qui utilise Lean.

**Tableau I - 1. Comparaison entre entreprise traditionnelle et Lean Entreprise** selon (Franczuk, 2002; Jansen et Hertlein, 1992; Sarjusz–Wolski et Skowronek, 1995; Leseure-Zajkowska, 2004a)

Atelier de production	Entreprise traditionnelle	Lean Entreprise
<b>Organisation de la production</b>	- Système de production rigide	- Système flexible de production proportionné aux besoins
<b>Planning</b>	- Basé sur des prévisions	- Basé sur les commandes client
<b>Technologie et construction</b>	- Travail individuel des experts - Faible considération du client, de la production, de l'achat et de la logistique	- Travail d'équipe - Considération du client, de la production, de l'achat et de la logistique

<b>Production</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production orientée sur l'efficacité</li> <li>- Stocks de production</li> <li>- Dépend de l'équipement</li> <li>- Gestion de la production basée sur le planning</li> <li>- Production par lots</li> <li>- Stabilité de la production grâce au stock important</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production orientée sur le flux continu de matières</li> <li>- Production à la commande</li> <li>- Dépend de l'assortiment de produits</li> <li>- Gestion de la production basée sur la commande client</li> <li>- Flux continu</li> <li>- Stabilité de la production grâce à la fiabilité et la synchronisation des processus</li> </ul>
<b>Taille de lot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production en grande série</li> <li>- Quantité économique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production en petite série correspondant aux besoins des clients</li> <li>- Minimisation des coûts</li> </ul>
<b>Rotation des stocks</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bas coefficient de rotation des stocks</li> <li>- Approvisionnements planifiés</li> <li>- Grand stock</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haut coefficient de rotation des stocks</li> <li>- Livraison fréquente</li> <li>- Réduction des stocks</li> </ul>
<b>Usine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processus de production spécialisés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processus de production flexibles</li> </ul>
<b>Organisation des ateliers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Par technologies (départements, cellules)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception de cellules en U</li> </ul>
<b>Machines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines complexes, chères et très efficaces</li> <li>- Maintenance curative par un spécialiste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines simples et pas chères</li> <li>- Maintenance : le système 5S, la prévention et la conservation par l'opérateur</li> </ul>
<b>Changements d'outils</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire la fréquence des changements d'outils</li> <li>- Temps de changements d'outils importants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire le temps nécessaire aux changements d'outils</li> <li>- Changements rapides d'outils</li> </ul>
<b>Gestion des flux d'information</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beaucoup d'informations qui circulent longtemps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Information sélective</li> <li>- Circulation rapide</li> </ul>
<b>Contrôle qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle statistique de la qualité, prélèvement des échantillons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capabilité du processus</li> <li>- Contrôle systémique</li> </ul>
<b>Les agents de production</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualifiés</li> <li>- Manque de flexibilité</li> <li>- Utilisation du travail physique</li> <li>- Culture de l'organisation basée sur le contrôle et la loyauté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multifonctions</li> <li>- Bonne flexibilité</li> <li>- Utilisation du travail physique et des connaissances</li> <li>- Culture de l'organisation basée sur l'intégration, l'autonomisation et la responsabilisation (<i>empowerment</i>)</li> </ul>

L'objectif du Lean consiste à satisfaire les besoins des clients avec un engagement minimum d'argent et de moyen de la production. Afin de minimaliser les coûts et les ressources, il est recommandé d'éliminer ou réduire le gaspillage dans tous les domaines d'activité d'entreprise grâce à la rationalisation continue de toute la société et de ses relations avec ses partenaires. Ceci permet de diminuer le gaspillage, tout en gardant l'équilibre entre les besoins

des clients et les capacités de l'entreprise. Ainsi, l'organisation peut améliorer ses performances en termes de productivité et de flexibilité tout en accélérant ses flux, en réduisant ses investissements, les défauts, le stock, les moyens de transport, l'espace du magasin et l'espace de production (Blaik, 1996; Christopher, 1998; Czerska, 2001, 2002c; Kot, 2001).

Le terme Lean est composé des éléments suivants : la philosophie Lean Thinking (« manière de penser maigre ») (Womack et Jones, 1996), les techniques du management Lean Management (« management maigre ») (Skowronek et Sarjusz–Wolski, 1995; Twaróg, 2002) et les méthodes de la production Lean Manufacturing ou Lean Production (« fabrication maigre », « production maigre » ou « production au plus juste ») (Banaśkiewicz, 2002; De Toni et Tonchia, 1996; Horbal et Koch, 2002; Koch, 2002; Kunio, 1992; Melton, 2005; Szkolnicki et Wontor, 2002). Le fonctionnement efficace de tous ces composants dépend de la mise en œuvre correcte du concept Lean.

Le Lean Thinking est une manière standard de penser chez Toyota qui est le fondateur du Toyota Production System (TPS), à la base du concept Lean. Le Lean Thinking s'appuie sur 5 principes :

- Principe n°1 : Définir les éléments qui augmentent la valeur du bien ou du service du point de vue du client.
- Principe n°2 : Identifier la chaîne de la valeur ajoutée pour chaque famille de produits. La chaîne de la valeur ajoutée représente la séquence des processus depuis les matières premières jusqu'au client final, ou depuis le concept d'un nouveau produit jusqu'au lancement sur le marché. Son élément faible est le goulot d'étranglement qui impose son efficacité comme étant l'efficacité maximale de toute la chaîne de la valeur. Il est donc indispensable de visualiser la chaîne de la valeur ajoutée pour éliminer les goulots d'étranglements (Goldratt et Cox, 2000).
- Principe n°3 : Assurer le flux ininterrompu de la valeur.
- Principe n°4 : Adapter la production aux besoins réels du client.
- Principe n°5 : Améliorer constamment pour éliminer toutes les sources de gaspillage (Bicheno, 2000a, 2000b; Czerska, 2002a; Wasik, 2002).

L'adaptation de l'approche Lean Thinking dans l'entreprise appartient au Lean Management. C'est une mission réservée à la direction qui doit connaître les principes du Lean Thinking, élaborer une culture favorable à la transformation Lean, proposer les axes d'application du Lean Manufacturing et soutenir son fonctionnement (Emiliani, 2008). Dans ce but, il est indispensable d'effectuer les actions suivantes :

- Adapter des principes du Lean Thinking à son entreprise ;
- Réorganiser et planifier la stratégie de sa société ;
- Accélérer les flux de matières : la réduction du gaspillage, la standardisation et la simplification des processus et des flux ;
- Créer la structure du système Lean : le système pull et l'arrangement des machines adapté au type de produit (conception de cellule en U) ;
- Gérer les ressources humaines pour exploiter leurs connaissances et leur créativité inutilisée : le travail en équipe, l'autonomisation et la responsabilisation (*empowerment*) du personnel ;
- Soutenir et améliorer constamment l'application du Lean : l'engagement de la direction, l'amélioration continue Kaizen, la qualité totale, le contrôle à la source, l'évitement du gaspillage (Abt et Woźniak, 1993; Bicheno, 1999; Czerska, 2001, 2002d).

Ensuite, avec la connaissance et l'engagement de la direction et des agents de production, la fabrication économe selon les critères du Lean Management peut commencer (Leseure-Zajkowska, 2004a).

Au-delà du Lean Thinking, du Lean Management et de la Lean Production, il existe d'autres types de Lean destinés à des domaines d'activité particuliers, par exemple le Lean Services, la Lean Administration, le Lean Accounting. Jusqu'à présent, ces types de Lean n'ont pas trouvé autant d'attrait de la part des organisations concernées que le management maigre dans la production.

## 2.1.2. Boîte à outils Lean

Dans le Tableau I – 2, nous avons regroupé les méthodes, les techniques, les outils et les indicateurs du domaine du Lean selon le rôle qu'ils jouent dans l'application du management maigre.

**Tableau I - 2. Méthodes, techniques, outils et indicateurs du domaine du Lean** selon (Blondel, 1997; Dobrzyński, 1999; Harmol et Mantura, 1998; Liker, 1996; Masaaki, 1997; Muhlemann et al., 1995; Rother et Shook, 1999; Scharry et Skjøtt-Larsen, 2002a, 2002b; Shingo, 1983; The Productivity Press Development Team, 1998a, 1998b, 2002a, 2002b; Womack et Jones, 1996)

Domaine d'application	Nom	Objectif
Représenter les processus dans le temps et dans l'espace	Schéma du processus de production	Calculer les temps d'opérations dans le cycle de production
	Diagramme Spaghetti	Représenter la disposition des postes de travail et les trajectoires
	Value Stream Mapping VSM	Illustrer une cartographie de la chaîne de la valeur
	Valeur ajoutée VA	Calculer la valeur ajoutée dans le cycle de réalisation de la commande
	Non-valeur ajoutée NVA	Calculer le temps gaspillé dans le cycle de réalisation de la commande
	Lead time	Calculer le délai depuis la réception de la commande client jusqu'à la livraison du produit final
	Takt time	Donner le rythme de la demande du client qui correspond à la cadence de fabrication d'un produit
	Temps de cycle	Calculer le temps total de fabrication d'un produit par un opérateur dans sa cellule ou dans la ligne de production
	Goulot d'étranglement	Identifier l'activité la plus lente de la chaîne logistique pour augmenter son rendement
Régulariser les flux et stabiliser les processus	Système 5S	Organiser le poste de travail pour le rendre ergonomique et performant
	Flux continu	Éliminer les stocks et les attentes des opérateurs
	Équilibrage de ligne	Équilibrer les charges des opérateurs de la ligne de production
	Cellules en U	Aménager les postes de travail en U dans l'ordre du flux physique
	One-piece-flow	Effectuer le flux de matières pièce à pièce par les machines sans arrêt et sans défaut
	Entonnoir de variété de la production	Identifier les processus où commence la différenciation des produits
	Maintenance Productive Totale TPM	Améliorer le rendement des machines et de l'équipement
	Taux de Rendement Synthétique TRS	Calculer le taux d'utilisation de machines
	Single Minute Exchange of Die SMED	Changer la série de production en moins de 10 minutes
	Système Kanban	Fabriquer la quantité strictement nécessaire pour réaliser la commande
	Carte Kanban	Gérer la production et les stocks afin d'approvisionner les postes de montage

	Supermarché	Gérer les flux physiques où l'application du flux continu est impossible
	File d'attente FIFO	Limiter le volume du stock en-cours à une valeur maximale
	Heijunka	Effectuer le lissage de la production pour éviter les périodes de travail intenses et les périodes d'inactivité
	Juste-à-temps JAT	Livrer au bon moment le produit nécessaire
	Tournée du laitier	Optimiser le temps du transport des produits chez client
	Poka-Yoke	Réduire au minimum les défauts grâce au feedback et à l'action corrective immédiate
	Contrôle visuel	Prévenir et réagir rapidement aux non-conformités
Maintenir les améliorations et développer le potentiel humain	Standardisation du travail	Exécuter la séquence d'opérations de la meilleure façon possible identifiée jusqu'à maintenant
	Takt time	Fixer le rythme du travail
	Séquence de travail standard	Décrire l'ordre des tâches
	Carte de standardisation du travail	Faciliter et surveiller le travail en formalisant le mode opératoire
	Work-In-Process WIP	Respecter la taille minimale du stock en-cours qui assure l'exécution régulière d'opérations (sans arrêt du flux de matières)
	Cross training	Partager les connaissances au sein du groupe de travail
	Kaizen	Poursuivre la démarche d'amélioration continue
Evaluer la satisfaction client	Système de suggestions du personnel	Développer le potentiel humain et améliorer les performances
	Valeur ajoutée VA	Calculer la valeur du produit du point de vue du client

### **2.1.3. Domaines d'application du Lean**

Historiquement, le concept Lean est né chez Toyota (Liker, 2004) dans le milieu automobile, mais, grâce à son adaptabilité, il a été appliqué dans différents domaines d'activité, notamment dans le secteur militaire et dans les grandes entreprises, par exemple chez Lockheed, Rolls Royce et Boeing (Liker, 2004; Panizzolo, 1998; Pérez et Sánchez, 2000; Leseure-Zajkowska, 2004a). La méthode Lean est appréciée surtout pour les avantages tangibles qu'elle apporte :

- Les bénéfices dus à la réduction de gaspillage (cf. 2.1.1),
- Les bénéfices divers :
  - L'amélioration de la satisfaction des clients et du personnel ;
  - Les relations partenaires avec les clients et les fournisseurs (Melton, 2005; Skowronek et Sarjusz-Wolski, 1995; Womack et Jones, 1996).

La réussite de Toyota, précurseur du Lean Management, par rapport à sa concurrence (les « Big Three ») montre l'intérêt du Lean (Figure I - 1) :

- La deuxième place dans le monde pour la vente de voitures ;
- 40% du marché automobile japonais et 11,2% du marché automobile américain en 2003 ;
- Le doublement du revenu entre 2003 et 2004 ;
- 58 usines terminales dans 28 pays ;
- La vente des voitures dans 160 pays ;
- Le montage d'une voiture en 21 heures aux USA (3 heures de moins que General Motors, 5 heures de moins que Ford, 7 heures de moins que Daimler Chrysler) ;
- Le niveau des défauts 35% moins élevé que chez General Motors, 46% moins élevé que chez Ford et 58% moins élevé que chez Daimler Chrysler ;
- Le coût de lancement de nouveaux modèles de voitures sur le marché réduit de 25% sur sa première ligne de montage aux USA (à Princeton) qui est adaptée aux divers modèles ;
- L'enquête menée par l'institut J.D. Power and Associates auprès des conducteurs allemands indique que Toyota est en tête pour 6 modèles de voitures sur 7 ;
- La valeur de Toyota en bourse est estimée à 110 milliards de dollars (26 milliards de dollars de plus que la valeur cumulée de General Motors, Ford et Daimler Chrysler) (Piński et Trębski, 2004).

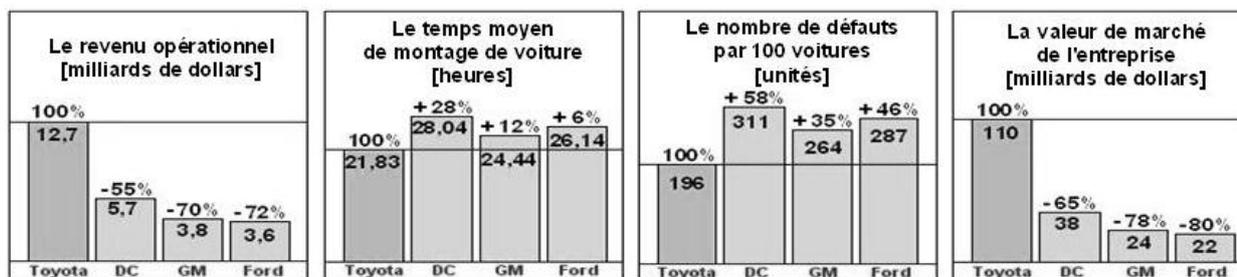


Figure I - 1. Réussite de Toyota selon (Piński et Trębski, 2004)

La réussite de Toyota est due essentiellement aux méthodes appropriées de fabrication et d'organisation. L'autre facteur de son succès est le talent des Japonais, leurs capacités et leur engagement véritable en amélioration continue par tous les employés (Piński et Trębski, 2004 ; Hall et Hall, 1994).

## **2.2. Concept Six Sigma**

### **2.2.1. Définition du Six Sigma**

Ainsi que dans le concept Lean, le but principal de la méthode Six Sigma est d'apporter la satisfaction client. Dans le cas du Six Sigma, la réalisation de cet objectif se déroule simultanément en réduisant les coûts et en améliorant considérablement le niveau de la qualité. La méthode Six Sigma doit permettre de réduire la variabilité des processus les plus importants du point de vue du client (*Critical-To-Quality* – CTQ) (Antony et al., 2003; Gowen et Tallon, 2005; Linderman et al., 2003) ; la stabilisation de ces processus est obtenue à travers une approche statistique (George, 2002; Schroeder et al., 2008; Leseure et al., 2010).

Dans la méthodologie Six Sigma, la poursuite du niveau de qualité correspondant à 3,4 défauts (ou erreurs) par million d'opportunités se déroule selon l'un des deux principaux modèles d'amélioration continue associés au Six Sigma : soit DMAIC, soit DFSS. DMAIC est un acronyme qui caractérise une méthode standard d'amélioration du processus grâce à l'élimination des problèmes, ce qui est réalisé à travers les étapes : définir, mesurer, analyser, améliorer et contrôler (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) (Montgomery, 2005). Design For Six Sigma – DFSS doit permettre à l'entreprise de concevoir les produits et les processus qui peuvent à la fois satisfaire les attentes du client et être fabriqués à un niveau de qualité proche du standard de six sigmas (Mader, 2002; Leseure et al., 2010). Il existe aussi d'autres modèles d'amélioration basés sur le concept Six Sigma qui sont très similaires au DMAIC et DFSS, mais très peu répandus, par exemple, DMADV (D – définir, M – mesurer, A – analyser, D – désigner, V – vérifier) et DMEDI (D – définir, M – mesurer, E – explorer, D – développer, I – implémenter) pour concevoir des nouveaux produits ou processus, DCOV

(D – définir, C – caractériser, O – optimiser, V – vérifier) pour améliorer et éliminer les problèmes existants ou potentiels dans les produits ou les processus (Wolniak, 2005).

Le concept Six Sigma s’appuie sur la loi normale, en utilisant la courbe de Gauss (Figure I - 2). Dans l’approche traditionnelle, l’organisation vise un niveau de qualité correspondant à  $\pm 3$  écarts type, soit 99,73% des éléments conformes et 2700 unités défectueuses par million (Pièces défectueuses Par Million PPM). Inversement, l’objectif du « processus Six Sigma » est d’obtenir, pour le même intervalle de tolérance (dans les spécifications), un niveau de qualité de  $\pm 6$  écarts type, ce qui correspond à 0,002 pièces défectueuses par million. Dans l’approche statistique, on peut calculer la qualité du procédé avec les indicateurs de capacité qui doivent atteindre les valeurs  $C_p=2$  et  $C_{pk}=1,5$  dans le processus Six Sigma (Bagiński, 2004; Breyfogle, 1999; Duret et Pillet, 2005; Grant et Leavenworth, 2000; Montgomery, 2005).

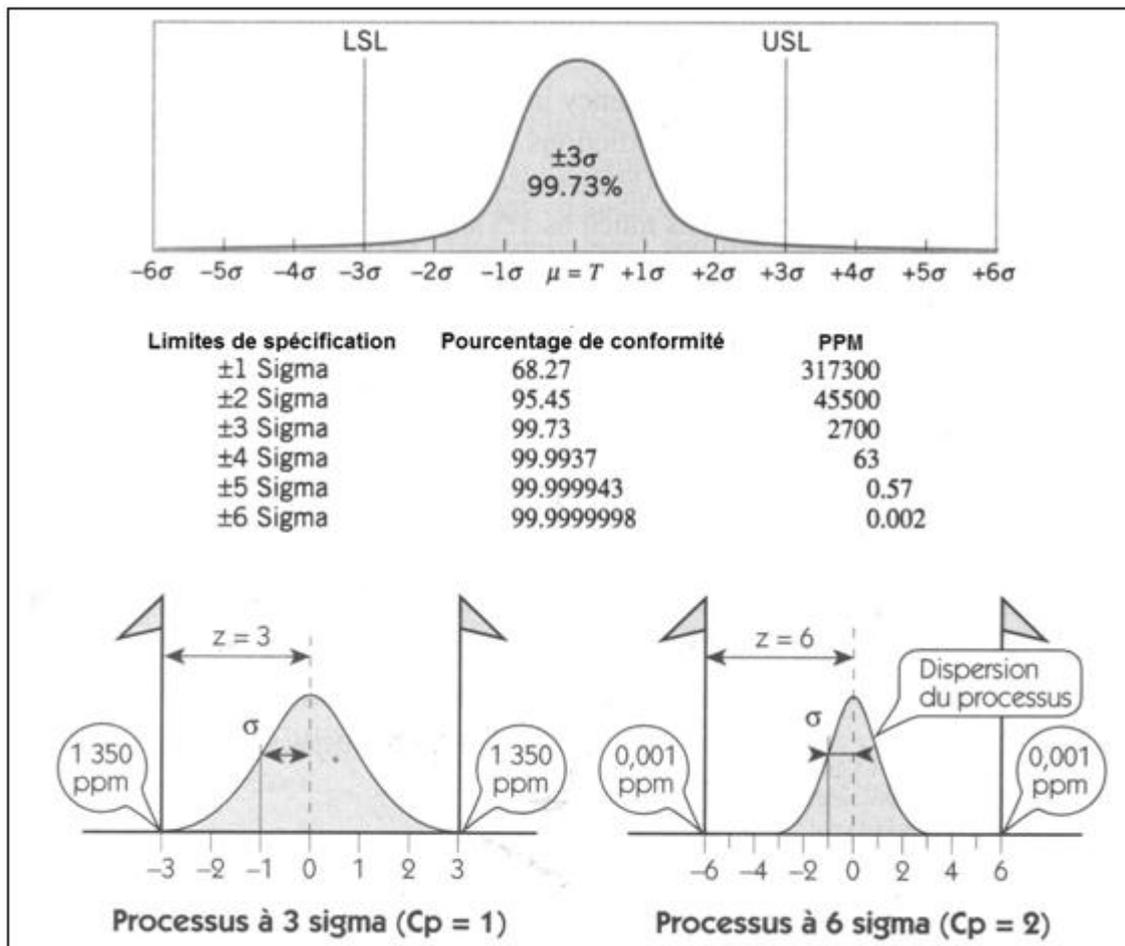


Figure I - 2. Niveau Six Sigma (Montgomery, 2005; Pillet, 2008)

Compte tenu de l'incapacité des équipements de mesure de détecter un petit décalage du processus, on appuie les calculs statistiques sur le plus petit décalage détectable égal à 1,5 sigma. Par conséquent, le processus Six Sigma admet 3,4 pièces défectueuses par million (Figure I - 3) (Montgomery, 2005; Pillet, 2008).

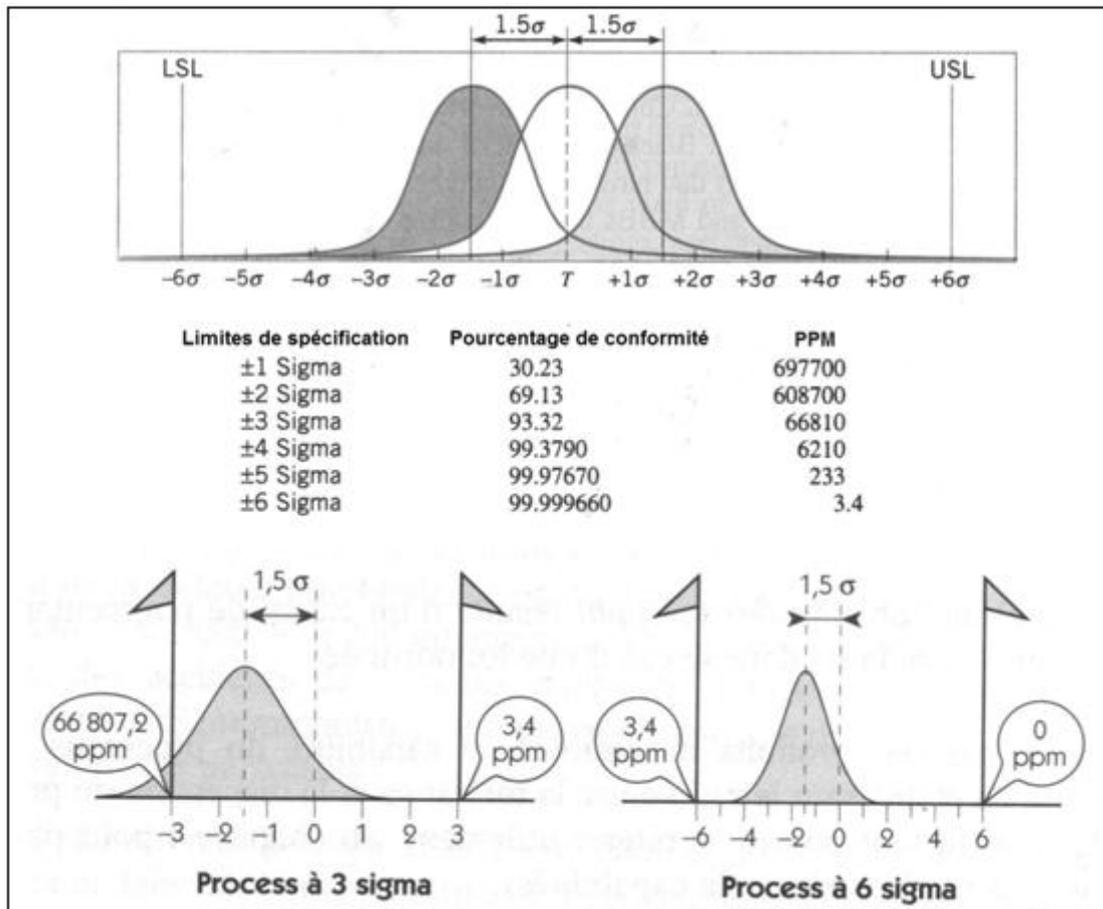


Figure I - 3. Décalage de 1,5 sigma (Montgomery, 2005; Pillet, 2008)

### 2.2.2. Boîte à outils Six Sigma

La méthode Six Sigma comprend un grand nombre de méthodes, de techniques, d'outils et d'indicateurs pour mieux résoudre les problèmes et effectuer le contrôle statistique. Le Tableau I - 3 présente la boîte à outils Six Sigma avec la fonction de chacun d'eux.

**Tableau I - 3. Méthodes, techniques, outils et indicateurs du domaine du Six Sigma** selon (Eckes, 2001; George, 2002; Harry et Schroeder, 2001; Koch et Torczewski, 2003; Pande et al., 2000; Pillet, 2008; Wiśniewska, 2006)

Domaine d'application	Nom	Rôle
Générer des idées et rechercher des solutions	Brainstorming	- Générer les idées grâce au travail créatif du groupe
	SIPOC	- Décrire les relations de l'entreprise avec ses fournisseurs et ses clients
	Benchmarking	- Comparer les processus et les méthodes de son entreprise avec leurs correspondants dans une autre organisation
	Voix du Consommateur VOC	- Apprendre les attentes et les besoins du client
	Diagramme CTQ	- Identifier et décrire les besoins et spécifications du client
	Déploiement de la Fonction Qualité QFD	- Identifier les besoins du marché - Adapter les spécifications du bien ou du service aux attentes des clients - Répondre aux attentes du client
	Diagramme de Gantt	- Etablir le planning des tâches séquentielles et simultanées
	Diagramme de relations ID	- Identifier, analyser et classer régulièrement les relations causes – résultats qui déterminent les problèmes clés
	Diagramme de Pareto	- Se concentrer sur les problèmes clés pour obtenir une amélioration plus efficace
	5 why	- Trouver les causes racines du problème
	Diagramme d'Ishikawa	- Trouver et guérir les causes du problème - identifier, exploiter et classer toutes les causes détaillées de problème
	Diagramme d'arbre	- Faciliter les décisions et l'analyse en dessinant les tâches
	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité AMDEC	- Déterminer et classer les défaillances d'un produit ou d'un processus - Définir les actions à entreprendre pour éliminer les défaillances potentielles - Documenter le processus du développement
	Diagramme des affinités	- Rassembler et grouper un grand nombre d'idées
	Analyse du champ de force	- Identifier les effets positifs et négatifs des changements
	Flowchart	- Effectuer une présentation graphique des processus - Identifier le flux ou la séquence des tâches
	Graphique en toile d'araignée	- Evaluer la performance - Illustrer la différence entre la performance actuelle et la performance idéale
Graphique du temps	- Observer les tendances de données de processus obtenues dans une certaine période de temps	
Diagramme de matrice	- Trouver des relations entre les informations	

Effectuer le traitement statistique	Analyse du Système de Mesure MSA	- Déterminer le niveau d'erreurs causées par le système de mesure
	Répétabilité et Reproductibilité R&R	- Examiner la précision du système de mesure
	Feuille de contrôle	- Calculer et rassembler régulièrement les données
	Histogramme	- Analyser le centrage et la forme du processus - Rassembler et dessiner les données de processus obtenues dans un certain horizon de temps
	Test d'hypothèse	- Confirmer la loi normale des échantillons
	Cartes de contrôle	- Reconnaître les sources de variation, - Surveiller et améliorer les processus dans un horizon de temps
	Capabilité du processus	- Mesurer la conformité du processus aux exigences ou aux spécifications des clients - Réduire la variabilité
	Analyse de corrélation	- Identifier et mesurer les relations possibles entre deux variables
	Régression linéaire simple	- Modéliser et étudier les relations possibles entre deux variables
	Plan d'expériences DOE	- Tester simultanément les compositions des facteurs, - Tester plusieurs facteurs avec quelques graphiques temps - Choisir la meilleure solution
	Analyse de la variance ANOVA	- Etudier les observations qui dépendent d'un ou plusieurs facteurs à la fois
Evaluer la satisfaction client	Pièces Défectueuses Par Million PPM	- Calculer le nombre d'éléments défectueux pour un million de pièces
	Défauts Par Million d'Opportunités DPMO	- Calculer le nombre de défauts pour un million de possibilités de leur apparition
	Niveau de sigma	- Calculer le niveau de la qualité

### **2.2.3. Domaines d'application du Six Sigma**

La méthode Six Sigma, mise au point chez Motorola dans les années 80, est utilisée par les plus grandes entreprises mondiales, par exemple Allied Signal, General Electric, Polaroid, ABB, Whirlpool, Bombardier Transportation Polska, Sauer Danfoss, Citibank, Sony, Seagate, Ford (Domańska, 2005; Eckes, 2000; Karaszewski, 2001, 2004). Ces grands groupes ont obtenu des bénéfices financiers importants, une meilleure organisation du travail et une amélioration de la qualité de leurs produits :

- Motorola :
  - o 16 milliards de dollars d'économies dans les années 1986-2001 ;
  - o Réduction des défauts en cours de production de 99,7% ;
  - o Augmentation de la productivité de 12% chaque année.

- General Electric :
  - 4,4 milliards de dollars d'économies dans les années 1996-1999.
- Honeywell :
  - 1,8 milliards de dollars d'économies dans les années 1998-2000.
- Allied Signal :
  - 0,5 milliards de dollars d'économies en 1998 ;
  - Réduction du temps de lancement de produit de 50%.
- Ford :
  - 1 milliard de dollars d'économies dans les années 2001-2003 ;
  - l'augmentation de la satisfaction client de 5%.
- Polaroid Corporation :
  - Augmentation du profit de 6% chaque année ;
  - Réduction du temps de lancement de produit de 50% (Domańska, 2005; Harry et Schroeder, 2001; Kaźmierczak, 2002; Kwak et Anbari, 2006).

La mise en œuvre de la méthode Six Sigma est accompagnée par toute une infrastructure dont le niveau de responsabilité et de compétence est variable (Tableau I - 4). Le rôle de l'infrastructure du Six Sigma est d'atteindre l'objectif cible en employant les ressources de l'organisation d'une manière appropriée, notamment les ressources humaines (Koch et Torczewski, 2003).

**Tableau I - 4. Infrastructure du Six Sigma** selon (Ho et al., 2008; Koch et Torczewski, 2003; Pillet, 2008)

Élément de l'infrastructure	Responsabilité	Nombre de personnes
Responsable de l'entité	Pilotage stratégique : motiver, diriger, assurer une vision à long terme, éliminer les obstacles, surveiller les projets	1 par organisation
Champion	Pilotage stratégique et pilotage tactique : assurer l'allocation appropriée des ressources, choisir les candidats pour devenir les Black Belts	1 par organisation
Master Black Belt	Pilotage tactique et pilotage opérationnel : choisir et former les Black Belts, surveiller les projets	1 pour 10 Black Belts
Black Belt	Pilotage tactique et pilotage opérationnel : réaliser les projets Six Sigma, former les Green Belts	1 pour 100 employés
Green Belt	Pilotage opérationnel, conduite et suivi : diriger les petites équipes, aider les Black Belts, mener ses propres projets	environ 25% du personnel opérationnel

## 2.3.Méthode Lean Six Sigma

### 2.3.1. Définition du Lean Six Sigma

Les concepts Lean Manufacturing et Six Sigma sont de plus en plus appréciés par les grandes entreprises grâce à leur influence favorable sur la productivité et leurs résultats qualitatifs et financiers, ce qui mène par conséquent à renforcer leur position sur le marché. Par suite de l'évolution de ces deux méthodes, l'hybride Lean Six Sigma LSS s'est formé pour agir de manière plus complète sur l'ensemble du système de l'entreprise, en réalisant en même temps les objectifs de ces deux concepts. En conséquence, l'application conjointe du Lean et du Six Sigma permet à chacune de ces méthodes de se compléter et par synergie de renforcer leur efficacité pour améliorer le fonctionnement de l'organisation (Arnheiter et Maleyeff, 2005; Corbett, 2011; George, 2002; Salah et al., 2010; Snee, 2010). En effet, le concept Lean Six Sigma est plus efficace que l'emploi séparé du Lean et du Six Sigmas, pour réduire le gaspillage et améliorer la qualité dans l'organisation (Figure I - 4) (Gremyr et Fouquet, 2012; Leseure et al., 2010).

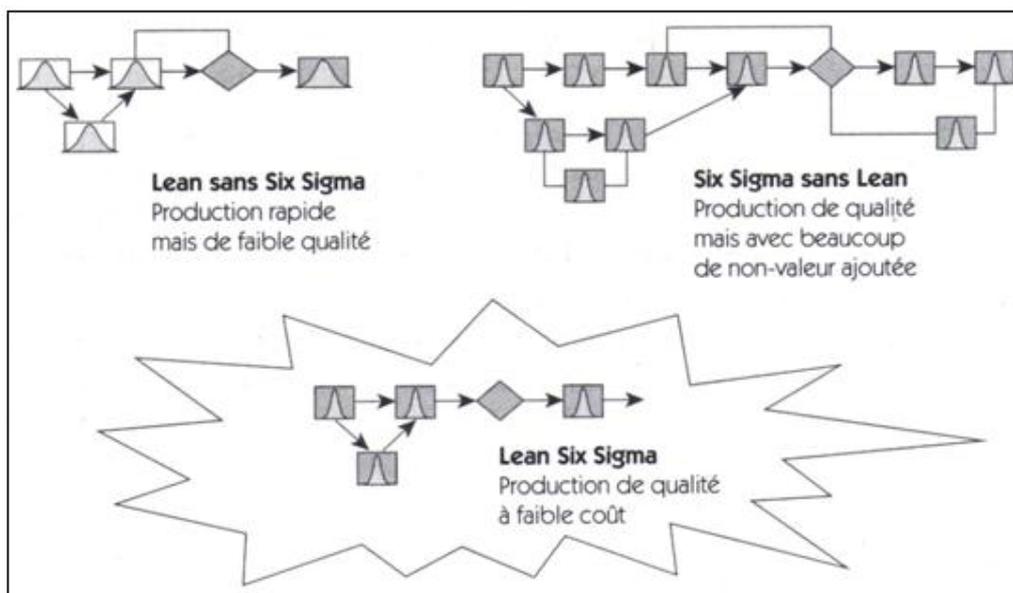


Figure I - 4. Complémentarité des méthodes Lean et Six Sigma (Pillet, 2008)

Ainsi Lean Six Sigma est devenu une méthode intéressante pour les entreprises. En effet, elle répond à leurs attentes, en offrant l'amélioration de la productivité, de la qualité tout en permettant des économies. Cette approche s'appuie sur le scénario de type « win-win » pour ses acteurs – l'organisation et ses clients. Le but visé par ces deux méthodes est similaire : la satisfaction du client. Néanmoins la réalisation est différente pour chacun de ces concepts. Lean se focalise à préparer rapidement la commande client, en assurant un prix accessible et en améliorant progressivement la qualité de ses produits (Antony et al., 2003). Le Six Sigma vise à réduire la variabilité des processus pour améliorer radicalement la qualité des processus critiques du point de vue du client – *Critical-To-Quality*. Six Sigma permet de mesurer et par la suite de contrôler la variabilité, alors que dans le Lean, la variabilité n'est appréhendée que de façon qualitative (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009).

Le fondement du Lean Six Sigma (Figure I - 5) se résume aux 4 clés de cette méthode :

- Satisfaire les clients en leur fournissant rapidement le bien ou le service d'une haute qualité et conforme à leurs attentes ;
- Pour répondre aux exigences des clients, il faut améliorer les processus de l'organisation, en réduisant la variabilité et le gaspillage ;
- Travailler en équipe pour trouver les solutions et être plus performant ;
- Prendre des décisions en se basant sur les données (George et al., 2006; Karaszewski, 2006b).

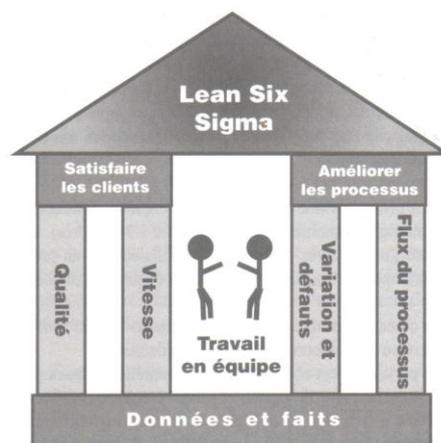
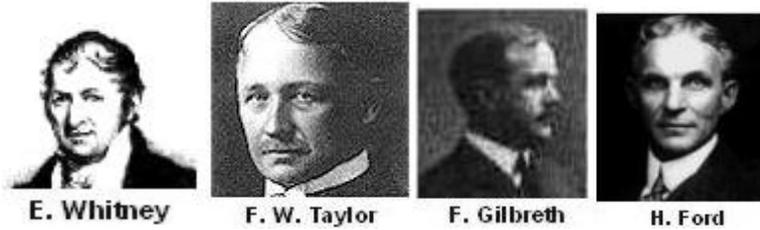


Figure I - 5. Piliers du concept Lean Six Sigma (George et al., 2006)

Le concept Lean Six Sigma s'appuie sur 5 principes (George et al., 2006) qui permettent de rendre son application efficace :

- Loi n°1 – la loi du marché : « les besoins du client définissent la qualité et sont la plus haute priorité de l'amélioration » ;
- Loi n°2 – la loi de la flexibilité : « la vitesse de n'importe quel processus est proportionnelle à sa flexibilité (c'est-à-dire, la facilité avec laquelle les gens peuvent passer d'une tâche à l'autre » ;
- Loi n°3 – la loi de la concentration : « les informations montrent que 20% des activités au sein d'un processus causent 80% des problèmes et des retards » ;
- Loi n°4 – la loi de la vitesse « loi de Little » : « la vitesse de tout processus est inversement proportionnelle à la quantité de travaux en cours » ;
- Loi n°5 – la loi de la complexité et du coût : « la complexité d'une offre de service ou du produit ajoute généralement plus de coûts et des travaux en cours que ne le font des problèmes de qualité (sigma peu élevé) ou de lenteur (contraire de Lean) ».

Le concept Lean Six Sigma a été publié pour la première fois en 2002 dans le livre de M. George « *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed* », mais en fait le LSS réalise l'intégration et la synthèse d'une longue histoire de l'industrie manufacturière (Figure I - 6).



**1799** – **E. Whitney** a introduit les pièces d'échange.  
**1875** – **F. W. Taylor** a observé les méthodes de travail pour étudier le temps d'opérations (*Time Study*) et standardiser les tâches. Ses travaux ont été suivis par **F. Gilbreth** qui a analysé les mouvements des opérateurs (*Motion Study*). **L. Gilbreth** a introduit la motivation du personnel.  
**1910** – **H. Ford** a introduit la ligne de montage en continu

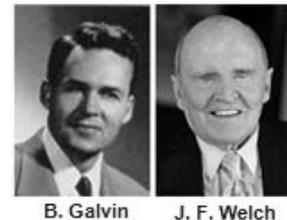
**1924** – **W. A. Shewhart** a introduit le concept des cartes de contrôle dans les laboratoires Bell.  
**1937** – **K. Toyoda** a lancé une nouvelle philosophie du travail *Toyota Production System* (TPS).  
 Après la deuxième guerre mondiale – L'intérêt des entrepreneurs japonais porté aux concepts de **K. Ishikawa**, **E. Deming** et **J. Juran**, ainsi qu'aux nouvelles méthodes de management : le système de Ford, la Maîtrise Statistique des Procédés (*Statistical Process Control*) et la Qualité Totale (*Total Quality Management*).



**1949 – 1975** – Chez **Toyota Motor Company**, **T. Ohno** et **Sh. Shingo** ont appliqué entre autres le système de Ford, la Maîtrise Statistique des Procédés et les ont améliorés en introduisant le juste-à-temps, le travail en équipe, la fabrication en cellules, la réduction de temps de changement d'outil et la production en petits lots.  
**1954** – L'intégration de tous ces outils et méthodes donne naissance à la philosophie du travail *Toyota Production System*.

**1988** – Publication de **J. Krafcik** qui explique le concept *Lean Production*.

**années 80** – Chez **Motorola**, **B. Galvin** a introduit le concept de la qualité de processus de « six sigmas ».  
**1988** – Motorola a gagné US Baldrige National Quality Award et le concept du six sigmas a été adopté par des grands groupes, notamment par **General Electric** avec **J. Welch**.



**1990** – Première utilisation de la notion *Lean Manufacturing* dans le livre de **J. Womack** « *The Machine That Changed The World* ».  
**2002** - Première publication concernant le concept Lean Six Sigma dans le livre « *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed* » par **M. George**.

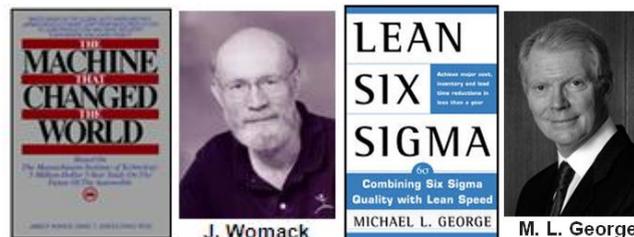


Figure I - 6. Histoire du Lean Six Sigma selon (Blaik, 1996; Montgomery, 2005; Oakland, 2008; Piński et Trębski, 2004; Leseure-Zajkowska, 2004a)

### 2.3.2. Boîte à outil du Lean Six Sigma

Dans l’approche traditionnelle, les outils du Lean Six Sigma sont habituellement groupés par rapport à leur utilisation dans les étapes du processus DMAIC (Chowdhury, 2004; George et al., 2006; George, 2002; Koch et Torczewski, 2003; Pillet, 2008; Wolniak, 2005). Dans le Tableau I - 5, nous avons comptabilisé les références à ces outils dans 20 ouvrages et publications scientifiques traitant du LSS.

Tableau I - 5. Boîte à outils du Lean Six Sigma

Etape DMAIC	Boîte à outils LSS	Outils du LSS cités par les 20 auteurs référents																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D	SIPOC	x	x	x			x											x	x		
	Voix du Consommateur VOC	x	x	x	x																
	Diagramme CTQ	x														x		x			
	Diagramme des affinités	x	x														x		x		
	Diagramme de relations ID	x	x														x	x			
	Diagramme de matrice	x	x	x	x														x	x	
	Déploiement de la Fonction Qualité QFD	x	x		x												x	x			
M	Schéma du processus de production				x						x										
	Diagramme Spaghetti				x						x										
	Value Stream Mapping VSM	x	x	x	x						x								x	x	
	Feuille de contrôle	x	x	x									x	x			x	x			x
	Déploiement de la Fonction Qualité QFD	x			x												x	x			
	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité AMDEC	x	x														x	x	x		
	Analyse de Système de Mesure MSA	x	x	x									x	x					x		x
	Répétabilité et Reproductibilité R&R	x	x										x				x	x	x		
	Histogramme	x	x										x	x			x	x			x
	Diagramme de Pareto	x	x	x									x	x	x	x	x	x			x
	Graphique du temps	x											x	x							
	Brainstorming	x	x												x		x				
	Diagramme de relations ID	x															x	x			
	Diagramme d’Ishikawa	x		x									x	x	x	x	x	x	x		
	5 why	x															x	x			
	Cartes de contrôle	x	x	x						x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Capabilité du processus	x	x										x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Pièces Défectueuses Par Million PPM	x	x											x							
Défauts Par Million d’Opportunités DPMO	x	x															x	x	x		
Niveau de sigma	x													x	x		x	x			
A	Value Stream Mapping VSM	x	x	x	x	x			x			x									x
	Entonnoir de variété de la production												x								
	Benchmarking	x															x				
	Test d’hypothèse	x	x										x	x					x		x
	Diagramme de Pareto	x	x	x										x	x		x	x			x
	Analyse de la corrélation	x	x	x											x	x		x	x		x
	Graphique du temps	x	x												x	x					
	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité AMDEC	x	x															x	x	x	
	Régression linéaire simple	x	x															x	x	x	x



### **2.3.3. Domaine d'application du Lean Six Sigma**

Selon M. George (George et al., 2006), considéré comme le gourou du Lean Six Sigma, cette méthode peut apporter de nombreux avantages pour toute organisation. Il estime que LSS est efficace pour rendre une entreprise plus rentable, en augmentant ses recettes, en réduisant les coûts, le délai de livraison et les stocks et en améliorant la satisfaction client. Le concept LSS peut également servir à développer les compétences du personnel pour mieux prendre des décisions, résoudre des problèmes et travailler en équipe. L'impact du LSS peut aussi concerner l'organisation du poste de travail, ce qui permet d'apporter des solutions d'ergonomie et d'hygiène et d'augmenter la productivité et la satisfaction du personnel.

La méthode Lean Six Sigma a été implémentée avec succès dans les grands groupes, comme par exemple Caterpillar, GE, Honeywell, International Truck, ITT Industries, NCR, Northrop Grumman, Lockheed Martin, Rockwell et Raytheon (George, 2002). Toutefois, nous n'avons pas trouvé de publications sur son application dans le secteur des PME.

### **2.4. Conclusions provenant de l'état de l'art**

La majorité des grands groupes industriels prestigieux utilise les éléments du Six Sigma et/ou du Lean Management pour augmenter le profit, améliorer la compétitivité et l'organisation. Ce fait est confirmé par une riche bibliographie concernant les résultats de l'application de ces méthodes dans les grandes entreprises. Dans le cas des PME, l'utilisation de ces concepts est beaucoup moins répandue, ce que révèle le faible nombre de publications à ce sujet. L'analyse des cas d'application distinct du Lean et du Six Sigma dans le secteur des PME de production prouve l'efficacité de ces méthodes et révèle les obstacles rencontrés pendant leur utilisation.

En conséquence, nous faisons la thèse que **dans les petites et moyennes entreprises de l'industrie manufacturière, il existe des conditions spécifiques de fonctionnement qui les différencient des grandes entreprises. Cela nous amène à la conclusion qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser tous les outils du Lean Six Sigma. Par contre, compte tenu des particularités des PME, il est indispensable de leur fournir un support méthodologique adapté pour mettre en œuvre le Lean Six Sigma.**

Nous nous proposons d'identifier les conditions de fonctionnement, les problèmes et les besoins des PME qui n'ont pas encore été étudiés jusqu'à présent afin de leur apporter une méthodologie d'application du Lean Six Sigma adaptée à leur spécificité.

### **3. Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME**

Nous avons effectué l'identification des besoins des petites et moyennes entreprises du secteur de la production dans le contexte de l'efficacité et de l'utilité de la méthode Lean Six Sigma. Cette identification de la problématique s'est basée sur la littérature disponible, les recherches menées dans le milieu scientifique, le retour d'expérience de l'industrie et aussi sur notre étude pilote.

### **3.1. Positionnement des recherches dans le contexte scientifique**

Depuis plus de 10 ans, le concept Lean fait partie des programmes de formation des universités anglo-saxonnes et asiatiques<sup>1</sup>. Selon P. Grudowski (Grudowski, 2007), la tendance mondiale montre que les grandes entreprises en concurrence mutuelle sont très exigeantes envers leurs fournisseurs – souvent des PME. Les grandes organisations attendent d'eux la haute qualité des produits, l'amélioration continue et la certification selon les normes ISO. Ceci amène les PME, qui coopèrent avec les grands groupes, à chercher de nouvelles méthodes de management plus efficaces et cela explique l'intérêt croissant pour les concepts Lean et Six Sigma.

#### **3.1.1. Recherches scientifiques concernant les éléments du concept Lean Six Sigma**

En Pologne, l'intérêt des chercheurs s'est porté sur la thématique liée aux éléments du Lean Six Sigma depuis plusieurs années. Parmi les établissements supérieurs les plus prestigieux se trouvent l'Université Technique de Wroclaw, l'Université Technique de Gdansk, l'Université de Gdansk et l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales de Varsovie.

Dans les universités polonaises, nous n'avons pas trouvé jusqu'à présent de travaux de recherche sur le Lean Six Sigma (Nauka Polska, 2012). Cependant il y a de nombreuses études concernant l'application de la méthode Lean. Le plus souvent, ces recherches portent sur l'utilisation générale du management maigre dans les usines. Par exemple, B. Ostrowski (Ostrowski, 2004) a constaté l'utilité du Lean Management lors de la restructuration des entreprises industrielles pour augmenter la productivité et la compétitivité. K. Antosz (Antosz,

2011) montre les méthodes d'emploi du Lean Management pour améliorer les processus de contrôle des machines et des équipements technologiques dans les entreprises de production.

Le Lean Management a été également étudié pour son efficacité économique par J. Czerska (Czerska, 2002b) et T. Sobczyk (Sobczyk, 2006). J. Czerska a démontré que l'application du concept Lean dans les entreprises de production contribue à la croissance de l'efficacité économique, où le volume de profit dépend du type de production. D'autre part, T. Sobczyk a indiqué une méthode d'analyse des coûts appropriée pour soutenir les processus décisifs dans les entreprises gérées avec le Lean Manufacturing.

M. Szymańska-Brałkowska propose un autre regard sur l'utilisation du management maigre (Szymańska-Brałkowska, 2011). Elle a démontré que l'emploi des outils Lean dans l'entreprise de production contribue à diminuer l'impact négatif de l'usine sur l'environnement.

Au-delà de l'application du Lean dans la production, J. Czekaj (Czekaj, 2010) a montré la possibilité d'employer la Lean Administration dans les organisations commerciales et non-commerciales.

Tous ces travaux se focalisent plutôt autour du Lean dans les grands groupes. Par exemple, les recherches effectuées par B. Kroker (Kroker, 2006, 2012) montrent que les coopératives laitières polonaises et leurs chaînes logistiques possèdent une maturité appropriée pour rivaliser sur le marché grâce au concept du Lean Thinking et aux outils du Lean Management. De même, P. Walentynowicz (Walentynowicz, 2010) a mené des études empiriques concernant la mise en œuvre du Lean Management et les problèmes que rencontre cette démarche. Ses recherches concernent six grandes entreprises polonaises, où P. Walentynowicz a identifié les facteurs de réussite et les obstacles à l'implémentation.

Le seul travail, qui établit un lien entre le Lean et le secteur des PME, est la thèse de doctorat de P. Schulze (Schulze, 2002). P. Schulze a élaboré une méthodologie d'application du Lean Production dans les moyennes entreprises de construction de machines, notamment chez les fournisseurs de composants pour l'industrie automobile. Dans son étude, P. Schulze a mis en évidence l'équilibre réalisé entre les effets pour l'entreprise, les employés et les clients.

---

<sup>1</sup>University of Kentucky, Stanford University, University of California, Massachusetts Institute of Technology, Northern State University, Purdue University, University of Leicester, Tsinghua University, University of Tokyo

En parallèle, on trouve de nombreux mémoires de master et d'ingénieur sur l'implémentation du management maigre dans les PME de production. Par exemple, en étudiant l'application du Lean dans une entreprise moyenne de production, W. Trzebiatowski (Trzebiatowski, 2011) identifie les barrières au développement des PME : le manque de stratégie, les plans à court terme ou le manque complet de planification. Il constate également l'attrait et l'intérêt du Lean Manufacturing dans l'entreprise concernée. A. Walczak (Walczak, 2012) confirme l'utilité du management maigre pour une petite entreprise de production. A l'égard des plus petites organisations, elle recommande une implémentation restreinte avec quelques outils basiques du Lean, en employant peu de ressources financières. Parmi les mémoires d'ingénieur, on trouve également les cas d'application du concept Lean dans les grands groupes. E. Leseure-Zajkowska (Leseure-Zajkowska, 2004a) confirme l'efficacité du management maigre, notamment du système Kanban avec Heijunka et MRPII, pour synchroniser les flux dans une grande entreprise de production automobile.

Les recherches concernant la problématique du Six Sigma sont peu nombreuses dans les universités polonaises. Parmi eux, il n'y a qu'un seul travail qui porte sur les petites et moyennes entreprises. Dans le cadre d'une action collective, P. Grudowski (Grudowski, 2011) a étudié l'utilisation du Six Sigma dans le secteur des PME, ce qui a prouvé que cette méthode est appropriée pour améliorer la qualité des processus technologiques et augmenter le profit de l'organisation. De plus, cette étude a permis d'identifier les besoins des PME de la région Poméranie concernant les méthodes de contrôle des procédés. Les entreprises sollicitaient principalement des formations et du consulting. Elles souhaitaient également maîtriser les processus afin de diminuer les coûts de non-conformités. Cependant, les organisations examinées ont rencontré des difficultés à identifier les non-conformités et à les éliminer. Cette situation pouvait provenir du fait que l'analyse a été rarement utilisée pour supprimer les défauts et que les entreprises ont manqué de compétences en méthodes appropriées. Ainsi les actions de contrôle, d'amélioration et de correction se sont basées principalement sur l'intuition et l'expérience. Les employés ont rarement utilisé les mesures pendant le contrôle final, en favorisant le contrôle visuel. De même, le choix des outils du Six Sigma utilisés (le brainstorming, l'organigramme, le diagramme de Pareto et les cartes de contrôle) indiquait que les organisations préféraient un petit nombre de solutions simples et rapides à mettre en œuvre. Par conséquent, les barrières clé du développement des PME étudiées ont été identifiées comme

étant le manque de temps et de personnel qualifié en Six Sigma, ainsi qu'une réticence à partager ses connaissances en dehors de l'organisation.

Les autres études empiriques sur l'utilisation des méthodes statistiques dans les entreprises polonaises ont été réalisées par un groupe de travail de l'Université Technique de Wrocław (Jednoróg et al., 2005). Les conclusions ont révélé que la connaissance des outils statistiques augmente avec la taille de l'organisation. D'une part, les petites entreprises préfèrent l'histogramme, la feuille de contrôle et le schéma du processus de production, en appréciant leur utilité pour améliorer les procédés. D'autre part, les grandes firmes favorisent des outils plus complexes et méconnus des petites organisations : le plan d'expériences DOE, l'analyse de la variance ANOVA, le test d'hypothèse et l'analyse de la régression. Les entreprises de taille moyenne emploient les mêmes outils que les petites organisations, mais également les analyses DOE et ANOVA.

Une recherche générale, sans prendre en considération la taille des entreprises, a été effectuée par W. Parysiewicz (Parysiewicz, 2005). Dans les résultats de son travail, elle a démontré que la méthode Six Sigma est applicable pour tous les processus et notamment pour la conception, pour l'identification des besoins client et pour la production. W. Parysiewicz a également constaté que ce concept est un complément des systèmes de management de la qualité grâce, en particulier, à l'approche processus.

D'autres études sur le Six Sigma portent sur son utilisation spécifique dans la fonderie. M. Szanda (Szanda, 2011) et J. Tybulczuk (Tybulczuk, 2006) présentent une méthode d'emploi du Six Sigma pour améliorer la qualité des procédés de fonderie, ce qui comprend la définition du problème, les mesures notamment avec l'indicateur DPMO, ainsi que l'analyse statistique des résultats des paramètres mesurables. A. Czarski (Czarski, 2010) a montré une large application des outils statistiques avancés dans la métallurgie, en prouvant leur efficacité pour surveiller et améliorer les processus analysés.

En France, la thématique liée aux méthodes Lean et Six Sigma a été étudiée depuis quelques années, en commençant principalement par le management maigre. Ainsi dans la région Rhône-Alpes, ce type de recherches a été lancé par les établissements supérieurs : l'Université de Savoie, l'INSA de Lyon, l'Université Jean Monnet et l'ECAM Lyon.

Parmi eux, le Laboratoire SYMME de l'Université de Savoie est particulièrement actif dans l'étude d'application du Lean. Dans ce laboratoire, B. Lyonnet (Lyonnet, 2010) a développé une nouvelle approche permettant d'identifier la quantité optimale à produire avec le Lean, en prenant en considération les spécificités locales des entreprises du pôle de compétitivité Arve Industries. B. Lyonnet a constaté que les difficultés des PME consistaient à définir les problèmes, à utiliser la cartographie de la chaîne de valeur et à pérenniser les améliorations.

Les recherches menées au sujet du Lean Six Sigma sont très peu nombreuses et concernent surtout l'application de cette méthode dans les grandes entreprises. A la fois le Lean Six Sigma et le management maigre gagnent de plus en plus d'intérêt dans le secteur pharmaceutique (Cléménçon, 2009; Olivier, 2009; Levallet, 2012; Meherzi, 2009; Touzet, 2006). H. Haouzi (Haouzi, 2008) propose une méthode d'utilisation conjointe de la synchronisation des flux et du concept Six Sigma dans le contexte de l'automatique dans une grande entreprise de la production.

Le Lean fait également l'objet de l'intérêt des sociologues et psychologues français. T. Pardi (Pardi, 2011) le perçoit comme une nouvelle mentalité de travail et E. Quillerou-Grivot (Quillerou-Grivot, 2011) définit les dangers potentiels du travail collectif pour la santé et l'hygiène du travail.

D'autre part, nous n'avons trouvé qu'une seule étude sur l'utilisation du Six Sigma dans le domaine médical effectuée par K. Gerard (Gerard, 2008). Une perspective intéressante de recherche est la thèse en cours à l'Université d'Angers par I. Alhuraishh (Alhuraishh, en cours) qui évalue notamment les méthodes Lean et Six Sigma dans le contexte de l'environnement de la structure de l'entreprise.

### **3.1.2. Diffusion des connaissances du domaine du LSS**

En France et en Pologne, nous avons constaté l'existence de groupes de travail et de programmes de développement basés sur les éléments du Lean Six Sigma. L'Université Technique de Wroclaw participe à une étude approfondie sur l'utilisation du management maigre, (Koch, en cours) menée dans le cadre d'une coopération internationale avec des universités allemande, américaine et danoise. Le but de ces recherches consiste à élaborer une méthodologie basée sur le Lean Manufacturing et permettant de concevoir les systèmes de

démontage et de transformation des produits électriques et électroniques selon les directives de l'Union Européenne.

En Pologne et en France, les conférences sur le management maigre se déroulent régulièrement. Parmi elles, il y a l'Université d'été Lean (Lean Management by ECAM Lyon, 2012) et les conférences organisées par le Lean Enterprise Institute Polska (Lean Enterprise Institute Polska, 2012) et par l'Institut Lean France (Institut Lean France, 2012). Elles traitent les aspects d'une application efficace de cette méthode dans les organisations des différents domaines d'activité. Il y a également l'Enseignement Supérieur qui s'intéresse de plus en plus à l'utilisation du Lean sur le terrain. En effet, on a constaté que les diplômés – et ensuite les managers – ont des difficultés à planifier, à définir les problèmes et à pérenniser les changements correctement.

### **3.2. Positionnement des recherches dans le contexte industriel**

#### **3.2.1. Programmes de développement pour le secteur PME**

En Pologne, les programmes de développement destinés au secteur des PME concernent plus particulièrement les systèmes de management de la qualité, par exemple les programmes « Wstęp do jakości » et « Dotacja na uzyskanie certyfikatu » organisés par l'Agence Polonaise du Développement des Entreprises PARP. Dans le cadre des recherches à l'Université Technique de Gdansk (Grudowski, 2011) et à l'Université Technique de Wroclaw (Jednoróg et al., 2005), une étude sur l'utilité de la méthode Six Sigma pour les entreprises polonaises a été effectuée. Ces universités ont réalisé une action collective d'implémentation des éléments Six Sigma dans le secteur des PME, dont nous avons décrit les résultats dans la partie 3.1 de ce travail. Toutefois, il manque des actions collectives concernant la mise en œuvre du concept Lean dans les petites et moyennes entreprises et cette lacune est couverte par les consultants et les organismes de formation.

Il y a moins de recherches au sujet du Lean en France qu'en Pologne, mais ceci est compensé par la coopération entre les universités françaises, les Chambres de Commerce et d'Industrie et les pôles de compétitivité pour le développement des PME grâce au management

maigre, ce qui manque en Pologne. De plus en plus souvent, on peut observer de nouvelles initiatives locales de cette coopération comme par exemple, le club « L'Aube de l'Excellence Industrielle » lancé par l'Université de Technologie de Troyes (Club « L'Aube de l'Excellence Industrielle », 2012) et le club « Lean Manufacturing 10-52 » (L'art de garder la « Lean », 2008).

A l'initiative du gouvernement français et avec le soutien des universités ECAM, Ecole Centrale de Lyon, Ecole des Mines de Saint-Etienne et Arts et Métiers ParisTech Cluny, un programme de développement du secteur des PMI est réalisé, en se basant sur le concept Lean : « Qualité & Performance 2010 » (Le portail de l'industrie, 2010). Il a été lancé dans le but de diffuser la méthode Lean qui est considérée comme un levier de compétitivité pour l'industrie française. La réalisation du programme prend en compte les difficultés rencontrées dans le secteur des petites et moyennes entreprises de la production : la pénurie de spécialistes en management maigre, ainsi que le manque d'outils adaptés aux PME qui ne disposent pas des mêmes moyens que les grands groupes. L'objectif cible consiste à faire bénéficier 1000 PMI française de ce programme.

En France, des actions similaires ont été menées sur une grande échelle dans la région Rhône-Alpes. Il s'agit des programmes « Production au Plus Juste » (PPJ) et « Améliorer La Performance » (ALP) (Capraro et Baglin, 2002; Real et al., 2007) qui ont été réalisés avec la participation de l'Agence Régionale du Développement et de l'Innovation en Rhône-Alpes et de ses organisations qui soutiennent le développement du secteur PME : Thésame et Ceforalp. PPJ et ALP sont des actions collectives de mise en œuvre du concept Lean. Elles visent à faciliter la transformation des PME PMI de la région Rhône-Alpes. Les résultats obtenus ont confirmé que le Lean Manufacturing est applicable et utile dans le cas des PME de domaines d'activité très différents. La majorité des participants de ces deux programmes a constaté des bénéfices économiques tangibles et le développement important de leurs systèmes de la production (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009). Ces programmes ont confirmé que le management maigre est utile dans les entreprises de production indépendamment du système de management de la qualité. Ainsi il est plus facile d'implémenter le système de management de la qualité selon la norme ISO 9001 (Leseure-Zajkowska, 2002) dans une entreprise qui pratique le Lean Management, où la majeure partie des exigences de la norme est déjà atteinte. Inversement, l'application du système qualité forme une base favorable à l'introduction des principes du Lean (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2007). Les résultats de ces programmes ont également révélé

les difficultés rencontrées pendant la transformation Lean. L'obstacle principal et typique des PME est le manque de moyens financiers nécessaires pour les consultants, les formations et la réorganisation de l'usine. Un autre problème est le manque de temps à consacrer pour le projet Lean par le management. Un autre obstacle important est la maturité insuffisante des PME : une trop faible implication de la direction, un manque de vision à long terme pour le développement et une pérennisation des changements insuffisante (Ballé, 2005; Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009; Real et al., 2007). L'aspect préoccupant de ces démarches est le fait que même si les entreprises ont apprécié les changements, dans la majorité d'entre elles, les améliorations ont complètement disparu et le personnel est retourné aux anciennes méthodes dans les 3 ans qui ont suivi l'implémentation du Lean. Ceci signifie que le manque de planification et de pérennisation des changements est une barrière importante au développement du secteur des PME. Néanmoins le concept des programmes PPJ et ALP mérite d'être recommandé après quelques corrections. Cette idée permet d'augmenter efficacement le potentiel de connaissances en termes de gestion moderne, notamment les principes du Lean Management. En effet, les petites et moyennes entreprises doivent créer des pôles de compétitivité au niveau local pour échanger leurs expériences et partager les bonnes pratiques applicables dans l'amélioration des processus. Ce partenariat devrait également inclure les établissements locaux qui disposent d'un capital intellectuel en terme de méthode d'amélioration des systèmes de management (par exemple, les universités, les instituts de recherches, les centres d'excellence) (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2007). En conclusion, les expériences des programmes PPJ et ALP doivent être diffusées dans les autres pays, notamment en Pologne. Ceci contribuerait certainement à renforcer la compétitivité des PME dans les autres régions (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2007).

### **3.2.2. Regard des organismes de formation et des entreprises de consulting du domaine du LSS sur les besoins et les barrières des PME**

Les organismes de formation et de consulting spécialisés entre autre en Lean et Six Sigma disposent également d'informations sur la demande des petites et moyennes entreprises pour les méthodes modernes de management. Par conséquent, nous avons effectué des

interviews avec les représentants d'organismes polonais et français de ce type, qui possèdent une grande expérience et une clientèle variée<sup>2</sup>.

Les résultats ont confirmé leurs connaissances du domaine de la spécificité des PME, en soulignant les aspects suivants :

- La demande principale de méthodes modernes de management provient des firmes de plus de 100 employés spécialisées en production et en services de fabrication parce qu'elles possèdent les moyens financiers appropriés et des flux complexes ;
- Les petites et moyennes entreprises disposent des ressources limitées pour l'amélioration (manque de moyens financiers, de temps et de spécialistes qualifiés) ;
- Parmi les PME qui commandent les formations ou la mise en œuvre du Lean, il se trouve fréquemment les filiales autonomes d'une corporation ou les fournisseurs de grands groupes qui utilisent les éléments du LSS ;
- Malgré un faible intérêt des services pour le LSS, la sollicitation du Lean augmente dans les banques et dans les centres de services ;
- Un manque total d'intérêt aux éléments du LSS par les microentreprises ;
- Les petites firmes dégraissent leur chaîne de la valeur de manière intuitive et sans outils Lean ;
- Les PME ont tendance à appliquer les outils LSS de façon ponctuelle et pas toujours correcte ;
- Sur le marché, il manque des managers bien formés pour mener les projets Lean et Six Sigma, et pour maintenir et développer les changements apportés ;
- Une faible qualité de l'enseignement supérieur dans le domaine du Lean et du Six Sigma.

---

<sup>2</sup> Les entreprises de formation et de consulting contactées sont entre autres LeanQ, Académie Lean 6 Sigma, AXSENS et Quaternaire.

### **3.3. Etude des besoins et des problèmes des PME dans le contexte du LSS**

Une étude statistique menée sur une grande échelle dans les PME, basée sur un large échantillon, serait vouée à l'échec à la fois en Pologne et en France. En effet, il serait difficile de rassembler un nombre suffisant<sup>3</sup> résultats concernant les bénéfices et les obstacles de fonctionnement du LSS dans les petites et moyennes organisations parce que très peu de PME utilisent cette méthode. Une contrainte supplémentaire serait une faible ouverture de ces entreprises à la coopération avec des universités et une réticence aux questionnaires.

Ainsi dans le cadre de l'étude de la spécificité du secteur PME pour l'application et l'utilisation du concept Lean Six Sigma, nous avons effectué l'analyse de cas, des observations, des interviews et l'étude pilote dans les petites et moyennes entreprises en Pologne et en France. Ces recherches nous ont permis d'identifier les besoins, les attentes, les expériences d'amélioration continue et les problèmes qu'on rencontrés ces entreprises. En même temps, l'étude a exposé les avantages possibles de la mise en œuvre du Lean Six Sigma dans les PME et les éventuels obstacles à l'application et à l'utilisation de cette méthode. Les résultats de nos recherches ont pris aussi en considération les suggestions et les attentes du personnel, ce qui a confirmé définitivement la sollicitation du Lean Six Sigma dans les PME.

Dans un premier temps, nous avons contacté 60 petites et moyennes firmes en France et en Pologne. Dans ce but, nous avons effectué des invitations par la poste, le courrier électronique, le téléphone et une relance des invitations a également été réalisée. 23 entreprises ont accepté de participer dans l'étude. Parmi elles, nous avons sélectionné les 18 organisations aptes à l'analyse comparative. Finalement, 18 PME ont participé à l'étude pilote, dont 50% d'entreprises françaises et 50% polonaises. Le choix de micros, petites et moyennes firmes était équilibré avec une répartition de 33% pour chacune. De même, nous avons équilibré les proportions entre des entreprises de production, de services de fabrication et de services (33% pour chaque domaine d'activité). Les PME en question se sont spécialisées en différents domaines : automobile, conseil, finance, vestimentaire, commercial, alimentaire, transport, plastique, esthétique et bijouterie. 22% des entreprises du panel étaient certifiées pour leur système de management de la qualité et 33% des PME employaient les outils du Lean ou du Six Sigma.

---

<sup>3</sup> La taille minimale d'échantillons à mener une analyse statistique est 30.

L'étude pilote que nous avons menée (cf. Annexe I) a démontré que la méthode Lean Six Sigma est applicable et efficace dans les petites et moyennes entreprises de production dans les secteurs d'activités divers et d'une maturité différente en Pologne et en France. La comparaison des conditions polonaises et françaises nous permet de constater que les besoins, les barrières et les avantages d'application des éléments du LSS sont similaires dans les deux pays. Néanmoins, nous avons remarqué que les PME polonaises ont plus souvent que leurs correspondants français implémenté les outils du Lean ou du Six Sigma. D'autre part, les entreprises françaises ont davantage de certificats de qualité. Le besoin d'augmenter la productivité dans les usines polonaises peut être la cause de leur utilisation plus fréquente des outils du Lean et du Six Sigma. Nous avons constaté une divergence des attentes d'implémentation des éléments du LSS dans les deux pays. Les PME françaises espèrent plus souvent obtenir les fonds nécessaires pour leur développement et coopérer dans le cadre d'un pôle de compétitivité. Elles souhaitent également appliquer les méthodes de management à l'image des grands groupes. Incontestablement, dans les deux pays, les entreprises qui emploient les éléments du LSS, ont des difficultés à utiliser correctement les outils du Lean ou du Six Sigma, surtout dans le cas des PME françaises, ce qui est probablement dû à la popularité plus faible de ces méthodes dans les entreprises examinées.

Pour poursuivre nos recherches, nous avons ciblé une catégorie d'entreprises particulière, en tenant compte d'une part du besoin du secteur PME d'améliorer constamment son offre client pour se développer et améliorer sa compétitivité, et d'autre part des conditions de fonctionnement de la chaîne logistique. Finalement, nous avons privilégié le groupe des entreprises les plus intéressées par les méthodes modernes de management. Les PME de production ciblées sont les fournisseurs de grandes entreprises qui utilisent déjà la méthode Lean Six Sigma. Une telle chaîne logistique possède des liens durables et forts entre le fournisseur et le manufacturier. De plus en plus souvent, cela permet au manufacturier d'imposer certaines exigences à ses fournisseurs, comme l'utilisation de méthodes modernes de management et la maîtrise de la qualité des produits. En même temps, cette démarche provoque une mobilisation et une grande implication de ces PME dans l'amélioration continue, ce qui crée un environnement favorable à l'application et l'utilisation de la méthode Lean Six Sigma avec efficacité et pérennité. Il s'agit de la même situation pour une PME qui subit des exigences en tant que filiale autonome d'une corporation qui lui impose des exigences. Nous avons constaté une sollicitation au Lean Manufacturing de la part des PMI. Cependant, le Lean Services n'a que très peu

intéressé les entreprises de service. De plus, parmi les PME, il n'y avait pas de demande pour les autres formes du Lean. L'étude a révélé que les microentreprises et les services se caractérisent par une faible motivation pour l'amélioration continue et par un manque de besoin véritable de réorganiser leurs usines.

La poursuite de notre étude pilote a confirmé une thèse que malgré l'intérêt porté aux méthodes modernes de management, les PME rencontrent de nombreuses limites et obstacles pour appliquer Lean Six Sigma. Notre analyse de ces difficultés coïncide avec les opinions des autres chercheurs (Poznańska, 2004), démontrant ainsi que les problèmes concernent notamment le manque de ressources financières suffisantes pour lancer un projet, mais aussi l'inaccessibilité à des spécialistes qualifiés dans le domaine de l'amélioration continue. Nous avons aussi révélé que les obstacles concernent également le manque de temps pour réaliser le projet, la faible maturité du secteur PME et le manque de connaissance des outils du Lean Six Sigma. De plus, compte tenu de leur taille réduite, de leur bonne communication en interne et de processus décisionnels simplifiés par rapport aux grandes entreprises, les PME n'ont pas besoin d'appliquer tous les outils disponibles dans la boîte à outils Lean Six Sigma (Leseure et al., 2010).

Le choix des outils du Lean Six Sigma pour les PME doit donc privilégier des outils peu compliqués et efficaces qui garantissent au maximum la simplicité, la flexibilité et la rapidité des résultats. Les recherches démontrent que la grande majorité des outils du Lean Manufacturing peut être efficacement utilisée dans les PME, contrairement aux nombreux outils du Six Sigma qui semblent trop compliqués et excessivement laborieux et donc a priori inapplicables. Ceci concerne notamment les outils destinés à collecter et à classer un grand nombre d'informations aussi bien que les outils qui exigent une connaissance avancée des méthodes statistiques d'analyse des données. Chaque entreprise doit, de manière individuelle, prendre la décision finale du choix et du nombre d'outils du Lean Six Sigma à appliquer, en se basant sur ses besoins et ses capacités réels (Leseure et al., 2010). De plus, il apparaît des différences importantes concernant les besoins d'outils selon la taille et la maturité de l'entreprise. Pour les entreprises de plus de 100 personnes, l'usage des outils Lean et de certains outils Six Sigma bien adaptés peut leur permettre de réorganiser leurs processus, de gérer leurs flux et leurs stocks et également de contrôler la qualité de leurs produits. En revanche pour les plus petites entreprises, la sphère d'application des outils du Lean Six Sigma doit être strictement restreinte aux améliorations

ponctuelles des processus ciblés, pour qu'elle puisse répondre aux besoins et aux attentes spécifiques de ce type d'entreprises. L'étude a également révélé que les PME ayant conscience de la qualité sont plus prédisposées aux améliorations possibles avec LSS, ce que confirme également M. Urbaniak (Urbaniak, 2009). Le plus souvent, la culture qualité résulte de leur démarche de certification, de la coopération durable avec un client exigeant ou de l'appartenance à un grand groupe industriel. De même, A. Mazur et H. Gołaś préconisent l'approche processus comme une solution efficace pour réorganiser les processus d'une PME (Mazur et Gołaś, 2005).

Les cas d'utilisation du Lean Six Sigma menés par les PME jusqu'à présent démontrent leur intérêt croissant pour les méthodes Lean et Six Sigma. Ceci s'explique par le développement organisationnel dans les grands groupes industriels, ce qui crée une émulation pour les PME. Dans les pays développés de l'Europe, aux Etats Unis et au Japon, les plus petites organisations utilisent assez couramment un des outils clé du Six Sigma et de la Maîtrise Statistique des Procédés (les cartes de contrôle) afin d'assurer une haute qualité des produits grâce au contrôle actif des procédés. Les autres outils statistiques sont souvent considérés comme trop compliqués, prenant trop de temps et exigeant des qualifications spécialisées. Sur le terrain, l'application du Lean Manufacturing s'appuie sur les outils comme 5S ou SMED, mais leur emploi n'est pas toujours correct (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009). En effet, les petites et moyennes entreprises ont tendance à employer les outils du Lean et du Six Sigma de façon sélective et temporaire. En général, ces mesures correctives ne s'appuient pas sur l'analyse approfondie du problème et l'identification de l'étendue des améliorations est intuitive et basée sur l'expérience des employés. Le manque de régularité et de profondeur d'analyse dans la définition du problème et de l'identification méthodique des processus critiques réduit considérablement l'efficacité des démarches d'amélioration (Leseure et al., 2010). De plus, l'incapacité de pérenniser les changements mène à leur disparition. Ceci nous a conduits à élaborer des solutions pour l'amélioration continue adaptées au secteur des PME. En particulier, le rôle du consultant Lean Six Sigma doit être précisé pour qu'il puisse mettre en œuvre la méthode, tout en formant l'entreprise à maintenir le nouveau système organisationnel de façon autonome.

Dans nos recherches, la difficulté de planifier, de motiver le personnel et de pérenniser les changements a attiré notre attention. Il y a quelques solutions pour résoudre ces problèmes. P. Grudowski et W. Dębski (Grudowski et Dębski, 2005) confirment la nécessité d'impliquer activement les employés pour la transformation efficace des PME et la pérennisation des

changements. Dans le même contexte, J. Daly et A. Papadopoulos (Daly et Papadopoulos, 2004) démontrent que dans le secteur des PMI, la productivité dépend des compétences du personnel, mais aussi du leadership qui vise la satisfaction du travail, la motivation et la bonne communication. K. Rosa (Rosa, 2005) souligne la nécessité de motiver le personnel des PME pour augmenter la productivité et la qualité. Comme éléments de motivation, il définit la garantie du travail, l'augmentation des salaires, le travail en équipe et la possibilité d'autoréalisation. De plus, A. Kawecka-Endler (Kawecka-Endler, 2007) recommande une ergonomie et une humanisation du travail qui sont intégrées en Lean Management. Dans le but de pérenniser les changements dans les petites et moyennes entreprises, on peut employer le Modèle E.F.Q.M. Son utilisation dans le secteur des PME est conseillée par H. Kitzmann (Kitzmann, 2004) et J. Zymonik (Zymonik, 2005) pour mesurer les performances de l'entreprise, s'autoévaluer et améliorer la compétitivité. Les recherches de S. Badowska (Badowska, 2010) ont confirmé que la coopération au sein d'un pôle de compétence est une méthode efficace pour développer les PME et améliorer leur compétitivité, en les amenant à établir des liens avec leurs partenaires en business. S. Badowska a également identifié un obstacle important de développement des PME : la résistance à la coopération et au partage des connaissances en dehors de l'organisation. Autrement, M. Gallais (Gallais, 2009) recommande une action collective comme étant la méthode d'apprentissage la plus adaptée aux petites et moyennes entreprises.

### **3.4. Conclusions**

Malgré le nombre croissant de travaux sur le management maigre et sans une moindre mesure sur le Six Sigma, en France et en Pologne, nous n'avons trouvé que très peu de références sur le concept du Lean Six Sigma qui sont principalement consacrées à son application dans les grandes entreprises. Il y a également peu d'études concernant la mise en œuvre des éléments du LSS dans les PME. Les programmes de développement actuels nécessitent d'élargir leur thématique et d'impliquer plus d'entreprises. L'étude pilote effectuée a montré l'intérêt des PME porté aux éléments du LSS. Toutefois, nous avons constaté que, compte tenu de leur spécificité, ces organisations nécessitent des solutions adaptées à leur problématique et à leurs limites.

L'étude des travaux scientifiques, des programmes de développement dans l'industrie et l'étude pilote ont permis de mettre en évidence une lacune des recherches concernant la méthode Lean Six Sigma pour les petites et moyennes entreprises. Il manque également d'études qui évaluent l'efficacité et les conditions de fonctionnement du Lean Six Sigma dans le secteur des PME. En raison du manque de méthodes utiles et appropriées, il est pertinent d'élaborer un modèle d'application du Lean Six Sigma adapté à la spécificité des PME du secteur de la production et basé sur un nombre minimal d'outils simples et efficaces. Dans la méthodologie que nous proposons, il est indispensable de prendre en considération la difficulté des petites et moyennes entreprises à planifier, définir les problèmes et pérenniser les améliorations apportées.

## **4. Chapitre III - Méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma dans les PME de production**

A partir des conclusions du *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME* concernant l'étendue des recherches, les besoins et problèmes des PME polonaises et françaises dans le contexte du LSS, nous avons élaboré une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma pour ces entreprises. Cette méthodologie constitue une réponse au besoin d'un support méthodologique pour les PME de production qui a été révélé au cours du *Chapitre I – Concepts Lean Management et Six Sigma dans le secteur des PME* comme une lacune des recherches et confirmé par les recherches présentées dans le *Chapitre II* comme une lacune méthodologique. Par conséquent, le domaine d'application de la méthodologie concerne particulièrement les PME polonaises et françaises du secteur de la production.

Nous avons défini le domaine de recherche comme étant les petites et moyennes entreprises de production, qui fonctionnent dans les divers domaines d'activité du marché polonais et français et qui se distinguent par leur grande motivation à l'amélioration continue. L'étude des besoins et des problèmes des PME dans le contexte du LSS a démontré, qu'elles se caractérisent par leur niveau de maturité différent et par des ressources limitées en termes de connaissances, moyens financiers et temps. Ceci a mis en évidence un besoin d'élaborer une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma adaptée à la spécificité de ce secteur. Une autre conclusion importante de l'étude était la nécessité de limiter le nombre d'outils du Lean Six Sigma destinés aux petites firmes par rapport aux moyennes entreprises.

#### **4.1.Objectifs et intérêt de la méthodologie proposée**

Nous avons appelé la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma pour les PME « **méthodologie LSS Plutus** ». Son nom provient de la combinaison de deux mots : l'**abréviation LSS** du concept Lean Six Sigma et **Plutus, qui dans la mythologie grecque signifie la divinité de richesse et d'abondance, représentée avec la corne d'abondance** (Parandowski, 1990). Ainsi le nom LSS Plutus accentue les nombreux avantages qu'a une entreprise à appliquer la méthode Lean Six Sigma.

Nous avons donné le nom « projet LSS » à une forme de la méthodologie LSS Plutus destinée à l'usage pratique par les petites et moyennes entreprises. Préalablement, le projet LSS a

été utilisé afin de vérifier l'efficacité de la méthodologie proposée pour développer les petites et moyennes entreprises du secteur de la production. Désormais, il sert à employer le concept Lean Six Sigma pour réaliser les objectifs des PME de production en termes d'amélioration de la qualité, du prix, du temps de préparation de commande et de satisfaction client.

#### **4.1.1. Adaptation de la méthodologie LSS Plutus à la spécificité du secteur des PME**

Le fait de destiner la méthodologie LSS Plutus aux petites et moyennes entreprises exige son adaptation à la spécificité de ces organisations. L'analyse du *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME* a mis en évidence aussi bien les ressources limitées des PME en termes de qualification des employés en Lean Six Sigma, que le peu de disponibilité du temps et de moyens financiers pour mener la mise en œuvre d'une telle démarche. Par conséquent, en proposant la structure du projet LSS, y compris le choix des outils, nous visons à rendre le concept Lean Six Sigma accessible et convivial pour le secteur des PME de production. Cela nécessite de simplifier la méthodologie et de la rendre claire pour les personnes n'ayant pas de connaissance des méthodes modernes de gestion, en préservant en même temps l'efficacité de la démarche. Pour cela, nous avons élaboré les critères ci-dessous qui servent de base pour l'adaptation de la méthodologie LSS Plutus à la spécificité du secteur des PME :

- L'efficacité dans la réalisation des buts de l'entreprise ;
- La rapidité et la facilité de mise en œuvre du projet LSS et l'emploi des outils ;
- La possibilité de mener le projet LSS par des personnes n'ayant pas de connaissance du Lean Six Sigma ;
- Le besoin d'engager un minimum de temps et de ressources financières.

En prenant en considération ces critères d'adaptation aux PME, dans la méthodologie LSS Plutus, nous avons utilisé les solutions présentées ci-dessous :

- Le concept Lean Six Sigma a été retenu comme un outil pour l'organisation des différents domaines d'activités afin d'améliorer les résultats efficacement en termes de qualité, de prix, de délai de livraison et de satisfaction des clients ;

- La boîte à outils LSS destinée à être utilisée dans le projet LSS prend en considération la spécificité des PME et regroupe des outils qui leurs sont adaptés ;
- L'approche système est adoptée au sein du projet LSS par application d'un modèle d'amélioration continue DMAICS et de la philosophie Total Quality Management afin d'assurer l'efficacité des changements ;
- L'approche processus basée sur Business Process Management (BPM) a été retenue avec la notation Business Process Modeling & Notation (BPMN), et ce :
  - Pour faciliter l'application du projet LSS en indiquant les actions successives d'amélioration ;
  - Pour visualiser et gérer les processus métier ;
  - Pour présenter en détails les étapes de la méthodologie LSS Plutus dans l'approche processus avec le standard BPMN ;
  - Pour préparer une analyse de fonctionnement de l'entreprise plus juste grâce au déploiement du Value Stream Mapping ;
  - Pour utiliser l'arbre de problèmes et l'arbre de décision en BPMN afin d'indiquer les processus d'entreprise à améliorer et choisir les solutions appropriées.
- Une pérennisation durable et efficace des changements grâce à la proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M.<sup>4</sup> qui prend en compte les conditions de fonctionnement de la méthode Lean Six Sigma dans les PME ;
- La possibilité de rendre la méthodologie accessible aux petites et moyennes firmes grâce à sa présentation en forme d'un guide pratique d'application du concept LSS dans les PME.

---

<sup>4</sup>E.F.Q.M. – Fondation Européenne pour le Management par la Qualité (EFQM, 2012).

#### **4.1.2. Destination particulière de la méthodologie LSS Plutus**

Parmi les PME de production auxquelles la méthodologie LSS Plutus est destinée, il y a quelques profils d'entreprises où nous avons constaté une demande considérable d'un support méthodologique pour l'amélioration de l'organisation avec le concept Lean Six Sigma. Il s'agit surtout des petites et moyennes entreprises qui fonctionnent en forte dépendance de grandes organisations qui exigent d'elles une application des méthodes modernes de gestion. Dans cette situation, les PME de production existent sur le marché en tant que filiales autonomes d'un grand groupe industriel ou comme fournisseurs réguliers d'une grande firme de production. Dans le premier cas, les exigences sont imposées par la société mère qui attend l'amélioration des performances. Tandis que, dans le deuxième cas, la PME fait face à l'obligation d'appliquer des méthodes modernes de gestion comme condition de coopération de la part de son client – une grande entreprise de production qui elle-même utilise ces techniques. De plus, un support méthodologique approprié est attendu également par les actionnaires et la direction des PME de production qui souhaitent améliorer l'organisation afin de gagner en compétitivité sur le marché.

Nous avons également observé une demande de méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma de la part des entreprises moyennes de services de fabrication qui sont souvent en sous-traitance pour de grands groupes industriels appliquant la méthode Lean Six Sigma. Dans le cas de ces entreprises du secteur des services de fabrication, l'emploi de la méthodologie LSS Plutus est possible sans nécessiter d'adaptation particulière.

#### **4.1.3. Définition du « client du projet » et du « CTQ du client du projet »**

La réalisation du projet LSS, basé sur la méthodologie LSS Plutus, vise à atteindre le but de l'entreprise fixé selon les besoins et les attentes du « client du projet » qui sont exprimés sous la forme du « CTQ du client du projet ». Conformément à l'approche processus (Imai, 1997; Leseure-Zajkowska, 2004b) et à la perception de chaque processus de la chaîne logistique en relation fournisseur – client, le nom « client du projet » dans la méthodologie LSS Plutus représente les participants de l'organisation. Pour cette raison, le projet LSS peut être destiné à

satisfaire les besoins de ses clients externes ainsi qu'internes. Toutefois la place la plus importante est celle du consommateur parce que le volume de ventes et les revenus dépendent fortement de la capacité qu'a l'organisation à répondre aux exigences du consommateur.

Les besoins du client du projet sont identifiés en forme d'attributs CTQ (pour Critical-To-Quality) qui servent à déterminer le but du projet LSS. Dans la méthodologie LSS Plutus, les attributs CTQ sont interprétés comme les caractéristiques critiques du bien ou service qui sont indispensables pour obtenir la satisfaction du client du projet.

Un motif déterminant de la mise en œuvre du projet LSS est l'apparition de nouvelles exigences du client du projet à l'égard de l'entreprise de production appartenant au secteur PME. Avant de commencer à réaliser la démarche, la direction devrait évaluer les avantages potentiels qu'elle peut obtenir en répondant aux besoins du client du projet, afin de décider d'adopter ou d'abandonner la démarche. Il est indispensable de veiller à la satisfaction du client du projet le plus important : le consommateur.

En se basant sur les conclusions provenant du *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME*, le projet LSS sera appliqué principalement dans les entreprises de production du secteur PME qui doivent faire face :

- A la nécessité de satisfaire les attentes des consommateurs en termes d'amélioration de la qualité, du prix, de la disponibilité et des spécifications du produit ;
- Aux exigences de mise en œuvre des méthodes modernes de gestion et d'organisation comme une condition de coopération de la part d'un client qui est une grande entreprise de production utilisant elle-même des méthodes similaires et souhaitant les étendre à toute sa chaîne logistique ;
- Aux exigences de mise en œuvre des méthodes modernes de gestion et d'organisation de la part de la société mère dans le but d'augmenter le profit et de continuer le développement autonome de l'entreprise ;
- Au développement intense de l'entreprise et à la conquête de nouveaux marchés.

De plus, le projet LSS peut servir également à satisfaire les attentes des autres participants de l'environnement de l'organisation définis comme les clients externes et internes (Tableau III - 1). Dans ce cas, le projet LSS est mené uniquement à condition de rapporter des

bénéfices significatifs pour l'entreprise et en considération de sa spécificité, ses besoins, ses plans et ses limites.

En raison du rôle important du consommateur dans la méthodologie LSS Plutus, sa satisfaction doit être prise en considération lors du choix des axes de réalisation du but du projet. Par exemple, quand le client du projet est représenté par les actionnaires et que le CTQ comprend l'augmentation du profit, la voix du consommateur devrait être entendue. Par exemple, si la croissance du profit peut être obtenue soit par l'augmentation de la marge et du prix, soit par la réduction des coûts, l'entreprise devrait se pencher vers la deuxième solution qui respecte le CTQ des consommateurs. De plus, en prenant de nombreuses décisions au sein du projet LSS, l'organisation devrait s'appuyer sur ses besoins réels et adapter le plan d'amélioration à sa propre spécificité en tenant compte de ses limites.

**Tableau III - 1. Caractéristique des besoins des différents clients du projet LSS** selon (Gierszewska et Romanowska, 2003)

Types de clients du projet LSS		Exemples du CTQ du client du projet	Avantages potentiels pour une entreprise grâce à la réalisation du CTQ du client du projet
Clients externes	Clients :		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin d'atteindre les attentes des consommateurs en termes de qualité, de prix, de disponibilité et de spécification du bien ou du service,</li> <li>• Désir d'obtenir une innovation de produits ou de biens d'un haut niveau technique,</li> <li>• Changement des besoins des consommateurs en termes de volume d'achat, de prix, de qualité et de spécification du produit achetés à cause du changement des revenus des ménages dans une nouvelle situation économique,</li> <li>• Exigence d'augmenter la sécurité de l'exploitation des produits pour les enfants,</li> <li>• Demande croissante des produits alimentaires biologiques variés due à la sensibilisation à la nutrition saine,</li> <li>• Tendance croissante des consommateurs à choisir les biens ou les services également à l'égard de l'impact des activités de l'entreprise sur l'intérêt social, par exemple la protection de l'environnement, les actions de charité, le chômage local,</li> <li>• Besoin d'une bonne image de la société pour choisir ses produits plutôt que les produits similaires disponibles sur le marché</li> </ul>	Obtenir le profit de la vente

Types de clients du projet LSS		Exemples du CTQ du client du projet	Avantages potentiels pour une entreprise grâce à la réalisation du CTQ du client du projet
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Client directs, par exemple des grandes entreprises de production, des grossistes, des distributeurs, des magasins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besoin d'atteindre les attentes des clients en termes de qualité, de prix, de temps de préparation de commande et de spécification du bien ou du service,</li> <li>Exigence de mise en œuvre des méthodes modernes de gestion et organisation comme de la part d'une grande entreprise qui utilise elle-même les méthodes similaires et souhaite les étendre sur toute sa chaîne logistique,</li> <li>Durcissement des exigences qualitatives et organisationnelles de la part du client clé lorsqu'il a obtenu une dotation de développement de l'union européenne</li> </ul>	Obtenir le profit de la vente, fidéliser les clients
	Fournisseurs :		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fournisseurs de matières premières et sous-traitants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplir les conditions permettant une coopération mutuellement bénéfique, par exemple une mise en œuvre des indicateurs de qualité et des méthodes modernes de gestion chez un fournisseur, ainsi qu'un engagement d'augmenter la qualité et la fréquence des livraisons en échange de la signature d'un contrat d'achat de matières premières à long terme</li> </ul>	Améliorer la qualité des matières, réduire les coûts dus au stockage des matières
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fournisseurs d'informations, du savoir-faire, des techniques et technologies modernes, du financement, ainsi que d'une promotion du domaine d'activité et du secteur des PME (établissements de recherches, organismes de soutien aux entreprises, grappes d'entreprises)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opportunité pour des universités d'effectuer des stages pour leurs étudiants dans la PME et de développer des méthodes dans le milieu industriel en échange de l'apport de savoir-faire et de technologies modernes,</li> <li>Livrer des informations concernant le domaine d'activité, apporter les services de conseil, de formation et de marketing ou accorder le financement par des organismes de soutien aux PME (par exemple chambres d'industrie, chambres d'artisanat, agences régionales de développement, incubateurs d'entreprises, parcs industriels et technologiques, fonds européens),</li> <li>Coopération des PME appartenant au domaine d'activité similaire au sein d'une grappe d'entreprises dans le cadre d'un pôle de compétitivité</li> </ul>	Obtenir des informations, développer le potentiel des employés, utiliser les compétences et le financement requis pour améliorer les biens ou les services et le fonctionnement de l'entreprise
	Régulateurs :		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agences de régulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obligation de remplir les exigences juridiques, environnementales ou du secteur d'activité,</li> </ul>	Obtenir le droit d'exercer l'activité, éviter de payer des amendes

Types de clients du projet LSS		Exemples du CTQ du client du projet	Avantages potentiels pour une entreprise grâce à la réalisation du CTQ du client du projet
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Groupes d'intérêts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promouvoir les droits des femmes et des personnes handicapées au travail,</li> <li>Lutter pour retirer les substances admises, mais dangereuses pour la santé, des produits destinés aux bébés et aux petits enfants,</li> </ul>	Garder une bonne image d'entreprise et de ses produits, éviter de payer des dédommagements
	Partenaires stratégiques (les producteurs de biens complémentaires inclus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coopération des partenaires stratégiques dans le cadre du benchmarking et cofinancement des investissements,</li> <li>Coopération avec un producteur de biens complémentaires dans le but d'augmenter le volume de vente des deux produits (par exemple assurer la compatibilité d'un logiciel avec un matériel informatique) ou de viser simultanément une action de marketing de deux biens à la même clientèle,</li> </ul>	Développer l'entreprise, accroître le développement de l'organisation, augmenter le volume de vente
Clients internes	Propriétaires d'organisation (les actionnaires et la société mère inclus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volonté du propriétaire de gagner de l'argent, de développer sa société, de perpétuer l'entreprise familiale ou de veiller à une bonne image de l'organisation,</li> <li>Besoin des actionnaires d'obtenir des profits,</li> <li>Exigence de mise en œuvre des méthodes modernes de gestion et d'organisation de la part de la société mère dans le but d'augmenter le profit et de continuer le développement de la société,</li> </ul>	Obtenir le profit de vente, développer l'entreprise, donner une bonne image de la société
	Direction (le conseil d'administration inclus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exécuter les exigences des actionnaires,</li> <li>Augmenter le profit, développer la firme,</li> <li>Besoin d'un soutien à la réalisation de la politique, de la stratégie et des objectifs d'entreprise de façon plus efficiente,</li> <li>Exploitation optimale des ressources d'organisation,</li> <li>Maintenir les emplois et éviter la délocalisation d'usine,</li> <li>Dans le cas de la position grandissante de la concurrence, améliorer l'offre en termes de qualité, de temps de livraison, de prix, ainsi que livrer des biens ou des services conformes aux attentes des clients,</li> <li>Dans la situation du succès croissant des produits de substitution, lancer un produit similaire sur le marché ou entreprendre une action de marketing pour renforcer la position de son produit</li> </ul>	Obtenir le profit de vente, garder les clients, améliorer les performances de gestion, développer la société

Types de clients du projet LSS		Exemples du CTQ du client du projet	Avantages potentiels pour une entreprise grâce à la réalisation du CTQ du client du projet
	Salariés (y compris les syndicats)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opportunités d'évolution de carrière,</li> <li>• Améliorer la sécurité et les conditions du travail,</li> <li>• Augmenter les salaires,</li> <li>• Lutter contre les licenciements collectifs et la délocalisation d'usine,</li> <li>• Respect du code du travail par l'employeur,</li> </ul>	Augmenter l'engagement des employés dans les objectifs d'entreprise, améliorer la productivité et la qualité des opérations, éviter les pertes financières dues à l'absentéisme, aux grèves et à la mauvaise image d'entreprise après avoir rendu publics les problèmes
	Départements d'entreprise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin d'un soutien à la réalisation des objectifs d'un département d'entreprise, par exemple               <ul style="list-style-type: none"> <li>- R&amp;D, Marketing et Service Consommateur – développement et lancement des produits compétitifs,</li> <li>- Production, Maintenance, Qualité et Méthodes Industrielles – augmentation de productivité, de qualité de produits et des économies,</li> <li>- Approvisionnement et Achats, R&amp;D et Qualité – choix optimal des fournisseurs et leur évaluation,</li> <li>- Qualité, Approvisionnement et Achats et Méthodes Industrielles – mise en œuvre des méthodes modernes de gestion chez le fournisseur pour améliorer la qualité et le respect de délais des livraisons,</li> <li>- Service Client, Approvisionnement et Achats, Production, Maintenance, Qualité, Méthodes Industrielles et Expédition – réduction du temps de réalisation de commandes,</li> <li>- Service Client, Approvisionnement et Achats, Administration, Comptabilité, Ressources Humaines et Service Informatique – meilleure gestion des flux d'informations, de documents, d'argent et des processus concernés par ces flux afin de réduire les retards et les erreurs dans les commandes, les paiements et les payes,</li> <li>- Production, Maintenance, Service Informatique et Service Nettoyage – amélioration de la sécurité et de l'ergonomie lors d'exploitation et conservation de machines, nettoyage des postes du travail et utilisation de l'équipement informatique</li> </ul> </li> </ul>	Améliorer le fonctionnement et les performances de l'entreprise

## 4.2.Principaux éléments de la méthodologie LSS Plutus

Dans le but de renforcer l'efficacité et la durabilité des améliorations qui ont été apportées aux performances de l'entreprise, ainsi que pour développer l'organisation, nous avons introduit des éléments appartenant aux deux disciplines scientifiques dans la méthodologie LSS Plutus : « Economie et administration des entreprises » / « Sciences de gestion » et « Génie électrique, électronique, ingénierie informationnelle » / « Productique » (Tableau III – 2). En matière de bases philosophiques, de méthodologie, d'outils, de pérennisation des améliorations et d'approche système nous avons utilisé les éléments de la gestion de production. De plus, l'approche processus a été effectuée grâce à la modélisation d'entreprise. Afin d'éviter les décisions erronées lors de la réalisation du projet LSS, nous avons employé un modèle conceptuel du cycle en V qui est couramment utilisé dans les domaines de la gestion de projet et de l'ingénierie des systèmes.

Les éléments les plus importants dont la méthodologie LSS Plutus est composée ont le concept Lean Six Sigma, le modèle d'amélioration continue DMAICS, ainsi que l'approche processus avec Business Process Management qui emploie la modélisation des processus métiers avec le standard Business Process Modeling & Notation. Les autres éléments permettent de compléter la méthodologie afin de renforcer l'efficacité de ses résultats.

Tableau III - 2. Caractéristique des éléments principaux de la méthodologie LSS Plutus

Eléments de la méthodologie LSS Plutus	Rôle des éléments dans la méthodologie LSS Plutus	Discipline scientifique <sup>5</sup> associée
Concept Lean Six Sigma	<ul style="list-style-type: none"><li>Le principal élément de la méthodologie LSS Plutus qui apporte un support philosophique et méthodologique ainsi qu'une richesse des outils LSS adaptés à la spécificité des PME,</li><li>Approche de management orientée sur la satisfaction client, ainsi que sur l'élimination du gaspillage et des défauts de qualité,</li></ul>	« Economie et administration des entreprises » / « Sciences de gestion » : gestion de la production

<sup>5</sup>Classification selon l'Organisation de coopération et de développement économiques OECD (Wikipedia, 2012a, 2012c) et l'arrêté du Ministre de l'Education Nationale et de l'Enseignement Supérieur du 8 août 2011(Dz.U. 2011 nr 179 poz. 1065) (Wikipedia, 2012b). La classification polonaise des domaines scientifiques fait objet d'adaptation à la classification des domaines scientifiques et technologiques de l'OECD.

Eléments de la méthodologie LSS Plutus	Rôle des éléments dans la méthodologie LSS Plutus	Discipline scientifique <sup>5</sup> associée
Total Quality Management TQM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche système appliquée à la gestion des processus pour améliorer les performances de l'organisation,</li> <li>• Les concepts de qualité des principaux pères fondateurs du TQM : W. E. Deming, J. Juran et P. Crosby,</li> <li>• Une large utilisation d'amélioration continue KAIZEN : l'approche philosophique, le concept de la roue de Deming, le travail en équipe et le groupe KAIZEN,</li> </ul>	
Principes du management de la qualité de la norme EN ISO 9004:2009 <sup>6</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ensemble de principes qui soutient une réalisation efficace et durable des actions visant l'amélioration des produits et le fonctionnement de l'organisation orientée client,</li> </ul>	
Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. qui complète l'auto-évaluation de fonctionnement (les critères « Personnel » et « Processus, Produits et Services ») et résultats d'entreprise (les critères « Résultats pour les Clients », « Résultats pour le Personnel » et « Résultats clés ») avec les conditions de fonctionnement de la méthode Lean Six Sigma dans les PME,</li> </ul>	
Modèle d'amélioration continue DMAICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche système pour réaliser le projet LSS grâce à l'arrangement, la synchronisation et la gestion des processus compris dans cette démarche, ainsi que grâce à la recherche et l'élimination des sources de gaspillage et des défauts de qualité,</li> </ul>	
Business Process Management BPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une réalisation de l'approche processus basée sur BPM avec le standard Business Process Modeling &amp; Notation BPMN afin de visualiser et gérer les processus métier,</li> <li>• Une présentation détaillée des étapes de la méthodologie LSS Plutus dans l'approche processus avec le standard BPMN,</li> <li>• Une analyse de fonctionnement de l'entreprise plus juste grâce au déploiement du Value Stream Mapping qui comprend les quatre types des flux appartenant au BPMN,</li> <li>• L'arbre de problèmes et l'arbre de décision effectués en BPMN pour indiquer les processus d'entreprise à améliorer et choisir les solutions appropriées,</li> </ul>	<p>« Génie électrique, électronique, ingénierie informationnelle » / « Productique » : modélisation d'entreprise</p>
Modèle conceptuel « cycle en V »	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation des processus de vérification et de validation pour éviter des décisions erronées lors de la planification et la réalisation du projet.</li> </ul>	<p>« Economie et administration des entreprises » / « Sciences de gestion » : gestion de projet, « Génie électrique, électronique, ingénierie informationnelle » / « Productique » : ingénierie des systèmes</p>

<sup>6</sup>Norme EN ISO 9004:2009 possède une version polonaise PN-EN ISO 9004:2010 et française NF EN ISO 9004:2009 (ANFOR, 2012; ISO, 2012; PN-EN ISO 9004:2010, 2010).

La base de la méthodologie LSS Plutus est constituée du concept de Lean Six Sigma qui apporte sa philosophie, son approche méthodologique et la richesse de ses outils afin d'atteindre les buts du client du projet. Par conséquent, selon le type du client du projet, la méthode LSS répond à ses différents besoins. Dans le projet LSS, le concept LSS sert donc d'une part à améliorer les résultats principalement du domaine du profit, des coûts, du prix, du délai de réalisation de commande, de la qualité et des conditions du travail. D'autre part la méthode LSS contribue à satisfaire les clients en concevant et fabriquant les biens et les services conformes aux attentes des consommateurs. Pour atteindre les objectifs du client du projet, le concept Lean Six Sigma s'appuie sur :

- La réduction des opérations n'apportant pas de la valeur ajoutée ;
- Les méthodes statistiques pour prévenir l'apparition des défauts et contrôler la qualité ;
- Les techniques de résolution de problèmes pour rechercher et éliminer les causes des défauts dus aux non-conformités.

Dans la méthodologie LSS Plutus, parmi un ensemble varié et riche de la boîte à outils LSS, nous avons choisi uniquement les méthodes, techniques, outils et indicateurs qui conviennent le plus à la spécificité et la problématique du secteur des PME.

L'ensemble des bases philosophiques de la méthodologie LSS Plutus est assurée par :

- L'orientation client selon le concept Lean Six Sigma ;
- Le Lean Thinking, ou une manière de penser « maigre » ;
- La transformation de l'organisation, y compris la création d'une nouvelle culture de l'entreprise selon le Lean Management ;
- Une recherche du niveau de la qualité de six sigmas, ainsi que des zéro défaut avec la méthode Six Sigma ;
- L'amélioration intense avec Six Sigma de la qualité des caractéristiques d'un bien ou d'un service qui ont une importance cruciale pour le client ;
- Le processus d'amélioration continue avec le modèle DMAICS ;
- L'amélioration continue des processus, des biens ou des services et le développement de ressources humaines selon le Total Quality Management compatibles avec la philosophie KAIZEN ;
- Les principes du management de la qualité de la norme ISO 9004:2009.

Au sein de la méthodologie LSS Plutus, la qualité totale TQM (Abrunhosa et Moura E Sá, 2008; Blaik, 1996) sert particulièrement à rendre la transformation de l'organisation avec le Lean Management plus efficace en termes de nouvelle culture d'entreprise et d'exploitation du potentiel des employés. Une revue des théories des principaux pères fondateurs du TQM – W. E. Deming, J. Juran et P. Crosby (Bicheno, 2002; Montgomery, 2005) a permis d'enrichir la gestion des ressources humaines basée sur le Lean Management et d'accentuer certaines techniques du Lean Six Sigma<sup>7</sup>:

- 1) Le leadership orienté sur le soutien et l'encouragement du personnel à améliorer l'organisation du travail et le bien ou le service ;
- 2) La création d'une culture de l'organisation qui aide à atteindre les objectifs et libérer le potentiel humain ;
- 3) L'intégration d'amélioration continue dans le fonctionnement de l'organisation ;
- 4) Le processus d'amélioration continue qui cherche à améliorer la réalisation d'un bien ou d'un service avec l'aide du personnel et en s'appuyant sur le cycle PDCA et sur les méthodes statistiques ;
- 5) La qualité définie en tant que conformité avec les spécifications ;
- 6) L'utilisation du concept « zéro défaut », en concevant les processus et organisant les postes du travail d'une manière qui empêche l'apparition des défauts ;
- 7) L'orientation sur les actions préventives.

Dans le cadre de l'approche système, la philosophie TQM, notamment l'implication des propriétaires de toutes les opérations, sert à définir les relations entre les processus qui ont un impact sur l'amélioration de l'organisation. Le point de vue holistique sur l'ensemble des processus dans l'entreprise, leur identification et leurs interactions à l'intérieur du système permettent de retrouver et d'éliminer plus efficacement les causes de la mauvaise qualité des biens ou des services les plus importants pour le client du projet. De plus, l'approche système engage tous les employés, y compris la direction, à viser la satisfaction du client du projet sur leurs postes du travail, en agissant sur les problèmes qui empêchent de réaliser les attentes du client.

---

<sup>7</sup> Selon W. E. Deming (points 1 et 4), J. Juran (points 2 et 3) et P. Crosby (points 4, 5, 6 et 7).

Il n'est pas nécessaire de compléter explicitement la méthodologie LSS Plutus avec l'amélioration continue Kaizen. En effet, elle fait déjà partie intégrante de la méthode Lean où Kaizen fonctionne en tant qu'outil du management maigre, en apportant le concept du cycle de Deming (Montgomery, 2005), le travail en équipe, le groupe Kaizen et les bases philosophiques de l'amélioration continue et progressive de tous les processus de l'entreprise. Soulignons que la philosophie Kaizen favorise l'approche processus parce que, comme l'indique son fondateur M. Imai (Imai, 1997) : « Le processus suivant c'est le client » et « Pour améliorer les résultats, il faut améliorer le processus ».

Les principes du management de la qualité (ANFOR, 2012; ISO, 2012; PN-EN ISO 9004:2010, 2010) provenant de la norme ISO 9004:2009 ont été intégrés en tant que bases philosophiques de la méthodologie LSS Plutus à cause de leur apport pour améliorer l'organisation orientée sur la satisfaction client. Ci-dessous, nous décrivons la façon d'utiliser les huit principes du management de la qualité dans le projet LSS :

- Principe 1. Orientation client :
  - Employer le concept Lean Six Sigma qui vise la satisfaction client.
- Principe 2. Leadership :
  - Le management est basé sur une structure plate de gestion (un nombre faible de niveaux hiérarchiques) qui favorise une communication ouverte ;
  - Créer une culture d'organisation modelée sur les principes du Lean Management et du TQM : aider au lieu de surveiller uniquement, libérer le potentiel humain inexploité, maintenir durablement l'engagement des salariés.
- Principe 3. Implication du personnel :
  - Engager tous les employés de l'organisation en amélioration continue, y compris la direction ;
  - Intégrer les salariés dans le processus décisionnel, en les impliquant dans le travail du groupe Kaizen et dans le système de suggestion de personnel, ainsi qu'en leur communiquant les résultats ;
  - Faciliter la communication de tous les employés grâce à la structure plate de gestion, à la culture de l'organisation basée sur Lean Management et TQM au travail en équipe ainsi qu'à l'intégration et à la coopération des représentants de différents services au sein du groupe Kaizen ;

- Evaluer la satisfaction du personnel selon une proposition de modification des critères du modèle d'excellence E.F.Q.M.
- Principe 4. Approche processus :
  - Elaborer une cartographie, modéliser, concevoir et améliorer les processus métier de l'organisation selon BPM dans le standard BPMN ;
  - Possibilité de devenir le client du projet pour chacun des acteurs de la chaîne logistique.
- Principe 5. Management par approche système :
  - Utiliser la philosophie du TQM et le modèle d'amélioration continue DMAICS dans le projet LSS.
- Principe 6. Amélioration continue :
  - Le projet LSS pour une amélioration constante basée sur le Lean Six Sigma ;
  - Une pérennisation des améliorations et un développement de l'organisation ;
  - Le groupe Kaizen.
- Principe 7. Approche factuelle pour la prise de décision :
  - Choisir le but du projet en s'appuyant sur les besoins du client du projet, la voix du consommateur et la situation de l'entreprise aussi bien que sur les actions d'amélioration basées sur les mesures et l'analyse des données réelles ;
  - Réaliser les actions de contrôle et de correction, en s'appuyant sur les mesures et leur analyse ;
  - Assurer la précision du système de mesure.
- Principe 8. Relations mutuellement bénéfiques avec les fournisseurs :
  - Encourager à la coopération durable avec les fournisseurs situés dans les environs de l'usine, en favorisant les livraisons fréquentes et leur qualité.

Afin de pérenniser efficacement les changements obtenus et d'établir une organisation capable de s'auto-améliorer, nous proposons une modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. (EFQM, 2012). Ceci permettra de prendre en compte la spécificité du secteur des PME, en permettant à ces entreprises de procéder à leur auto-évaluation dans le contexte de la méthode Lean Six Sigma et de planifier les actions correctives.

La structure de la méthodologie LSS Plutus est basée sur la roue de qualité PDCA et le modèle d'amélioration continue DMAICS. Or l'élément supplémentaire est le modèle conceptuel du cycle en V. Par conséquent, l'utilisation pratique de la méthodologie LSS Plutus s'appuie sur le concept de la roue de Deming où l'amélioration durable et efficace est possible uniquement grâce à la réalisation itérative des actions décrites dans le cycle PDCA<sup>8</sup> (Harmol et Mantura, 1998). Dans la méthodologie proposée, le déploiement de la roue de Deming résulte en cycles du modèle DMAICS, dont les acronymes correspondent aux significations suivantes : D – définir, M – mesurer, A – analyser, I – améliorer (en anglais *Improve*), C – contrôler, ainsi que S – standardiser et pérenniser les changements (Pillet, 2008). Le modèle DMAICS est une version élargie du modèle plus connu DMAIC<sup>9</sup>, qui dans la monographie de M. Pillet, a été complété explicitement par le sixième élément « standardiser / pérenniser » – standardiser et pérenniser les solutions apportées. En ajoutant l'étape finale du modèle, M. Pillet porte une attention particulière à la nécessité de surveiller et stimuler les améliorations dès lors que le projet est accompli. L'objectif de l'étape S est donc une allocation des ressources adéquates afin de garantir la pérennité et la reproduction des solutions réussies (Pillet, 2008), ainsi que d'assurer la poursuite du développement de la société. Dans le cadre de la méthodologie LSS Plutus, les équivalents des quatre pas de la roue de Deming sont représentés par les six étapes du projet LSS qui sont basées sur le modèle DMAICS. Le rapport PDCA – DMAICS est illustré sur la Figure III - 1 et s'exprime de la manière suivante :

- L'étape de la roue de Deming « Plan » – les étapes du projet « Define », « Measure » et « Analyze » : effectuer une planification qui comprend la définition du but du projet, les mesures et l'analyse des processus problématiques en s'appuyant sur les données réelles et vérifiées ;
- L'étape de la roue de Deming « Do » – l'étape du projet « Improve » : réaliser les améliorations basées sur les résultats de l'analyse et en accord avec le but du projet et la voix du consommateur ;

---

<sup>8</sup>Signification de l'acronyme PDCA : P (anglais *plan*) – planifier, D (anglais *do*) – réaliser, C (anglais *check*) – contrôler, A (anglais *act*) – agir (Harmol et Mantura, 1998).

<sup>9</sup>Signification de l'acronyme DMAIC : D (anglais *define*) – définir, M (anglais *measure*) – mesurer, A (anglais *analyze*) – analyser, I (anglais *improve*) – améliorer, C (anglais *control*) – contrôler (Montgomery, 2005).

- L'étape de la roue de Deming « Check » – l'étape du projet « Control » : vérifier, si l'objectif du projet est atteint d'une manière satisfaisante, surveiller les solutions réussies et les standardiser, indiquer les changements insuffisants à corriger lors du prochain projet LSS ;
- Une proposition d'attribuer l'étape du projet « Standardize » à l'étape de la roue de Deming « Act » : standardiser les changements avantageux, pérenniser les améliorations, poursuivre le développement de l'organisation.

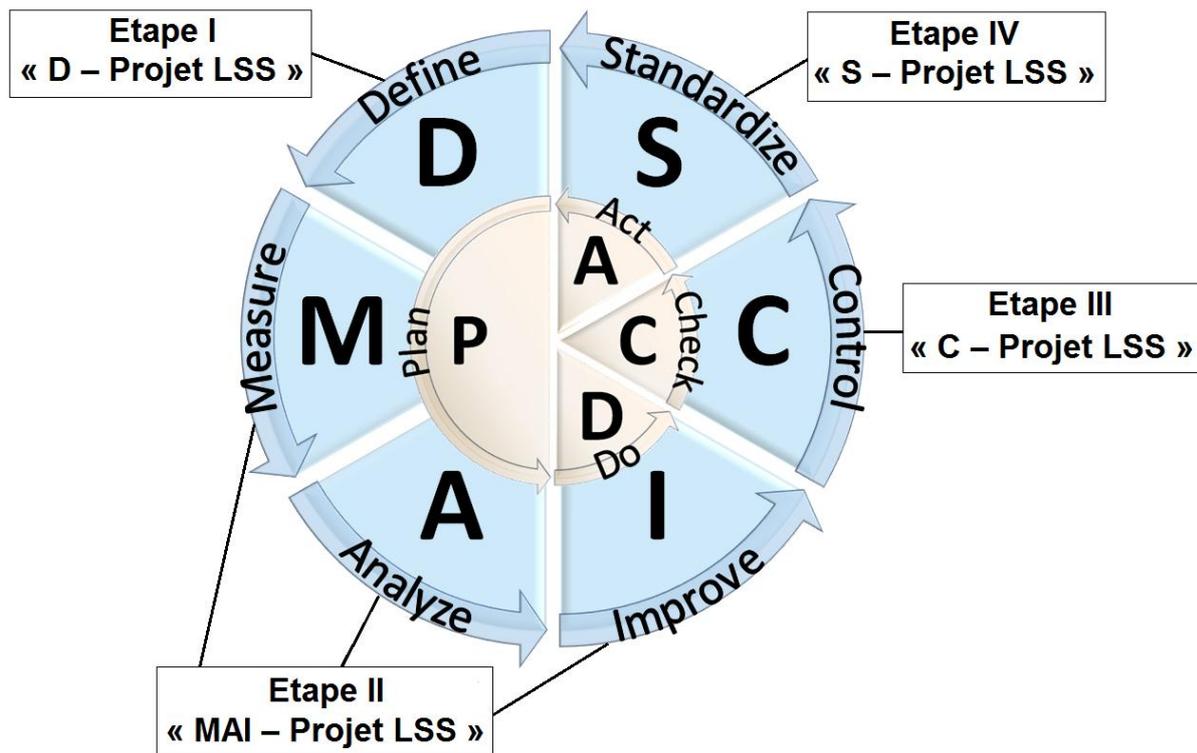


Figure III - 1. Intégration du concept de la roue de Deming et du modèle d'amélioration continue DMAICS dans la méthodologie LSS Plutus

Le modèle DMAICS, approprié à la mise en œuvre de la méthode Six Sigma, est utilisé dans la méthodologie LSS Plutus pour construire les étapes du projet d'amélioration de l'entreprise basé sur le concept Lean Six Sigma (Figure III - 1) :

- L'étape « Define » – l'étape I « D – Projet LSS » *Définir le but du projet LSS*,
- Les étapes « Measure », « Analyze » et « Improve » – l'étape II « MAI – Projet LSS » *Mener des actions d'amélioration avec LSS* qui est composé d'une part de la sous-étape MAICS – Lean pour améliorer les performances de l'entreprise et la réorganiser

éventuellement avec le concept Lean, et d'autre part de DMAICS – Six Sigma pour augmenter radicalement la qualité et poursuivre à résoudre des problèmes avec Six Sigma ;

- L'étape « Control » – l'étape III « C – Projet LSS » *Evaluer les résultats du projet LSS* ;
- L'étape « Standardize » – l'étape IV « S – Projet LSS » *Pérenniser des améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise.*

La structure, le déroulement et l'utilisation de la méthodologie LSS Plutus sont basés sur l'approche système et processus (Wawak, 2006). La réalisation de l'approche système est effectuée grâce au management complexe et orienté qualité avec TQM d'une part, et d'autre part à cause de l'application du modèle DMAICS étendu sur le projet LSS entier, contrairement à son utilisation habituelle uniquement pour mettre en œuvre le concept Six Sigma. Ainsi la philosophie TQM enrichit l'approche qualité chez les employés à travers l'entreprise entière, ce qui forme la base d'une nouvelle culture de la société en termes de confiance, respect, reconnaissance, motivation, coopération et engagement durable.

D'autre part, l'approche système, qui apparaît dans le modèle DMAICS pour effectuer le projet LSS, est réalisée grâce à la formalisation, à la synchronisation et à la gestion des processus qui sont compris dans la démarche et représentés par l'approche processus avec le Business Process Management.

Ainsi l'application du modèle d'amélioration continue DMAICS aide à identifier les relations entre les processus qui existent dans l'entreprise et qui ont un impact sur le CTQ du client du projet. Par la suite, il facilite également la recherche et l'élimination des causes racines du gaspillage et des défauts de qualité à travers l'intégralité de l'organisation. Une présentation des pas successifs de la démarche sous la forme de processus en BPM et avec la notation Business Process Modeling & Notation BPMN rend la réalisation des étapes du projet LSS plus claire et plus efficace (Leseure et al., 2011). Ceci est possible parce que les actions qui aident à surveiller, mesurer, analyser et améliorer les processus consistent notamment à définir leurs interactions, séquences d'apparition, buts, propriétaires et ressources nécessaires. Une autre simplification est une description de la façon de réaliser chaque étape de la méthodologie en indiquant les outils appropriés. Par conséquent, l'application de l'approche système dans le

projet LSS permet de porter un regard plus complet sur l'organisation, ce qui mène à gérer les processus plus habilement, ainsi qu'à atteindre les objectifs de la démarche avec efficacité.

L'outil informatique, utilisé dans le projet LSS pour améliorer les performances de l'organisation, est TIBCO Business Studio (TIBCO, 2012). En effet, le logiciel TIBCO Business Studio permet de modéliser les processus métiers avec la notation BPMN et son graphique très lisible facilite le travail des utilisateurs. Un argument supplémentaire pour choisir le programme TIBCO Business Studio est la possibilité de le télécharger gratuitement et légalement sur l'internet, ce qui représente un atout pour les PME qui disposent en général de ressources financières limitées pour mener une action d'amélioration. La présentation des processus en TIBCO Business Studio contient certaines simplifications que nous avons introduites dans le but de rendre la méthodologie LSS Plus plus accessible au secteur de PME dans une forme plus lisible et la plus claire possible. Ceci permet de pallier aux compétences limitées de ces organisations en matière d'amélioration continue et de logiciels complexes destinés à manager l'entreprise.

La Figure III - 2 présente l'utilisation simplifiée du standard BPMN afin de visualiser les étapes du projet LSS d'une manière générale. Ces étapes seront ensuite développées ; elles montrent une séquence complexe des processus dont la réalisation de la méthodologie dans les PME est composée. Nous avons choisi de représenter les étapes du projet par les « *pools* »<sup>10</sup> et les phases qu'elles contiennent – par les « *lanes* »<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup>*pool* – A Pool represents a Participant in a Collaboration (BPMN, 2012).

<sup>11</sup>*lane* – A partition that is used to organize and categorize activities within a Pool (BPMN, 2012).

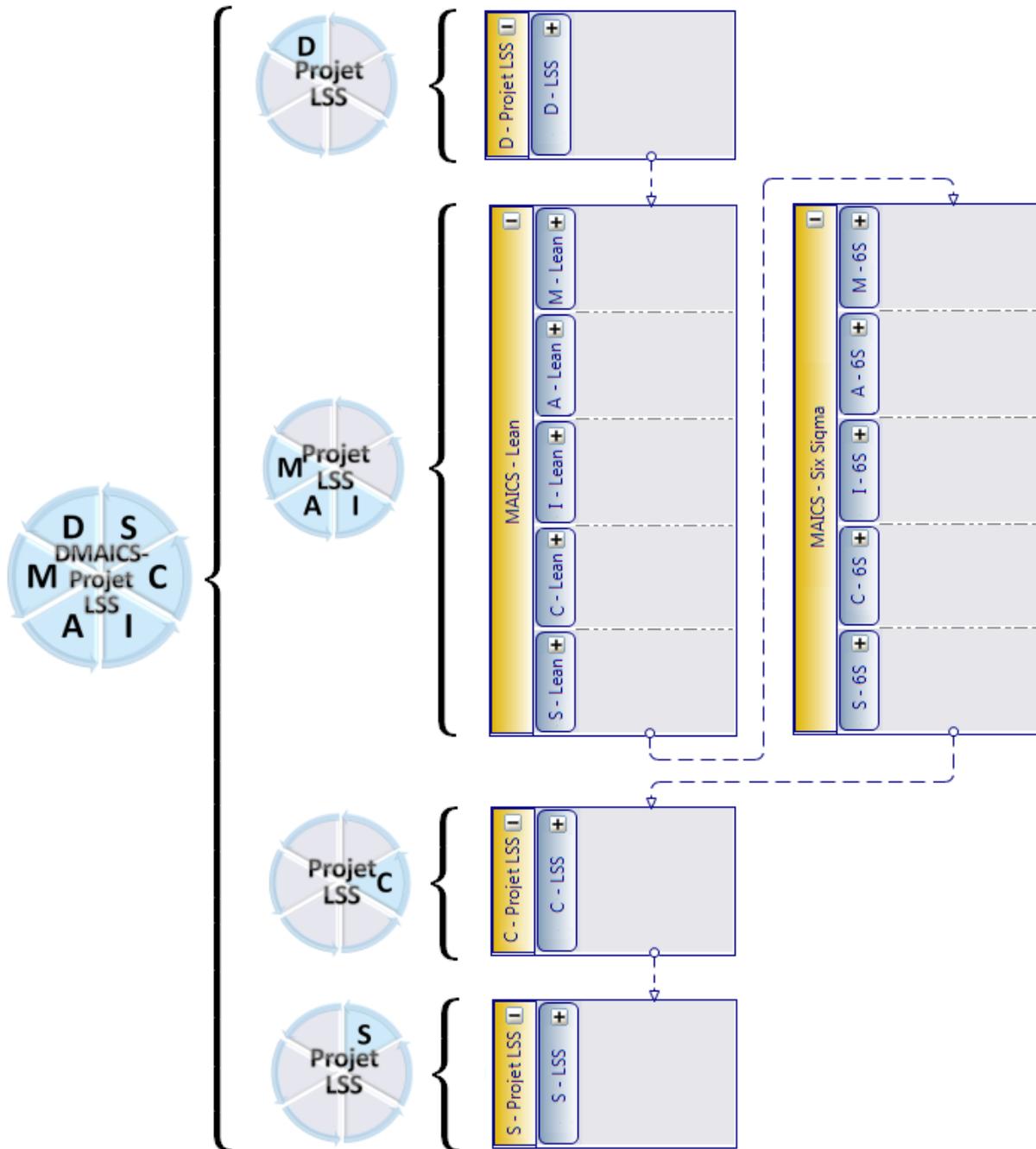


Figure III - 2. Modèle cadre des étapes du projet LSS dans le standard BPMN

L'élément supplémentaire de la méthodologie LSS Plutus est le modèle conceptuel nommé **cycle en V** (Forsberg et al., 2005) qui est couramment employé dans l'ingénierie des systèmes pour gérer les projets. Le rôle du cycle en V, dans le cadre du projet LSS, comprend l'utilisation des processus de vérification et de validation des solutions pour minimiser le risque de décisions erronées lors de la planification et de la réalisation de cette démarche.

Une vérification et une validation des plans d'action avec le modèle du cycle en V se déroulent au sein des trois étapes du projet LSS : « Define », « Measure, Analyze, Improve » et « Control » (Figure III - 3). Ainsi dans l'étape « Define », le cycle interne en V aide à fixer correctement le but de la démarche. Grâce à l'utilisation du modèle du cycle en V dans l'étape « Control », les résultats du projet sont évalués selon les consignes de l'étape « Define » afin de standardiser les changements obtenus dans l'étape « Standardize » ou les corriger dans le prochain projet LSS.

Au sein de l'étape « Measure, Analyze, Improve », le cycle en V est utilisé doublement d'une manière similaire : la première fois pour réaliser les améliorations du domaine du management maigre et ensuite pour apporter les solutions avec Six Sigma. Ainsi dans les phases d'application des changements « Improve » pour Lean et Six Sigma, les améliorations proposées sont d'abord vérifiées selon leur conformité avec le but du projet et la « voix du consommateur » définis dans l'étape « Define » et ensuite elles sont comparées avec les résultats attendus qui ont été estimés dans la phase de mesure. Ceci constitue une base pour corriger éventuellement la proposition des améliorations avant leur implémentation.

Dans la partie suivante d'application du cycle en V dans les phases de contrôle des changements pour Lean et Six Sigma lors de l'étape « MAI – Projet LSS », il s'agit de comparer les résultats obtenus avec les attentes de l'étape « Define », de vérifier l'efficacité des améliorations selon les mesures et l'analyse qui ont précédé la mise en œuvre et de mener éventuellement une action corrective immédiate.

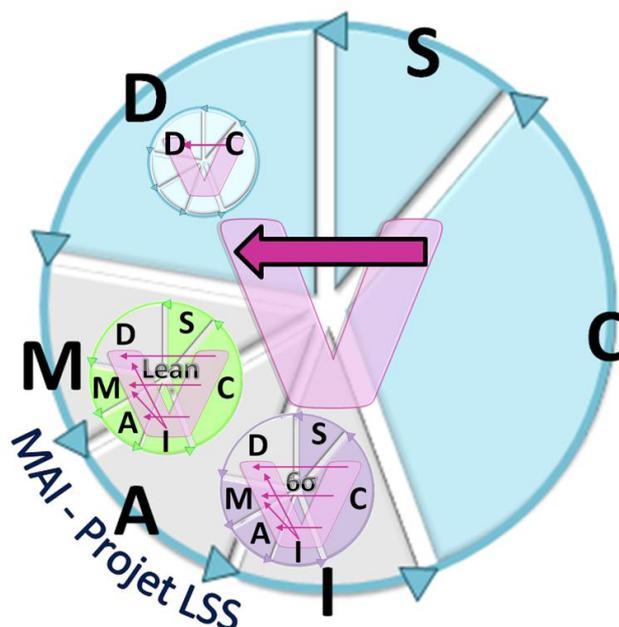


Figure III - 3. Concept d'utilisation du modèle du cycle en V lors de réalisation du projet LSS

En conséquence, l'utilisation conjointe du modèle d'amélioration continue DMAICS et du cycle en V permet d'approfondir des actions préventives lors de la conception des changements. Ceci contribue donc à obtenir des solutions du domaine de Lean Six Sigma plus adéquates. De plus, l'intégration du cycle en V dans le modèle DMAICS permet d'améliorer les performances d'organisation de manière plus efficace et pérenne.

#### 4.3. Déroulement général de la mise en œuvre des améliorations avec la méthodologie LSS Plutus au sein du projet LSS

Dans la méthodologie LSS Plutus, l'élément déclencheur des changements est l'apparition des nouvelles exigences du client du projet. Il en résulte le lancement du projet LSS qui est composé des quatre étapes : **D – Projet LSS**, **MAI – Projet LSS**, **C – Projet LSS** et **S – Projet LSS**. L'étape la plus complexe est celle du MAI – Projet LSS, puisqu'il permet d'effectuer les actions d'amélioration durant les deux cycles MAICS. Ainsi la réalisation de la démarche consiste à exécuter les trois cycles d'amélioration continue : MAICS – Lean, MAICS – Six Sigma et DMAICS – Projet LSS. Conformément au concept d'amélioration continue, chacune de ces roues devrait être répétée cycliquement jusqu'au moment où les changements atteints seront satisfaisants. Dans le cas des roues Lean et Six Sigma, leurs phases « Control »

permettent d'évaluer les résultats obtenus et par la suite, si nécessaire, de conduire à recommencer convenablement MAICS – Lean ou MAICS – Six Sigma. Au contraire, la reproduction de la roue DMAICS – Projet LSS, si l'évaluation des résultats lors de C – Projet LSS est négative, sera reportée dans le temps.

### **4.3.1. Rigueur méthodologique**

Du fait des applications fréquentes des éléments du Lean Six Sigma dans les PME de manière ponctuelle et souvent inefficace, nous avons démontré dans le *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME* qu'il est nécessaire de respecter une rigueur méthodologique appropriée lors de la réalisation du projet LSS (Figure III - 4).

En réponse à l'apparition des exigences du client du projet, le premier pas du projet LSS peut être entamé. Celui-ci consiste à fixer un objectif pour la démarche, en respectant les attentes du client, la voix du consommateur et les conditions internes et externes de la société.

Dès que le but du projet, un groupe de travail responsable pour sa réalisation est constitué à l'initiative de la direction qui doit être impliquée dans le projet, et la partie pratique des améliorations peut commencer au sein de l'étape MAI – Projet LSS. Conformément à l'ordre méthodologique, les éléments du concept Lean sont appliqués dans un premier temps, en apportant ainsi un regard sur l'ensemble de l'organisation et sur les interactions dans la chaîne logistique. Par conséquent, ceci permet d'identifier et réduire le gaspillage dans tous les processus de l'entreprise, ce qui est souvent accompagné par une réorganisation de l'usine. L'élimination des opérations inutiles selon le client du projet devrait être poursuivie grâce à la répétition des cycles successifs d'amélioration jusqu'au moment où l'on obtient des processus stables, des flux harmonisés et une production optimisée. Sur cette base, on peut entamer l'implémentation des éléments du concept Six Sigma qui visent une amélioration radicale des processus les plus importants du point de vue du client du projet. Comme dans le cas de la roue d'amélioration continue MAICS – Lean, la réalisation du MAICS – Six Sigma comprend également une répétition cyclique des phases « Measure », « Analyze », « Improve », « Control » et « Standardize ». Ce chemin est poursuivi jusqu'à ce que la réduction satisfaisante

du niveau de non-conformité soit atteint, ce qui se manifestera par une meilleure qualité des produits et une résolution des problèmes les plus graves.

L'étape suivante du projet LSS, au sein de la méthodologie LSS Plutus pour les PME, consiste à évaluer les changements obtenus et à vérifier si les objectifs attendus ont été atteints. Ceci se déroule à l'aide du modèle conceptuel du cycle en V pour vérifier et valider les résultats de la démarche.

En finalisant le projet, une attention particulière doit être portée aux actions de valorisation, afin d'assurer la durabilité des améliorations apportées. Il est donc indispensable de standardiser et de pérenniser les changements, ainsi que de poursuivre le développement de l'entreprise.

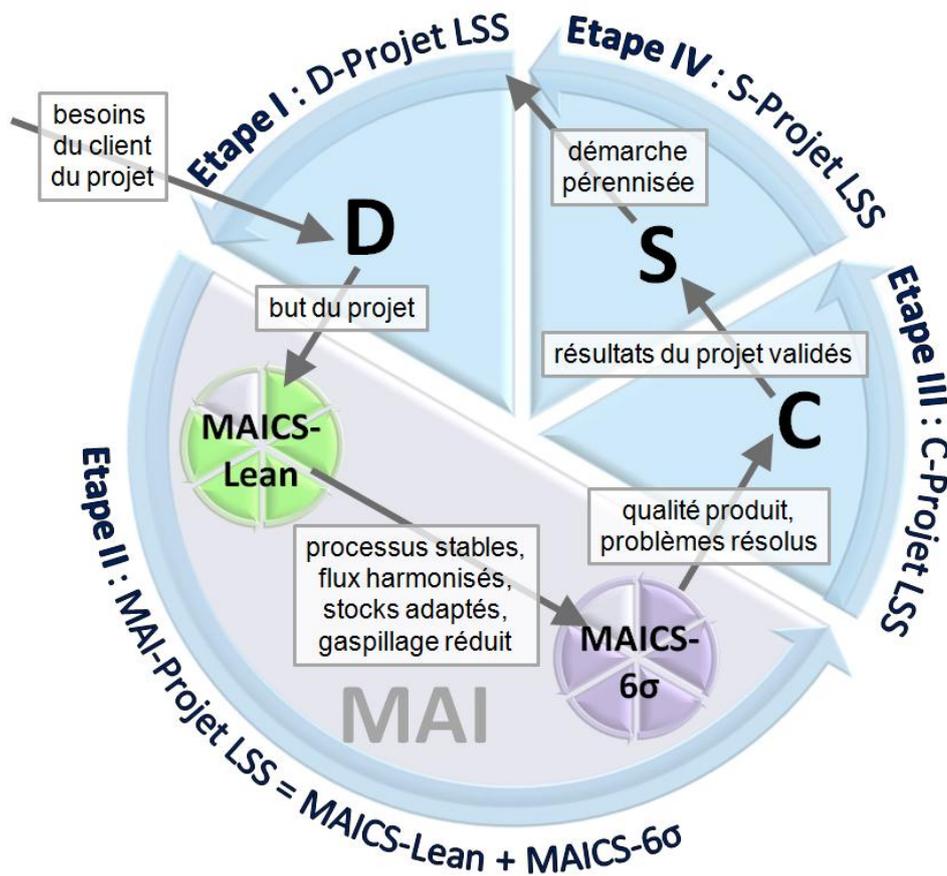
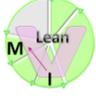
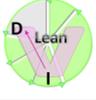


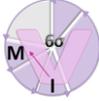
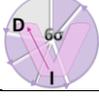
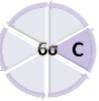
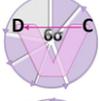
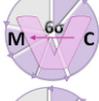
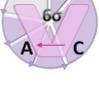
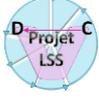
Figure III - 4. Modèle cadre de la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma dans les PME

Dans le Tableau III - 3 se trouve une description générale des quatre étapes qui forment le projet LSS : l'étape I « D – Projet LSS » *Définir le but du projet LSS*, l'étape II « MAI – Projet LSS » *Mener des actions d'amélioration avec LSS*, l'étape III « C – Projet LSS » *Evaluer les résultats du projet LSS* et l'étape IV « S – Projet LSS » *Pérenniser des améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise*. Nous avons défini le rôle de chacune de ces étapes dans la démarche d'amélioration. De plus, les étapes ont été décomposées en phases décrites par des fonctions plus détaillées. Chacune des phases permet d'accomplir des étapes du modèle d'amélioration DMAICS : « Define », « Measure », « Analyze », « Improve », « Control » ou « Standardize » pour compléter la description des phases on indique les cycles en V qui veillent sur la justesse des décisions. MAI – Projet LSS, étant l'étape la plus complexe, elle comprend deux sous-étapes : une pour effectuer la roue d'amélioration continue MAICS avec le management maigre et l'autre pour appliquer les solutions Six Sigma.

Tableau III - 3. Caractéristique générale des étapes du projet LSS

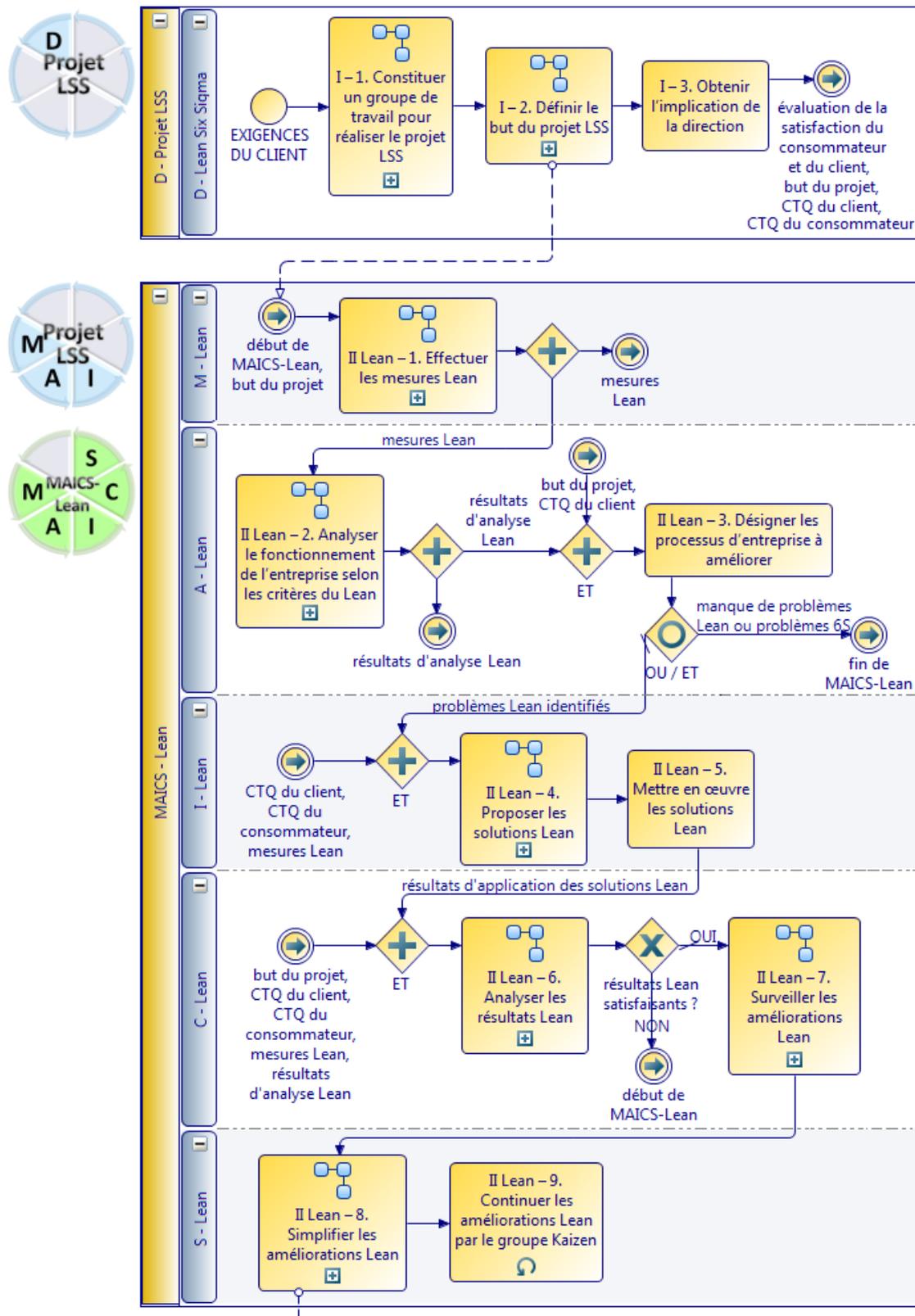
Noms et rôles des étapes	Noms et rôles des sous-étapes	Noms et rôles des phases
 <p><b>Nom :</b> Etape I : D – Projet LSS  <b>Rôles :</b>                      - Préparer le démarrage du projet LSS                      - Définir le but du projet LSS</p>	–	 <p><b>Nom :</b> D – Lean Six Sigma  <b>Rôle :</b>                      - Organiser le lancement du projet LSS : établir un groupe à mener le projet LSS et obtenir le soutien de la direction                      - Définir le but du projet LSS en réponse à l'apparition des exigences du client du projet et avec une prise en compte des conditions internes et externes du fonctionnement de l'entreprise</p> <p>La réalisation de cette phase s'appuie sur le cycle interne en V qui vise à choisir le but du projet approprié et à le valider au sein de l'étape D – Projet LSS</p> 
 <p><b>Nom :</b> Etape II : MAI – Projet LSS  <b>Rôle :</b>                      - Mener des actions d'amélioration avec la méthode Lean Six Sigma</p>	 <p><b>Nom :</b> MAICS – Lean  <b>Rôle :</b>                      - Mener des actions d'amélioration avec la méthode Lean</p>	 <p><b>Nom :</b> M – Lean  <b>Rôle :</b>                      - Effectuer les mesures du domaine du Lean afin d'évaluer l'état actuel de fonctionnement de l'entreprise et de concevoir éventuellement un nouveau produit ou processus</p>  <p><b>Nom :</b> A – Lean  <b>Rôles :</b>                      - Utiliser les mesures Lean obtenues pour analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean, en visant la réduction du gaspillage                      - Indiquer les processus de l'organisation à améliorer, en se basant sur l'analyse effectuée</p>

Noms et rôles des étapes	Noms et rôles des sous-étapes	Noms et rôles des phases
		<p> <b>Nom : I – Lean</b>  <b>Rôles :</b>                      - Proposer les améliorations Lean                      - Mettre en œuvre des solutions Lean qui ont été préalablement vérifiées et éventuellement corrigées</p> <p>Emploi du cycle en V dans cette phase dans le but de :                      - vérifier l'efficacité des changements Lean proposés par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Lean et valider les améliorations Lean,                      - vérifier les solutions Lean par rapport aux CTQ du client et du consommateur définis dans l'étape D – Projet LSS</p> <p> </p>
		<p> <b>Nom : C – Lean</b>  <b>Rôles :</b>                      - Vérifier l'efficacité des améliorations Lean apportées                      - Surveiller les changements Lean</p> <p>L'analyse des résultats Lean s'appuie sur les trois cycles en V :                      - cycle en V pour vérifier les résultats Lean par rapport aux paramètres critiques du projet définis dans l'étape D – Projet LSS (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur),                      - cycle en V pour vérifier l'efficacité des changements Lean par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Lean,                      - cycle en V pour vérifier l'efficacité des changements Lean par rapport aux résultats d'analyse effectuée dans la phase A – Lean</p> <p>  </p>
		<p> <b>Nom : S – Lean</b>  <b>Rôle :</b>                      - Standardiser, simplifier et améliorer constamment les solutions Lean</p>
	<p>  <b>Nom : MAICS – Six Sigma</b>  <b>Rôle :</b>                      - Mener des actions d'amélioration avec la méthode Six Sigma</p>	<p> <b>Nom : M – Six Sigma</b>  <b>Rôles :</b>                      - Exprimer les exigences du client du projet en forme de défaut                      - Effectuer les mesures du domaine du 6S afin d'évaluer l'état actuel de fonctionnement de l'entreprise, en assurant la précision du système de mesure</p> <p> <b>Nom : A – Six Sigma</b>  <b>Rôles :</b>                      - Utiliser les mesures 6S obtenues pour analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du 6S afin de détecter les causes racines des défauts les plus importants du point de vue du client du projet                      - Indiquer les paramètres des processus de l'organisation à améliorer, en se basant sur l'analyse effectuée</p>

Noms et rôles des étapes	Noms et rôles des sous-étapes	Noms et rôles des phases
		<p> <b>Nom : I – Six Sigma</b>  <b>Rôles :</b>                      - Proposer les améliorations 6S                      - Mettre en œuvre des solutions 6S qui ont été préalablement vérifiées et éventuellement corrigées</p> <p>L'emploi du cycle en V dans cette phase dans le but de :                      - vérifier l'efficacité des changements 6S proposés par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Six Sigma et valider les améliorations 6S,                      - vérifier les solutions 6S par rapport aux CTQ du client et du consommateur définis dans l'étape D – Projet LSS</p> <p> </p>
		<p> <b>Nom : C – Six Sigma</b>  <b>Rôles :</b>                      - Vérifier l'efficacité des améliorations 6S apportées                      - Surveiller les changements 6S</p> <p>L'analyse des résultats 6S s'appuie sur les trois cycles en V :                      - cycle en V pour vérifier les résultats 6S par rapport aux paramètres critiques du projet définis dans l'étape D – Projet LSS (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur),                      - cycle en V pour vérifier l'efficacité des changements 6S par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Six Sigma,                      - cycle en V pour vérifier l'efficacité des changements 6S par rapport aux résultats d'analyse effectuée dans la phase A – Six Sigma</p> <p>  </p>
		<p> <b>Nom : S – Six Sigma</b>  <b>Rôle :</b>                      - Pérenniser et continuer les améliorations 6S</p>
<p> <b>Nom : Etape III : C – Projet LSS</b>  <b>Rôle :</b>                      - Evaluer les résultats du projet LSS</p>	<p>–</p>	<p> <b>Nom : C – Lean Six Sigma</b>  <b>Rôles :</b>                      - Analyser les résultats du projet LSS obtenus à l'égard des attentes                      - Clôturer du projet LSS</p> <p>La réalisation de cette phase s'appuie sur les cycles en V afin de vérifier l'impact du projet LSS sur les éléments définis dans l'étape D – Projet LSS : les paramètres critiques du projet (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur), la satisfaction du client du projet et du consommateur, ainsi que les résultats attendus</p> <p></p>

Noms et rôles des étapes	Noms et rôles des sous-étapes	Noms et rôles des phases
 <p><b>Nom :</b> Etape IV : S – Projet LSS  <b>Rôle :</b>                      - Pérenniser des améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise</p>	<p>–</p>	 <p><b>Nom :</b> S – Lean Six Sigma  <b>Rôle :</b>                      - Pérenniser les améliorations LSS grâce au développement de la méthode d'application du LSS, à la planification du développement de l'entreprise et au maintien efficace de l'engagement</p>

La Figure III - 5 présente un modèle détaillé d'application de la méthodologie Lean Six Sigma dans le secteur des PME. Ceci constitue le déploiement du modèle cadre illustré sur la Figure III - 2. Les cycles d'amélioration continue **DMAICS – Projet LSS, MAICS – Lean et MAICS – Six Sigma** ont été décomposés en processus de définition, mesure, analyse, contrôle et standardisation. Pour chacune des phases, nous avons précisé les processus principaux, les interactions entre elles, la séquence de leur déroulement, les informations à l'entrée, ainsi que les processus décisifs. De plus, nous avons pris en compte les actions correctives qui mènent à recommencer l'un des cycles MAICS en cas d'apparition de non-conformités.



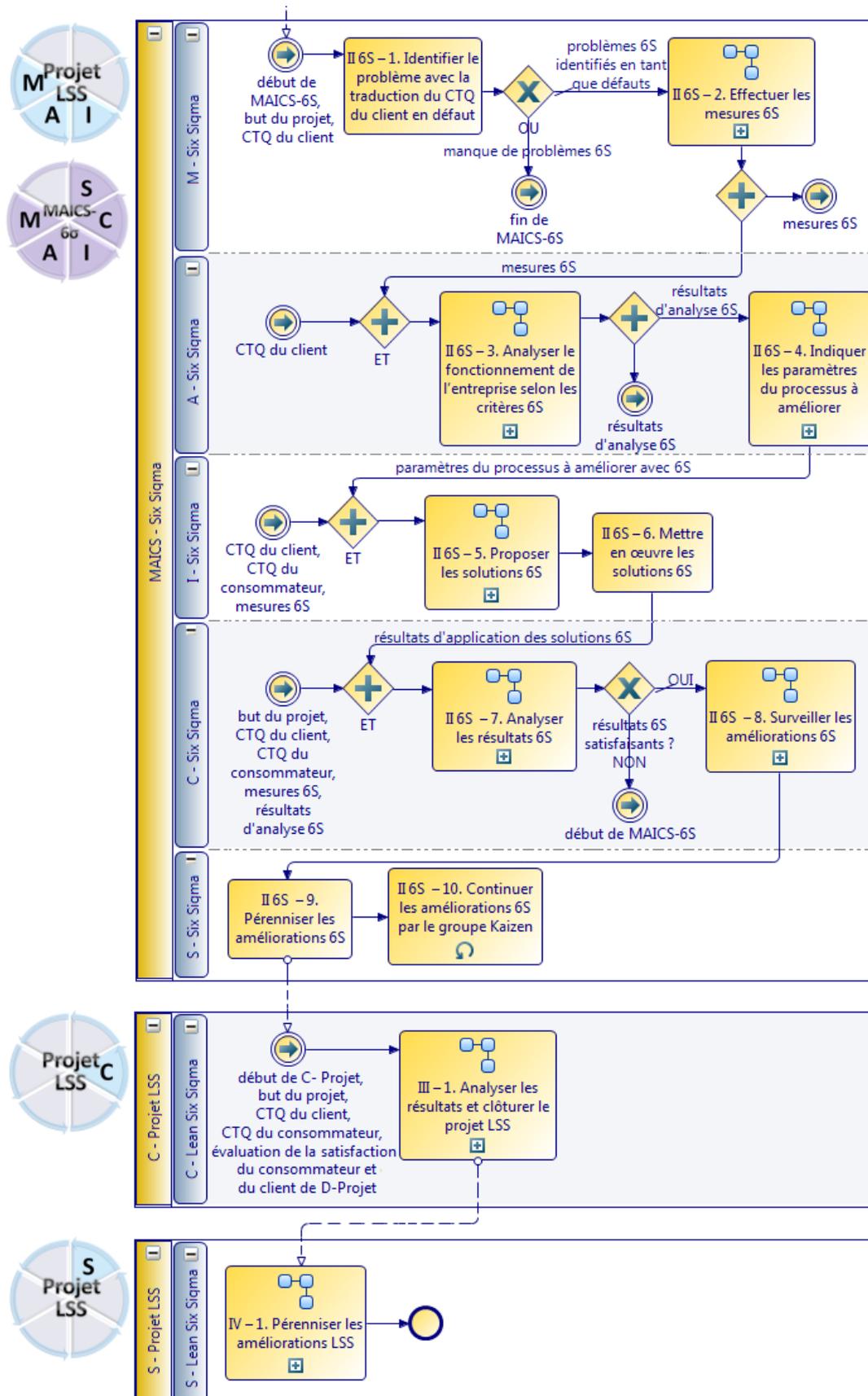


Figure III - 5. Modèle de la méthodologie LSS Plutus

## **4.4. Boîte à outils de la méthodologie LSS Plutus**

### **4.4.1. Choix des outils Lean Six Sigma à l'égard de la spécificité des PME**

En choisissant les outils destinés à servir dans la réalisation du projet dans les PME de production, nous nous sommes fixés trois principes :

- Principe 1. Rejeter les outils LSS employés dans les grandes firmes, mais inappropriés à la spécificité des PME de production ;
- Principe 2. Faire deux versions du projet LSS à cause des différences de besoins et de capacités des organisations des PME, comme nous l'expliquons plus loin ;
- Principe 3. Appliquer uniquement les outils nécessaires pour la zone donnée.

#### **Principe 1. Rejeter les outils LSS employés dans les grandes firmes, mais inappropriés à la spécificité des PME de production**

Dans le *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME*, nous avons démontré que la méthodologie Lean Six Sigma peut être utilisée et efficace dans les petites et moyennes entreprises de production dans les domaines d'activités différents. Néanmoins l'étendue de l'application du Lean Six Sigma exige son adaptation aux besoins et aux capacités du secteur des PME (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009). A cause de la petite taille de la structure, des ressources limitées, du peu d'informations manipulées, de la bonne communication interne et des processus décisifs simplifiés en comparaison avec les grands groupes industriels, il n'y a pas besoin d'employer tous les outils du Lean Six Sigma. Par conséquent, les mesures, l'analyse, l'amélioration et le contrôle des processus dans les plus petites organisations devraient être réalisés en s'appuyant sur des outils faciles, pas chers et efficaces qui garantissent le maximum de simplicité, flexibilité et rapidité des résultats dans les conditions données (Leseure et al., 2010).

En nous basant sur les expériences propres et l'analyse d'organisations qui utilisent LSS, nous avons constaté que tous les outils du domaine du Lean Manufacturing peuvent être effectivement appliqués et utiles dans les PME.

Cependant les nombreuses techniques employées dans le cadre du concept Six Sigma paraissent excessivement compliqués aux PME et nécessitent trop de temps ; il faut donc les rejeter. Ceci concerne surtout des outils destinés à collecter et ranger une grande quantité d'informations, ainsi que des outils qui exigent une connaissance supérieure des méthodes statistiques d'analyse des données (Leseure et al., 2010). Par conséquent, la meilleure solution semble de sélectionner les techniques Six Sigma qui correspondent le plus au critère de leur utilité pour les PME.

Dans le Tableau III - 4, nous présentons des méthodes, des techniques, des outils et des indicateurs du domaine du LSS qui sont utilisés dans la méthodologie LSS Plutus. Leur description est complétée par les rôles qu'ils jouent dans le projet LSS.

**Tableau III - 4. Outils LSS adaptés aux PME**

Rôle dans le projet LSS	Méthodes, techniques, outils et indicateurs	
	du domaine du Lean	du domaine du Six Sigma
Présenter les processus dans le temps et dans l'espace	Schéma du processus de production, diagramme Spaghetti, surface du magasin, rotation des stocks, takt time, temps de cycle, VSM4 <sup>12</sup> , lead time, VA, NVA	–
Régulariser les flux et stabiliser les processus	5S, flux continu (équilibrage de ligne, cellules en U, one-piece-flow), standardisation du travail (takt time, séquence de travail standard, carte de standardisation du travail, WIP standard), entonnoir de variété de la production, TPM, TRS, SMED, système tiré (système Kanban – carte Kanban, supermarché, file d'attente FIFO; Heijunka; JAT), tournée du laitier, Poka-Yoke, contrôle visuel	–
Maintenir les améliorations et développer le potentiel humain	Standardisation du travail (takt time, séquence de travail standard, carte de standardisation du travail, WIP standard), cross training, Visual Management, Kaizen, système de suggestions du personnel, Lean Management, Lean Thinking	–
Générer des idées et rechercher des solutions	–	Brainstorming, SIPOC, benchmarking (externe, interne), VOC, diagramme CTQ, QFD, diagramme de Gantt, diagramme des relations, diagramme de Pareto, diagramme de Pareto-ABC, 5 why, diagramme d'Ishikawa, arbre de problèmes, arbre de décisions, AMDEC (du projet, du processus, du produit)

<sup>12</sup> Une proposition de l'outil VSM4 consiste à modifier VSM, ce que nous décrivons en détail dans la partie suivante du chapitre III (cf. 4.5.2.1.).

Effectuer le traitement statistique	–	R&R, feuille de contrôle, histogramme, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , $C_m$ , $C_{mk}$ , $P_p$ , $P_{pk}$ , PPM, DPMO, niveau de sigma (d'entreprise, de famille des produits, du processus), analyse de la corrélation, DOE, ANOVA
Evaluer la satisfaction client	VA	PPM, DPMO, niveau de sigma

Dans le cadre de l'approche traditionnelle, les outils Lean Six Sigma sont habituellement rattachés aux étapes du processus DMAIC (Chowdhury, 2004; George et al., 2006; George, 2002; Koch et Torczewski, 2003; Pillet, 2008; Wolniak, 2005). Or, dans la méthodologie proposée, nous nous appuyons à la fois sur le modèle d'amélioration continue DMAICS et sur l'intégration de ce classement avec une approche basée sur les critères d'accessibilité des ressources et de nombre minimal d'outils. Par conséquent, nous avons sélectionné les méthodes, les techniques, les outils et les indicateurs qui répondent aux besoins des PME (Leseure et al., 2010). Ainsi nous avons élaboré une boîte à outils de la méthodologie LSS Plutus, en y plaçant surtout tous les outils du Lean Six Sigma ainsi qu'un supplément sous la forme des outils du domaine de la gestion des processus et de nos propres propositions d'indicateurs.

Nous avons groupé les outils LSS destinés au projet LSS selon leur utilité pour la réalisation des étapes de la démarche. La Figure III - 6 présente les outils qui sont employés dans les étapes « Define », « Control » et « Standardize ». Par contre, l'ensemble de la boîte à outils de la méthodologie LSS Plutus est illustrée sur les Figure III - 7 et Figure III - 8 où les outils correspondent aux sous-étapes MAICS – Lean et MAICS – Six Sigma.

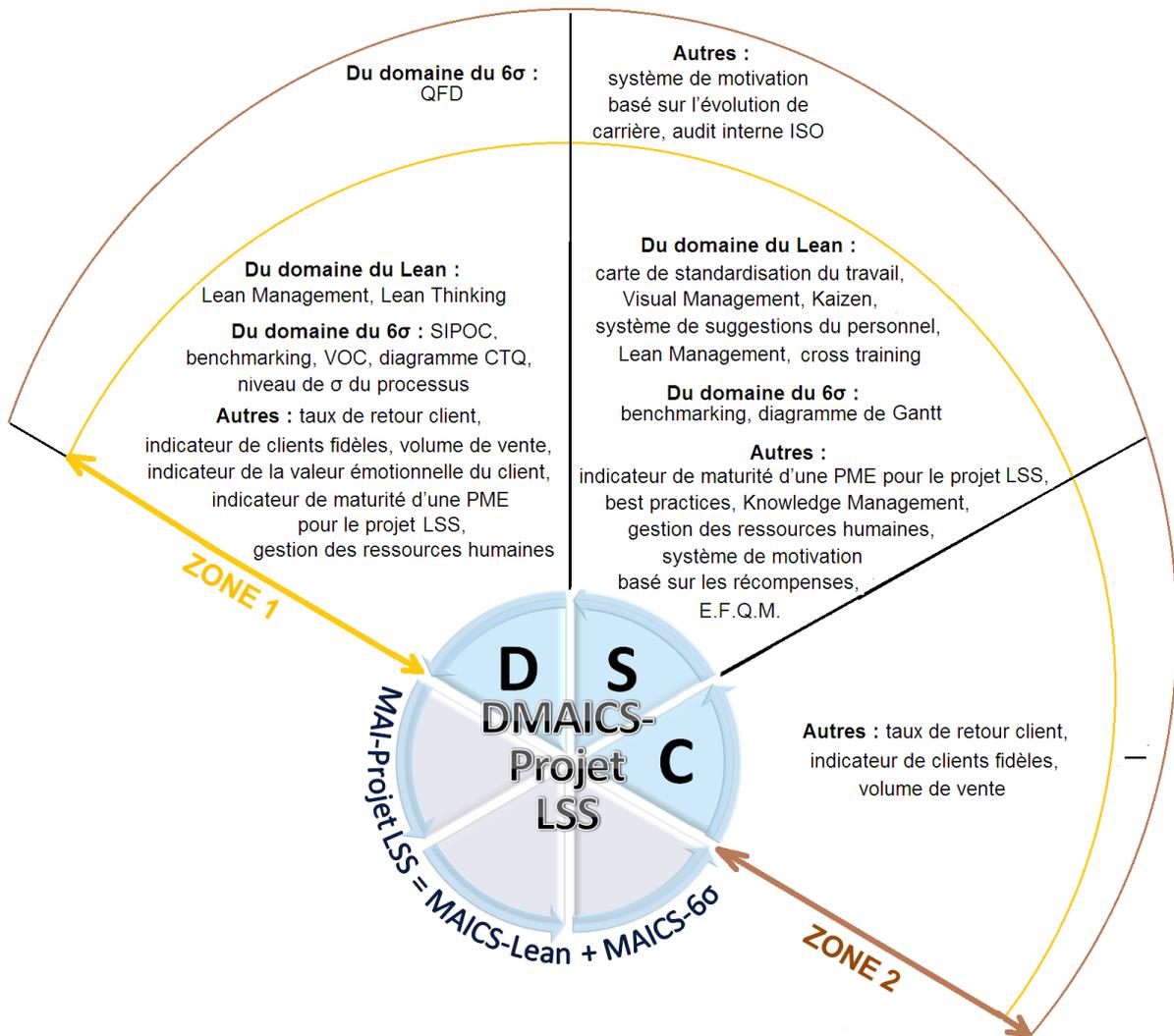


Figure III - 6. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie dans les étapes « Define », « Control » et « Standardize »<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Zone 1 – Boîte à outils d'un projet LSS de niveau élémentaire. Zone 2 – Boîte à outils d'un projet LSS de niveau avancé.

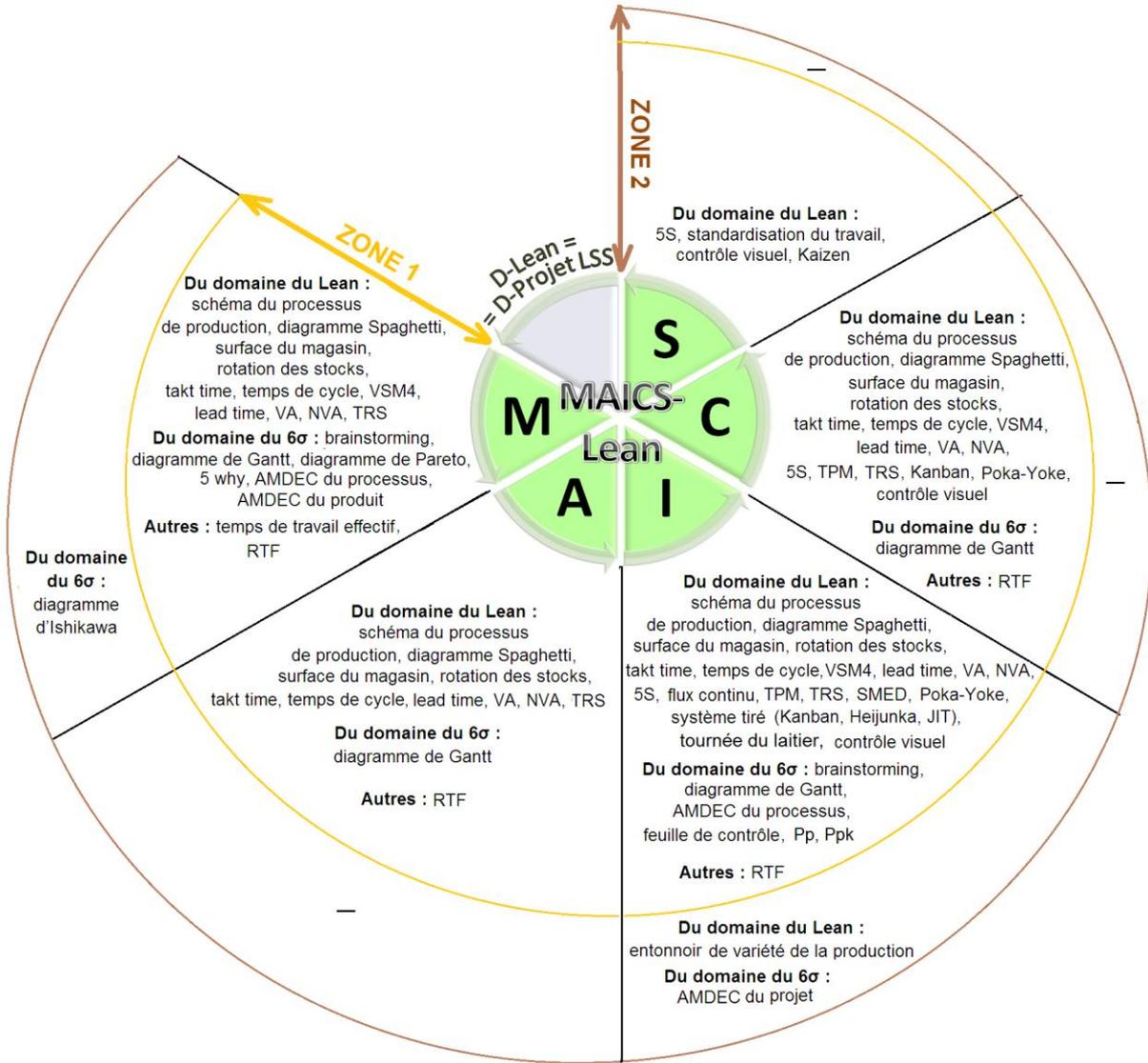


Figure III - 7. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie lors d'une réalisation de la sous-étape MAICS – Lean

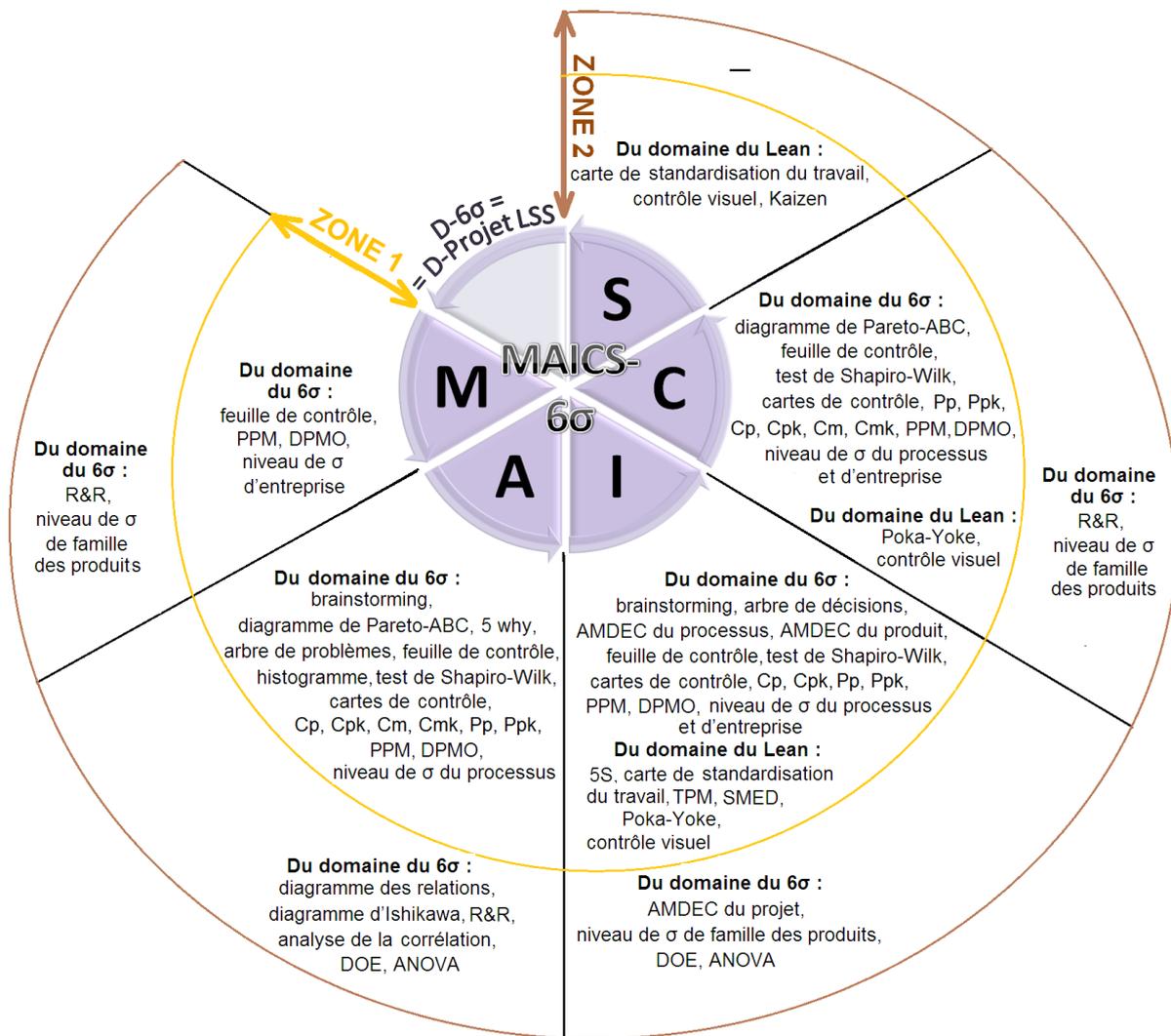


Figure III - 8. Emploi de la boîte à outils de la méthodologie lors d'une réalisation de la sous-étape MAICS – Six Sigma

## Principe 2. Deux versions du projet LSS à cause des différences de besoins et de capacités des organisations dans le secteur des PME

La façon d'appliquer le Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises de production exige des solutions individualisées à cause des différences importantes des besoins en outils dans les organisations selon leur taille, ce qui est confirmé par les résultats des recherches dans le *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME*. Les petites entreprises attendent généralement des améliorations bénignes de quelques processus clefs. Or, les organisations de taille moyenne, qui fonctionnent d'une manière proche des grandes firmes, ont souvent un besoin pertinent de développement et une disponibilité importante des ressources. Ainsi les usines, qui embauchent plus que 100 salariés,

peuvent se servir librement des outils Lean et des techniques Six Sigma adaptés au secteur des PME afin de réorganiser les processus, gérer les flux et les stocks et surveiller la qualité des produits.

De plus, au travers du secteur des PME, il existe une différenciation des capacités d'emploi des outils LSS d'une manière efficace et durable. En effet, ces entreprises ne disposent pas des mêmes ressources. Par conséquent, les facteurs de réussite de l'application de la méthode Lean Six Sigma reposent sur des connaissances et compétences dans le domaine de la gestion de production, notamment en Lean Six Sigma, en culture d'organisation orientée sur la qualité, en faible résistance au changement et en disponibilité de temps et des moyens financiers pour mener le projet LSS.

En prenant en compte la diversité des conditions de fonctionnement et de besoins des petites et moyennes entreprises, nous avons élaboré deux versions du projet LSS :

- **Un projet de niveau élémentaire** pour les plus petites organisations qui se caractérisent par une demande faible d'outils LSS, une culture qualité peu développée, une peur de changement et des ressources limitées ;
- **Un projet de niveau avancé** à l'intention des entreprises qui possèdent un grand nombre des processus, sont orientées client, ont une culture qualité d'un haut niveau, connaissent les techniques modernes de gestion et disposent des ressources suffisantes de temps et d'argent pour les améliorations.

Pour le projet LSS de niveau élémentaire, la gamme d'outils a été restreinte, ce qui correspond à la Zone 1 (Figure III - 6, Figure III - 7, Figure III - 8). Les PME qui réalisent une démarche de niveau avancé peuvent utiliser l'ensemble de la boîte à outils accessibles rassemblés dans la Zone 2. Une plus grande liberté dans le choix des outils est offerte aux entreprises de production qui mènent un projet plus complexe parce qu'elles possèdent une problématique plus vaste et des ressources plus importantes. Les outils appartenant à la Zone 1 et à la Zone 2 ont été attribués aux étapes et phases du projet LSS, ce qu'illustrent les Figure III - 6, Figure III - 7 et Figure III - 8.

L'attribution d'une entreprise particulière au projet de niveau élémentaire ou avancé se déroule selon notre proposition d'un indicateur de maturité des PME pour le projet LSS. Nous reviendrons en détail sur sa description au cours de ce chapitre (cf. 4.5.1.2).

### Principe 3. Appliquer uniquement les outils nécessaires pour la zone donnée

Suite à l'évaluation avec l'indicateur de maturité des PME pour le projet LSS, l'entreprise est classifiée pour réaliser une démarche de niveau élémentaire ou avancé, ce qui correspond aux zones 1 ou 2. Ainsi l'organisation obtient de nombreux outils qui sont adaptés à l'un des deux profils des PME.

Dans le logiciel TIBCO Business Studio, utilisé pour représenter les étapes successives du projet LSS, nous avons décrit chaque processus métier selon des recommandations précises. Suite à l'ouverture de la fenêtre des propriétés du processus « *Properties* », les deux listes d'outils correspondant à la Zone 1 et à la Zone 2 s'affichent dans le signet « *Extended* ». Ainsi l'entreprise peut découvrir les outils de sa zone qui lui sont destinés pour effectuer chacun des processus du projet LSS.

La Figure III - 9 présente un exemple de capture d'écran où l'on peut voir le groupe d'outils pour réaliser le processus *II 6S – 3.4. Identifier les sources et les interactions entre les variabilités*, proposé pour une PME qui mène un projet de niveau avancé.

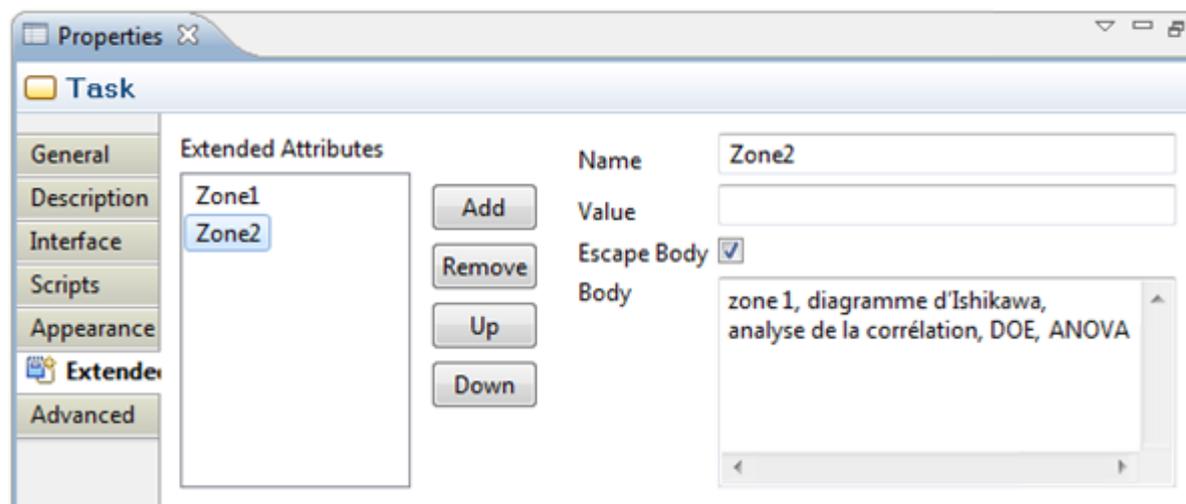


Figure III - 9. Explication de la réalisation du processus *II 6S – 3.4. Identifier les sources et les interactions entre les variabilités* à l'aide d'un outil BPMN

L'étape suivante consiste à sélectionner, parmi tous les outils appartenant à la zone appropriée à l'entreprise, seulement ceux qui peuvent servir à accomplir le projet LSS en accord avec les besoins, les attentes et les capacités de cette organisation en particulier. Dans ce cas, il faut appliquer un critère de choix d'un nombre minimal d'outils simples et efficaces qui

apportent les résultats rapidement et nécessitent peu de temps et de ressources financières. Une erreur serait d'essayer de mettre en œuvre la totalité des outils accessibles au sein de sa zone parce que ceci pourrait ensuite mener à gaspiller le temps et à décourager les employés par l'excès de techniques superflues.

#### **4.4.2. Procédure du LSS Plutus**

Dans le cadre de cette étude, nous avons attiré l'attention sur l'importance de respecter une rigueur méthodologique lors de l'application du Lean Six Sigma. Ceci exige de commencer les changements par une vérification et une réorganisation éventuelle du système de production, pour ensuite améliorer fortement les processus sélectionnés. Malgré cette règle, il existe des exceptions dans la méthodologie proposée (Figure III - 10).

##### **Etape I. D – Projet LSS**

L'emploi des outils Six Sigma dans l'étape « Define » doit mener à identifier correctement le but de la démarche. Ceci permet de confronter les attentes des clients avec les limites et les plans de développement de l'entreprise afin d'entreprendre une stratégie d'action la plus appropriée. De plus, Lean Management et Lean Thinking apportent une aide supplémentaire à cette étape, en créant une philosophie et des règles de gestion du groupe responsable pour la réalisation du projet LSS, ainsi qu'en décrivant la manière d'engager la direction.

##### **Etape II. MAI – Projet LSS**

Dans la seconde étape de la démarche, conformément au principe du respect de la rigueur méthodologique, le cycle d'amélioration continue MAICS – Lean utilise principalement les outils du Lean et MAICS – Six Sigma s'appuie en général sur la boîte à outils Six Sigma. Cependant, dans chacune des deux sous-étapes, les outils appartenant aux deux méthodes se mélangent, ce qui mène à augmenter l'efficacité de l'étape MAI – Projet LSS.

### **Sous-étape MAICS – Lean**

Une harmonisation des flux et une réduction du gaspillage sont enrichies par l'utilisation du diagramme de Gantt pour une meilleure gestion du temps. Une autre raison pour intégrer les outils Six Sigma dans la sous-étape d'implémentation du Lean est la possibilité d'utiliser le processus DMAICS pour améliorer le produit existant. Il peut servir également dans le cas où les résultats d'analyse révèlent les opérations inutiles dans le contexte des besoins du client afin de réfléchir à les supprimer du processus de production. Or, si les attentes du client ne sont pas liées aux produits actuels, il faudrait envisager une innovation du produit basée sur le processus Design For Six Sigma (DFSS). Dans ce cas, l'emploi de l'analyse AMDEC du processus ou AMDEC du produit permettrait de prévenir les conséquences des erreurs pendant la conception d'un nouveau processus ou produit. Si le processus DFSS est accompagné par une réorganisation de la ligne de production ou des flux, il est recommandé d'examiner la capacité sur une série d'essais, en utilisant les indicateurs de performance  $P_p$  et  $P_{pk}$ . De plus, une solution intéressante est l'emploi de l'analyse AMDEC du projet pour assurer la correction des améliorations Lean lors de la réalisation de changements radicaux et coûteux dans l'organisation de l'usine.

### **Sous-étape MAICS – Six Sigma**

Certains des outils appartenant au concept Lean peuvent être utilisés pendant la mise en œuvre de la méthode Six Sigma. Ainsi ils servent à enrichir l'étape de contrôle des processus clés qui ont été sélectionnés dans l'analyse A – Six Sigma (Wodecka-Hyjek et Walczak, 2006). La première partie de la sous-étape MAICS – Six Sigma à définir des paramètres optimaux de processus grâce aux mesures, à l'analyse et aux améliorations provenant de la méthode Six Sigma. Ensuite, les techniques de contrôle statistique des processus permettent de détecter ou de prévoir les non-conformités futures et d'entreprendre des actions correctives. Dans cette situation, les outils du management maigre n'ont pas d'utilité. Cependant, dans la deuxième partie de cette sous-étape, les outils Lean aident à maintenir la stabilité et la capacité des processus, ainsi qu'à prévenir les simples défauts. Ainsi la mise en œuvre du système 5S, des cartes de standardisation de travail, du TPM, du SMED, du Poka-Yoke ou du contrôle visuel renforce la réalisation des opérations sans défaut, assure le rendement de l'équipement, réduit le nombre d'erreurs dans le choix des outils et pendant l'assemblage des produits. Les solutions Lean contribuent donc à réduire le nombre des interférences, à atténuer l'impact des causes

provenant du système et à diminuer l'apparition des causes spéciales, en conduisant par conséquent à une meilleure stabilité et capacité des processus sous contrôle statistique. De plus, lors de la phase de standardisation avec le concept Six Sigma, les outils Lean renforcent efficacement les actions de standardisation et de pérennisation des changements à cause de manque de techniques appropriées du Six Sigma.

### **Etape III. C – Projet LSS**

L'emploi du concept du modèle du cycle en V dans le but de vérifier et valider les performances de la démarche est suffisant pour réaliser l'étape « Control » du projet. En conséquence, un support supplémentaire en forme des techniques LSS serait superflu.

### **Etape IV. S – Projet LSS**

L'étape S – Projet LSS, qui sert à pérenniser les améliorations apportées, est basée principalement sur les outils de gestion des ressources humaines appartenant au Lean. En revanche les outils Six Sigma apparaissent dans la dernière étape de la démarche seulement en tant que complément : un diagramme de Gantt aide d'une part à planifier le développement de la société et à préparer les actions régulières de maintien d'engagement du personnel, et d'autre part, à réaliser un benchmarking interne et à faciliter les échanges d'expérience à l'intérieur de l'usine.

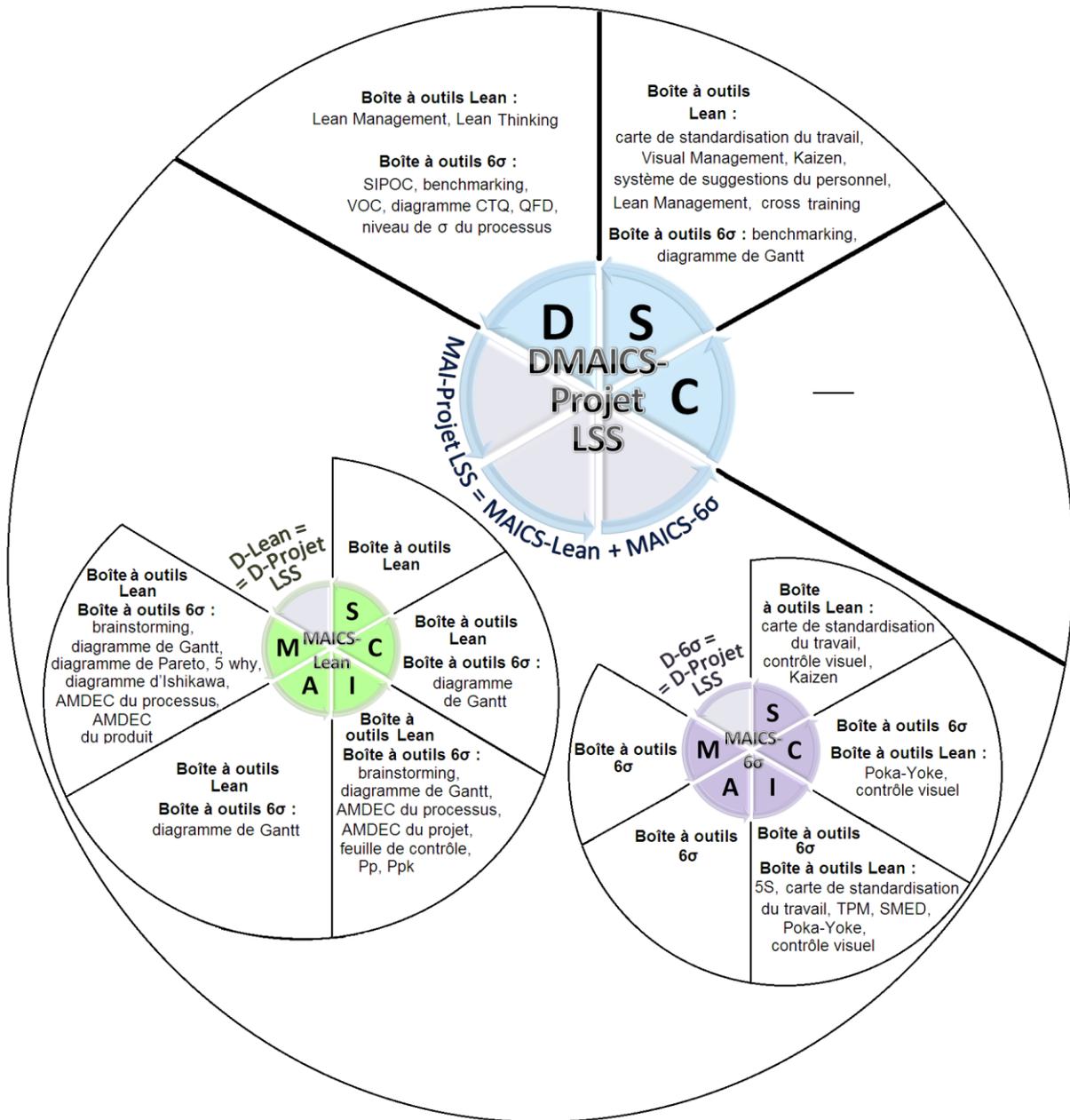


Figure III - 10. Emploi des outils du Lean et du Six Sigma lors de la réalisation des phases du projet LSS

## **4.5. Structure de la méthodologie LSS Plutus**

La réalisation de la démarche proposée, qui vise à améliorer les petites et moyennes entreprises avec la méthode Lean Six Sigma, est présentée d'une manière générale dans la partie suivante de ce travail. La description détaillée d'utilisation de la méthodologie LSS Plutus se trouve dans l'annexe II et est accessible en TIBCO Business Studio sur CD-ROM.

### **4.5.1. Etape I – Définir le but du projet LSS**

Conformément au modèle d'amélioration continue DMAICS, le rôle de la première étape du projet Lean Six Sigma consiste surtout à définir le but approprié de la démarche. L'objectif doit répondre aux attentes du client du projet qui est généralement représenté par le consommateur, le client d'organisation dans la chaîne logistique, les actionnaires, la société mère, la direction, le département d'entreprise ou les salariés. Or, en choisissant l'axe d'action, il est pertinent d'assurer la satisfaction du consommateur et d'adapter l'étendue des améliorations aux besoins ainsi qu'aux limites internes et externes d'entreprise. De plus, une préparation organisationnelle de la démarche est également indispensable, ce qui consiste à établir un groupe LSS responsable des changements et obtenir un soutien et une implication de la part de la direction (Figure III - 11).

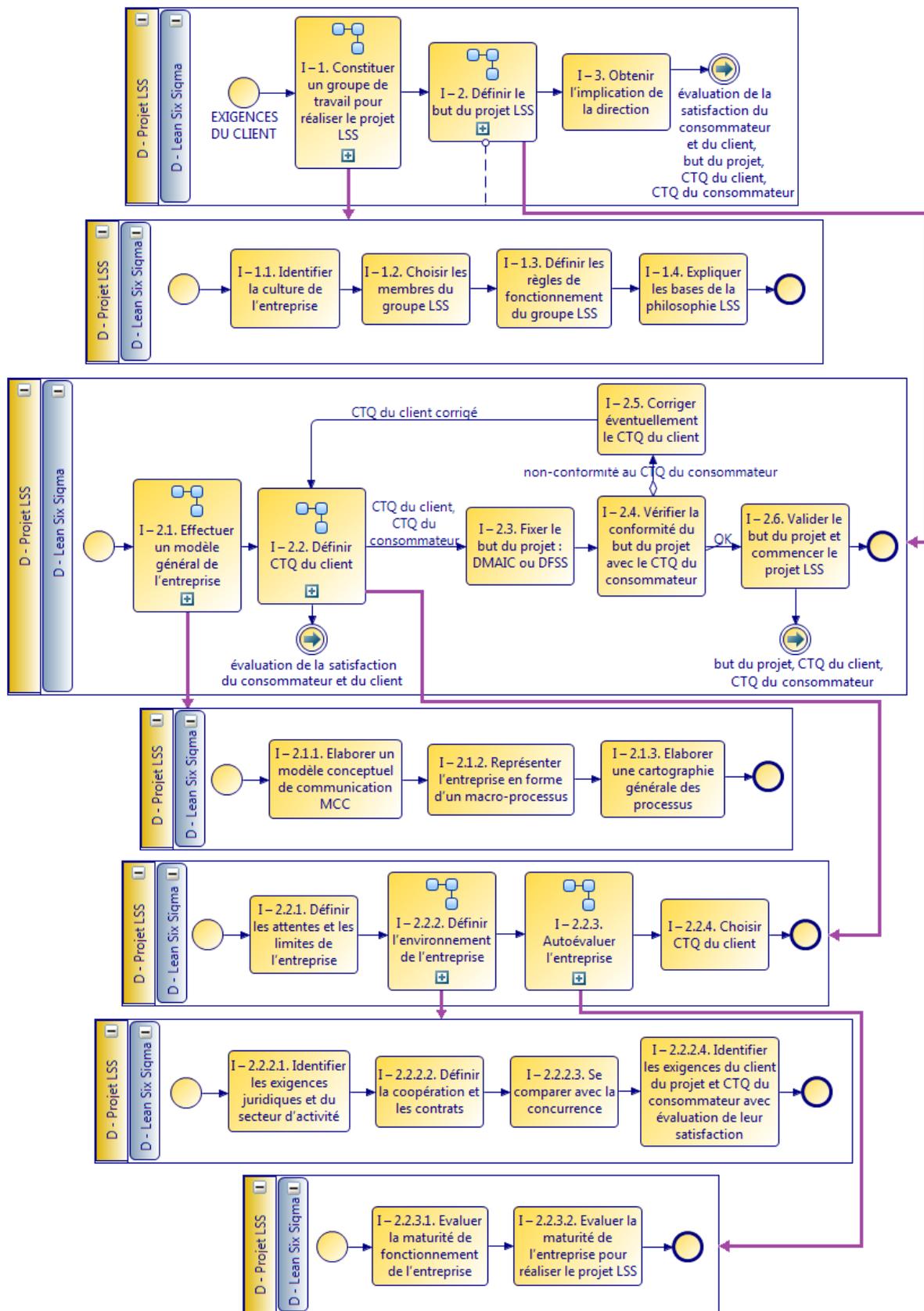


Figure III - 11. Modèle de l'étape D – Projet LSS

En effectuant l'étape du projet « Define », les besoins des clients, des consommateurs et de l'entreprise sont identifiés et pris en compte en assignant le but de la démarche. Critical-To-Quality, en tant qu'attribut décrivant les caractéristiques critiques du bien ou du service indispensables pour satisfaire le client, permet l'élimination des défauts de qualité les plus importants pour les clients. Or, dans le projet LSS, la définition du Critical-To-Quality est élargie, en sortant de son cadre typiquement qualitatif. Dans la méthodologie LSS Plutus, nous identifions les caractéristiques critiques pour la qualité, soit CTQ, comme les attributs qui ne se rapportent pas seulement à la qualité du bien ou du service, mais à la qualité de la commande entière. Dans ce sens, CTQ signifie la conformité avec les spécifications et les attentes du client, alors que le défaut, ou la non-conformité, est perçu comme la variabilité dans la réalisation des exigences clefs du client. Ainsi, dans la méthodologie LSS Plutus, Critical-To-Quality du client du projet peut indiquer par exemple, une haute qualité d'un paramètre important ou d'un produit entier, un prix plafond, une facilité de montage, une variété de l'assortiment, une date précise de livraison, un délai court de la réalisation de commande, un volume donné de production journalière, un haut volume de vente ou des conditions de travail respectant la sécurité et la dignité. De plus, cette notion du CTQ et du défaut permet d'appliquer la méthode Six Sigma d'une manière plus vaste que dans l'approche traditionnelle orientée sur l'amélioration intense de la qualité des biens et des services avec les outils statistiques. En effet, on peut se servir entre autre des techniques de résolution de problèmes dans les domaines d'activité d'entreprise différentes afin d'agir sur les défauts comme par exemple un haut niveau de rejets ou des réclamations, une perte importante de clients, des perturbations de la liquidité financière, des factures erronées, des erreurs dans la documentation, des emballages inadaptés, des livraisons hors délai, une faible productivité, des coûts importants des matières ou de l'absentéisme.

Le CTQ du client défini de cette manière constitue une base pour fixer le but du projet. L'étape « Define » vise donc à répondre aux exigences du client du projet, en réalisant les objectifs du management maigre et en cherchant à atteindre le niveau de la qualité des six sigmas pour un bien ou un service. Par conséquent, il est pertinent d'effectuer les phases de définition d'une manière conjointe pour les trois roues d'amélioration continue DMAICS qui sont utilisées dans le projet : DMAICS – Projet LSS, MAICS – Lean i MAICS – Six Sigma. Pour cette raison, il n'est pas nécessaire de répéter les actions identiques lors des phases D – Lean et D – Six Sigma, puisqu'elles sont intégrées dans l'étape du projet « Define ».

Le choix du but de la démarche a un impact sur la satisfaction des consommateurs et du

client du projet, ainsi que sur le fonctionnement de l'entreprise en accord avec sa stratégie, son environnement, ses besoins et ses capacités. Par conséquent, nous avons décidé de compléter le projet LSS avec le cycle interne en V (Figure III - 12) qui permet de protéger l'organisation des effets négatifs dus à la réalisation de la démarche dans une mauvaise direction. Le cycle en V devrait être répété au sein de l'étape D – Projet LSS jusqu'au moment où l'objectif approprié est atteint. Ceci permettrait d'éviter d'engager le personnel, les moyens financiers et le temps pour effectuer un projet qui pourrait ne pas répondre aux attentes du client du projet, diminuer la satisfaction des consommateurs, détériorer la relation entre l'entreprises et ses business partenaires ou bien appliquer les améliorations superflues ou inadéquates aux besoins.

Le choix du but du projet avec le modèle du cycle en V commence par les opérations préparatoires et organisationnelles qui précèdent le lancement du projet. Dans les premiers pas du modèle, on identifie les exigences du client du projet, la voix du consommateur, ainsi que les conditions internes et externes du fonctionnement de l'entreprise. Ensuite, en se basant sur les attentes du client et en prenant en compte les autres éléments, on fixe le CTQ du client qui permet de définir préalablement l'objectif de la démarche. Ceci mène à effectuer le pas essentiel du cycle en V, soit les actions de contrôle et de validation. Ainsi on vérifie la conformité du but du projet avec le CTQ du consommateur et on procède éventuellement à une action corrective. À partir de ce moment seulement, l'objectif de la démarche peut être validé afin de démarrer le projet.

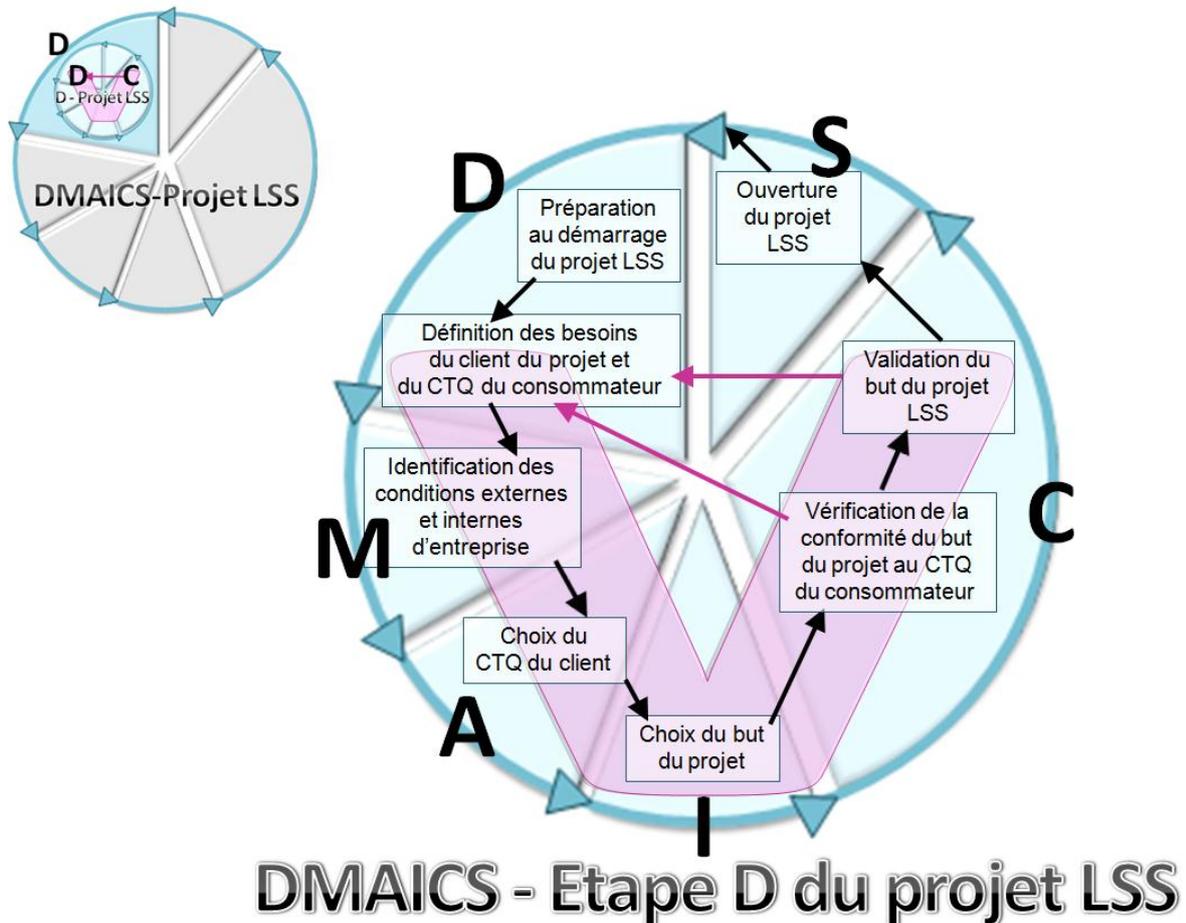


Figure III - 12. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de l'étape D – Projet LSS

Le fait de fixer le but du projet selon les exigences du client et en prenant en compte la voix du consommateur, les plans et les capacités de l'entreprise, forme une base pour mener une démarche d'amélioration continue qui respecte un équilibre entre les intérêts des acteurs principaux de fonctionnement de l'organisation. Par la suite, toutes les actions à effectuer dans les autres étapes du projet LSS doivent être soumises au but de cette démarche qui a été défini lors de l'étape « Define ».

Afin de mieux comprendre les exigences du client du projet et des consommateurs et d'évaluer leur satisfaction, nous avons défini « l'indicateur de la valeur émotionnelle du client » (cf. 4.5.1.1). Nous avons également élaboré « l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS » (cf. 4.5.1.2) pour estimer la maturité de l'entreprise à réaliser une démarche d'amélioration continue basée sur Lean Six Sigma.

#### **4.5.1.1. Indicateur de la valeur émotionnelle du client**

Dans le but d'évaluer la satisfaction client dans un contexte plus large que dans l'approche traditionnelle et pour faire face à l'évolution des exigences des consommateurs, nous proposons de définir un « indicateur de la valeur émotionnelle du client » ou « indicateur *kanjouteki kachi* du client »<sup>14</sup>. Son rôle consiste à identifier les facteurs qui ont un impact sur le client sur le plan émotionnel et à évaluer leur importance. Il s'agit des facteurs qui influencent le client pendant l'achat des biens ou des services en plus des facteurs classiques de la réussite de la vente (qualité, prix, délai et conformité aux spécifications client). Ce sont donc des éléments qui affectent les émotions du client et concernent ses croyances, ses craintes et sa perception de la politique, des pratiques et du fonctionnement de l'organisation. De cette manière, cet indicateur complète l'évaluation de la satisfaction client en tenant compte des valeurs émotionnelles qui sont liées à l'image de l'entreprise et de ses produits.

Quand l'indicateur *kanjouteki kachi* du client atteint un niveau élevé, ceci permet aux clients de s'identifier aux valeurs de l'entreprise et d'effectuer l'achat. Si cet indicateur n'est pas suffisant, le client peut renoncer à acheter en signe de désapprobation et choisir une marque concurrente.

Pour une entreprise, la connaissance de l'indicateur de la valeur émotionnelle de ses clients représente une opportunité d'avoir un impact plus grand sur la satisfaction client, et notamment sur le contentement du consommateur. En connaissant les facteurs qui ont une importance émotionnelle pour leur client, l'entreprise peut s'en servir pour adapter ses conditions de vente en termes d'opportunités ou de menaces. Ainsi l'information sur les éléments, qui attirent les clients, peut être utilisée pour augmenter les ventes, à condition que l'entreprise applique des solutions qui plaisent aux clients et en fait un atout commercial. De même, la connaissance des menaces dues au non-respect de ces facteurs et leur présence dans la société peut mener à améliorer les aspects négatifs du point de vue du client afin de l'encourager à l'achat.

Tableau III - 2, nous avons présenté les exemples de facteurs qui peuvent se caractériser par le niveau élevé de l'indicateur *kanjouteki kachi* du client. Ils se trouvent également des opportunités et menaces potentielles qui peuvent provenir de ces facteurs pour l'entreprise.

Tableau III - 5. Exemples d'emploi de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client

Exemples des éléments du niveau élevé de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client	Evaluation de l'importance d'élément pour le client (0 – insignifiant, 1 – important, 2 – très important)	Opportunités des PME	Menaces des PME
Image de la société	0, 1 ou 2	relations publiques, actions médiatiques	concentration uniquement sur l'augmentation du profit et des ventes, concurrence déloyale, publicité mensongère
Actions caritatives	0, 1 ou 2	donation d'une part des profits de la vente pour des actions caritatives	augmentation du prix des biens ou des services, qui sont indispensables à la vie, dans les pays touchés par des catastrophes naturelles
Conditions de travail	0, 1 ou 2	conditions dignes de travail, influence sur les sous-traitants des pays sous-développés pour améliorer les conditions de travail dans leurs usines, égalité des chances pour les employés	diffusion d'information concernant les mauvaises conditions de travail dans les médias, les grèves
Embauche des personnes handicapées	0, 1 ou 2	diffusion d'information concernant l'embauche des personnes handicapées, subventions salariales et allègements fiscaux	discrimination des personnes handicapées
Protection de l'industrie nationale	0, 1 ou 2	promotion des produits nationaux, logo sur les emballages qui informe d'une fabrication entièrement nationale	licenciements collectifs, délocalisation de l'usine ou de ses filiales, sous-traitants à l'étranger
Comportement pro écologique de l'entreprise	0, 1 ou 2	certification à la norme ISO 14001 utilisables dans les actions de marketing, lancement de produits écologiques sur le marché, conception de produits faciles à recycler	usage excessif des ressources naturelles, notamment dans les pays où l'accès à l'eau potable et à la nourriture est difficile
Protection des animaux	0, 1 ou 2	soutien des actions qui visent à protéger les espèces en voie de disparition	cosmétiques testés sur des animaux
Mode pour une alimentation saine	0, 1 ou 2	lancement de nourriture écologique sur le marché	grande quantités de conservateurs et de colorants dans la nourriture à vendre
Biens ou services à caractère politique ou religieux	0, 1 ou 2	cibler les biens ou services spécifiques uniquement à la clientèle intéressée	découragement pour regarder les autres produits de la même marque

<sup>14</sup>L'expression *kanjouteki kachi* d'origine japonaise 感情的価値 signifie la valeur émotionnelle (DipoJap, 2012).

#### **4.5.1.2. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS**

Les PME se caractérisent par une spécificité qui peut être décrite notamment par des relations simplifiées entre les processus, une bonne communication, une prise de décision rapide, une flexibilité aux fluctuations de demandes, mais également par des obstacles au développement des PME : ressources financières limitées, manque de temps pour se développer, manque du personnel qualifié, accès difficile aux connaissances ou une faible maturité de la qualité et du développement.

Parmi les PME de production, il existe une grande diversité dans leurs attentes, problèmes, capacités et limites. Les améliorations simples et faciles à appliquer sont recommandées surtout pour les petites usines qui ont des processus « maigres », une capacité à réagir rapidement et efficacement aux changements du marché, une faible culture de la qualité et des moyens restreints pour le développement. Les entreprises de taille moyenne qui possèdent un fonctionnement proche des grandes organisations recherchent en général un support méthodologique complet permettant d'atteindre les objectifs d'une manière plus efficace, basée sur des méthodes modernes de management adaptées à leur culture, à leur organisation de la production et de la qualité, et à leurs ressources financières et temporelles.

Entre ces 2 extrêmes, il y a les PME où il est plus difficile d'adapter la mise en œuvre du projet LSS. Par conséquent, dans le cadre de la méthodologie LSS Plutus, nous proposons un « indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS » qui permet de définir l'élan du projet LSS selon les réels besoins internes et externes de l'entreprise et sa capacité à les réaliser.

Cet indicateur est basé sur les critères d'évaluation des PME par rapport à leur maturité pour mener le projet LSS (Tableau III - 6). Ensuite, les critères sont placés dans le Tableau III - 7 afin d'identifier les besoins et les capacités de l'entreprise pour mettre en œuvre les éléments adaptés du concept Lean Six Sigma.

**Tableau III - 6. Critères d'évaluation de la maturité des PME pour mener le projet LSS**

Nom des critères	Description des critères
A. Grand nombre de processus à gérer	entreprise de taille moyenne ou/et processus métier nombreux et compliqués ou/et interactions complexes entre les processus
B. Besoin de changements	profit bas ou/et coûts de production ou de service élevés ou/et argent immobilisé dans les stocks excessifs ou/et prix des biens et des services élevé par rapport à la concurrence ou/et forte concurrence ou/et faible volume de vente ou/et faible satisfaction client, perte des clients ou nombreuses réclamations ou/et volonté de conquérir des nouveaux clients ou/et faible qualité des biens et des services ou/et besoin de développer des nouveaux produits ou/et besoin d'améliorer le processus de fabrication existant, de mettre en œuvre une nouvelle ligne de la production ou/et long délai de réalisation des commandes ou/et long temps de réaction sur les fluctuations des demandes ou/et besoin de mettre en œuvre la production à la commande ou/et outils LSS pas appliqués, ou utilisés de manière ponctuelle ou incorrecte ou/et exigence de mettre en œuvre les méthodes modernes de gestion de la part de la corporation ou d'un grand client ou/et incapacité de pérenniser les améliorations ou/et exploitation insuffisante des compétences et d'expérience du personnel ou/et besoin d'améliorer les conditions de travail ou/et forte volonté de développer l'entreprise ou/et volonté de mettre en œuvre une norme de la série ISO et un standard du secteur d'activité ou/et ambition de remporter un Quality Award ou/et volonté de coopérer avec les autres acteurs de la chaîne logistique ou/et volonté de coopérer au sein d'une grappe d'entreprises ou avec les établissements de recherches
C. Difficultés à satisfaire les clients	manque de connaissance de la satisfaction client ou grande difficulté à satisfaire les clients ou/et biens ou services qui ne répondent pas aux exigences du client, ou bien manque de connaissance de ses besoins ou/et perte des clients ou manque des clients fidèles ou/et bas volume de vente ou/et nombreuses réclamations ou/et long délai de réalisation des commandes ou livraisons hors de délai ou/et prix élevé en comparaison avec la concurrence ou/et offre concurrentielle plus avantageuse ou inconnue
D. Compétences acquises en gestion de production	méthodes modernes d'organisation et de gestion de la production mises en œuvre (y compris Lean Six Sigma, gestion de la qualité, TQM) ou/et expérience en mise en œuvre autonome d'un projet d'amélioration ou/et emploi d'une auto-évaluation des performances d'entreprise (par ex. auto-évaluation selon les critères du Modèle E.F.Q.M. ou CAF, les critères de corporation, les contrats avec les partenaires en business, ses propres critères) ou/et audits de fonctionnement (par ex. audits internes selon les normes de la série ISO, ou selon les standards du secteur d'activité) ou/et formations effectuées dans le domaine de la gestion de la production

<b>Nom des critères</b>	<b>Description des critères</b>
E. Connaissances du Lean Six Sigma	connaissance de la philosophie Lean Thinking et du concept des six sigmas ou/et capacité d'employer les outils Lean Six Sigma sur le terrain ou/et capacité de choisir correctement et appliquer efficacement les outils LSS ou/et capacité de mener d'une manière autonome un projet d'amélioration continue basé sur la méthode Lean Six Sigma ou/et capacité de pérenniser les solutions LSS d'une manière autonome ou/et spécialiste diplômé d'amélioration continue ou/et formations effectuées du domaine du LSS
F. Culture d'organisation favorable à l'application de l'amélioration continue	culture d'organisation basée sur une relation de confiance, le respect, la valorisation, la motivation et la coopération ou/et conscience de la qualité dans l'organisation ou/et engagement durable de tous les employés, y compris la direction ou/et intérêt et valorisation visibles de la part de la direction pour les efforts du personnel en amélioration continue ou/et maintien durable de l'engagement ou/et fonctionnement du groupe Kaizen dans l'entreprise ou/et récompenses pour les performances ou/et autonomisation du travail avec délégation des pouvoirs et augmentation du sentiment de responsabilité pour les tâches ou/et polyvalence ou/et travail en équipe ou/et échanges de connaissances avec l'équipe (cross training) et à travers de l'usine (benchmarking interne) ou/et bonne communication entre les services ou/et flux d'information rapide ou/et communication des résultats ou/et manque de résistance au changement
G. Disponibilité du temps pour mener le projet LSS	disponibilité du temps pour le projet d'amélioration ou/et disponibilité du temps pour les formations
H. Ressources financières disponibles pour les actions d'amélioration	disponibilité de grands moyens financiers pour les améliorations ou/et coût bas des actions d'amélioration ou/et disponibilité des grands moyens financiers de la part de la société mère ou/et attribution de subventions gouvernementales ou de l'Union Européenne ou/et facilité à obtenir un crédit ou/et ressources financières pour la formation ou/et liquidité financière élevée

**Tableau III - 7. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS**

Catégorie d'évaluation des PME	Critères d'évaluation de la maturité des PME pour mener le projet LSS	Evaluation de la maturité d'une entreprise pour le projet LSS (1 – non, 2 – plutôt non, 3 – partiellement, peut-être, difficile à dire, 4 – plutôt oui, 5 – oui)				
		1	2	3	4	5
Besoins	A. Grand nombre de processus à gérer					
	B. Besoin de changements					
	C. Difficultés à satisfaire les clients					
Capacités	D. Compétences acquises en gestion de production					
	E. Connaissances du Lean Six Sigma					
	F. Culture d'organisation favorable à appliquer l'amélioration continue					
	G. Disponibilité de temps pour mener le projet LSS					
	H. Ressources financières disponibles pour les actions d'amélioration					
<b>Besoins ou capacités :</b>		petits		moyens	grands	

Dans le Tableau III - 7, les réponses aux critères situées sur une échelle de 1 à 5 permettent de formuler les résultats d'auto-évaluation de l'entreprise, où 5 correspond à une conformité parfaite avec la description du critère dans le Tableau III - 6. Dans le cas où la majorité des réponses aux critères A, B et C sont 1 ou 2, les besoins sont définis comme petits. Si les réponses aux A, B et C se focalisent dans 4 et 5, on peut conclure que le besoin d'améliorations est grand. Quand les réponses A, B et C se situent autour de 3 ou sont dispersés sur toute échelle, les besoins de changements représentent un niveau moyen. On traite de la même façon, les critères de capacité D, E, F, G et H.

Pour interpréter les résultats des besoins et des capacités d'entreprise, on peut utiliser la Figure III - 13 qui permet de déterminer s'il faut réaliser le projet LSS en Zone 1 ou en Zone 2. L'entreprise a la capacité d'appliquer et d'utiliser la méthode Lean Six Sigma de manière efficace à un niveau élémentaire (Zone 1) ou avancé (Zone 2).

<b>BESOINS DES PME</b>	grands	<b>ZONE 1</b> (préparation à la Zone 2)	<b>ZONE 1 ou 2</b> (décision de l'entreprise)	<b>ZONE 2</b>
	moyens	<b>ZONE 1</b>	<b>ZONE 1 ou 2</b> (décision de l'entreprise)	<b>ZONE 1 ou 2</b> (décision de l'entreprise)
	petits	<b>ZONE 1</b>	<b>ZONE 1</b>	<b>ZONE 1</b>
		petites	moyennes	grandes
		<b>CAPACITES DES PME</b>		

**Figure III - 13. Interprétation d'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS**

On doit choisir le niveau de maturité du projet LSS, en s'appuyant principalement sur besoins internes et externes d'organisation : le nombre de processus à gérer, le besoin de changements dans l'usine ou la satisfaction client. Un élément supplémentaire, qui aide à prendre cette décision, concerne les capacités de l'entreprise. Ceci comprend les connaissances et les compétences en gestion de production, notamment Lean Six Sigma, ainsi que la culture qualité de l'entreprise, la disponibilité des ressources financières et de temps pour mener le projet LSS.

En règle générale, de petits besoins et peu de capacités d'améliorations mènent une entreprise dans la Zone 1, ce qui correspond à la réalisation du projet LSS de niveau élémentaire. A l'inverse, des besoins élevés et de grandes capacités de changements indiquent la Zone 2 et le projet LSS basé sur les méthodes, les techniques, les outils et les indicateurs avancés. Si la demande est faible avec des ressources financières, humaines et de temps importantes, il est préférable de se limiter à un projet basique (Zone 1). Ceci permet d'éviter l'emploi excessif des procédures et des outils LSS par rapport aux processus organisationnels simples dont les interactions sont visibles.

Dans le cas où les besoins sont moyens ou grands, mais que les capacités sont insuffisantes, il est préférable d'effectuer les améliorations basiques de la Zone 1. Quand les besoins de changement sont grands, mais sont accompagnés par peu de ressources, la réalisation du projet LSS d'un niveau élémentaire forme une base pour améliorer les critères D, E et F, ce qui prépare une démarche plus avancée dans l'avenir. Une solution alternative dans cette

situation consiste à reporter le lancement du projet LSS conforme à la Zone 2 jusqu'au moment où l'entreprise en a la capacité, par exemple grâce à l'embauche d'un spécialiste du Lean Six Sigma, ou bien en obtenant des subventions de développement.

Les autres résultats de l'auto-évaluation, permettent à l'entreprise de faire un choix individuel d'élan du projet LSS, en étant consciente de ses attentes, des obstacles et des points faibles de son organisation.

L'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS est normalement employé pour déterminer l'élan de la démarche d'amélioration, mais il peut être également utile en tant qu'un outil d'auto-évaluation de l'entreprise, en indiquant les points faibles de l'organisation que l'on doit prendre en compte dans le plan d'actions.

#### **4.5.2. Etape II – Mener des actions d'amélioration avec LSS**

Après avoir défini le but de la démarche et la voix du consommateur dans l'étape « Définir », on peut entamer la partie pratique d'exécution du projet, c'est-à-dire réaliser l'objectif fixé. Par conséquent, dans la deuxième étape nommée « Measure, Analyze, Improve – Projet LSS », les actions d'amélioration sont menées avec la méthode Lean Six Sigma et elles visent à atteindre le but de la démarche.

Afin d'assurer la justesse dans l'identification des problèmes et dans le choix des outils appropriés pour les résoudre, il est pertinent de respecter une rigueur méthodologique adéquate. La réalisation de l'étape MAI – Projet LSS devrait donc commencer par l'application du management maigre dans la sous-étape MAICS – Lean, pour ensuite effectuer les améliorations suivantes lors du MAICS – Six Sigma (Figure III - 14). En cherchant à utiliser la méthodologie LSS Plutus dans le secteur des PME, les outils Lean Six Sigma sélectionnés pour le projet doivent correspondre à la spécificité de ces organisations (Leseure et al., 2010). Les outils les plus appropriés et recommandés pour ce but ont été présentés sur la Figure III - 7 et Figure III - 8.

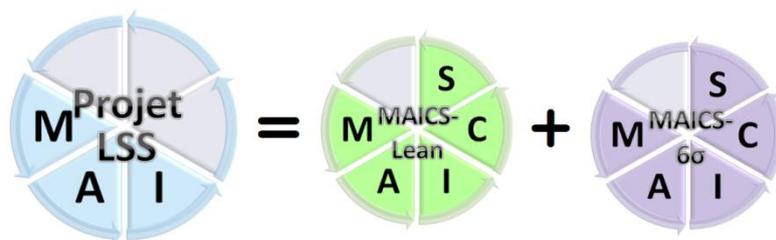
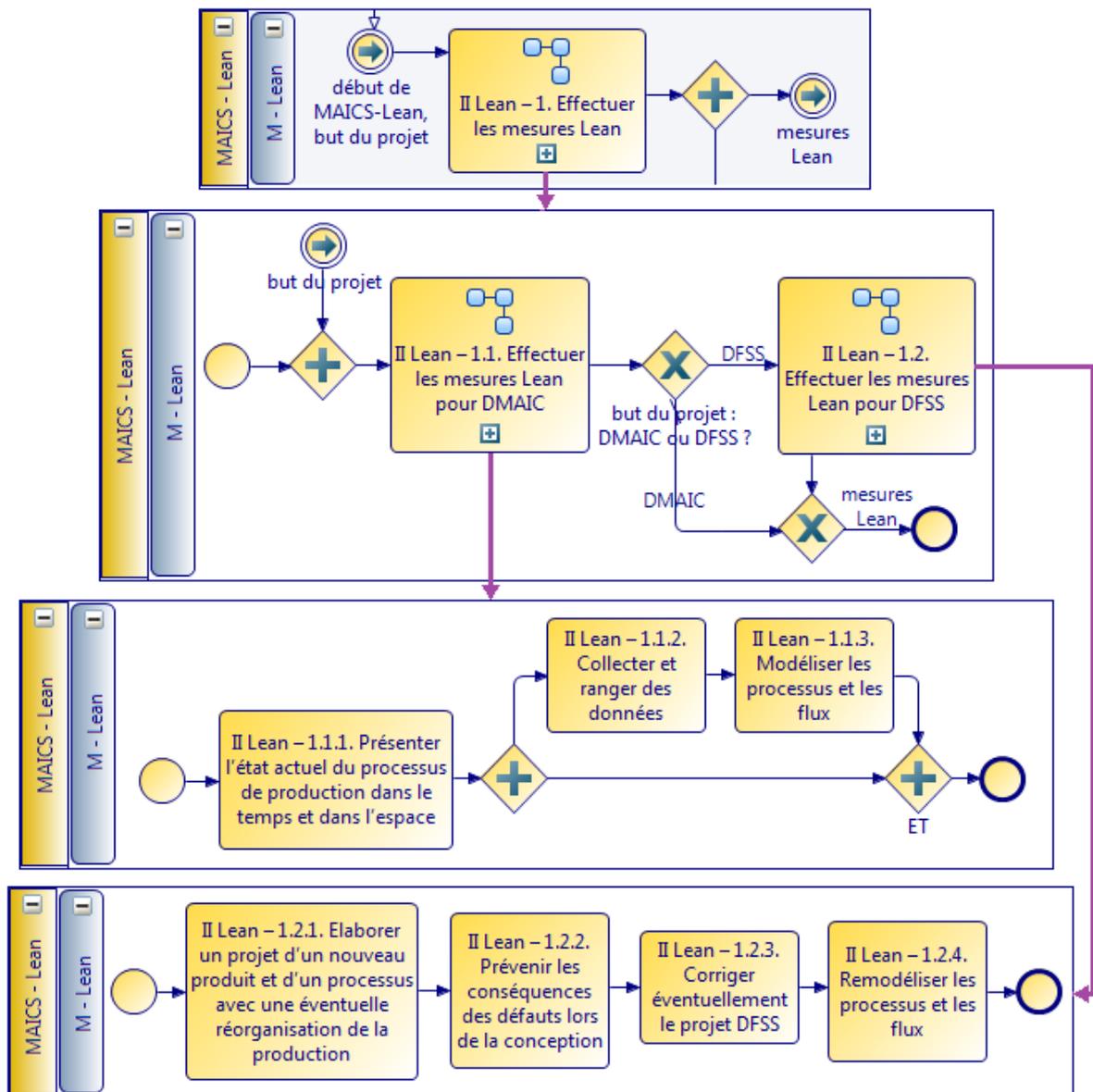
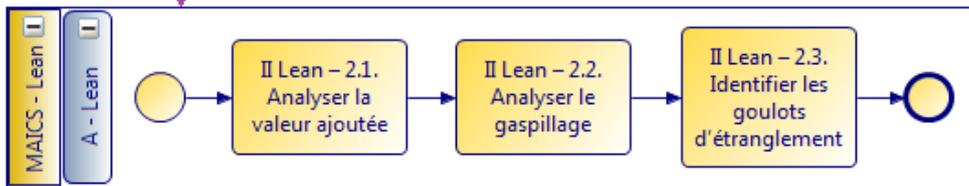
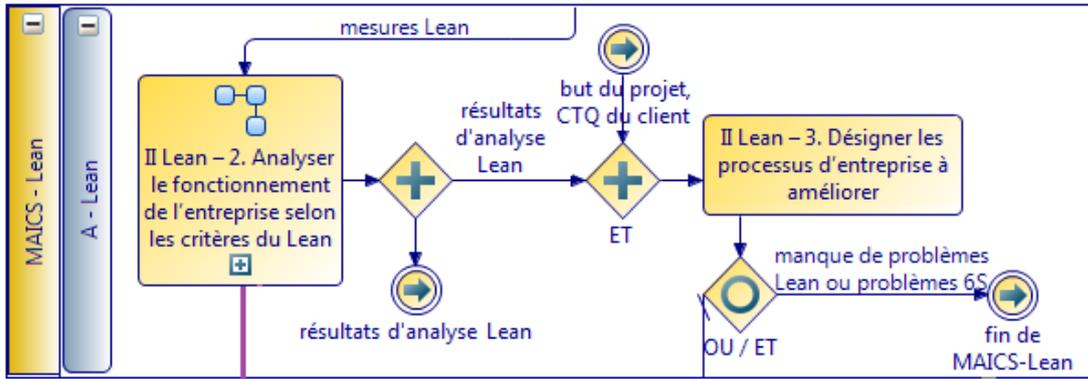


Figure III - 14. Principaux composants de l'étape MAI – Projet LSS

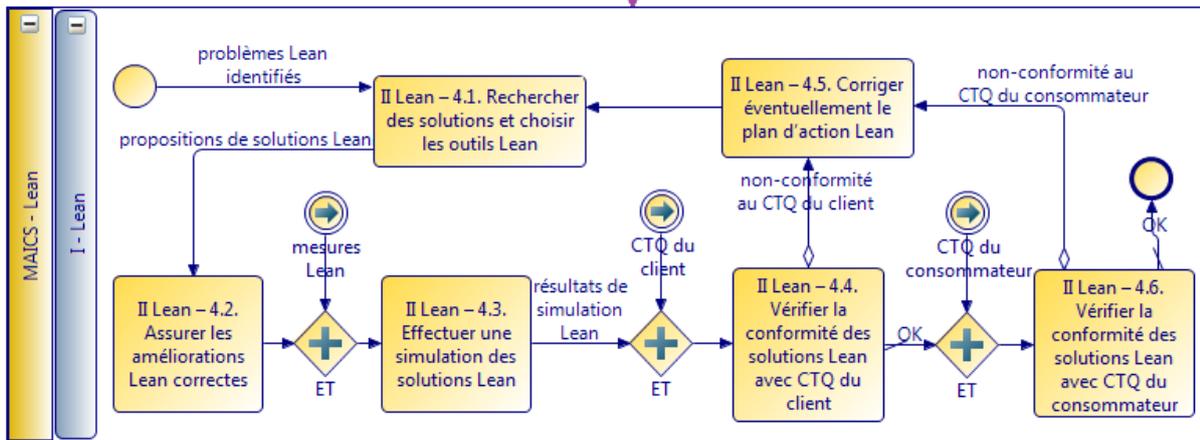
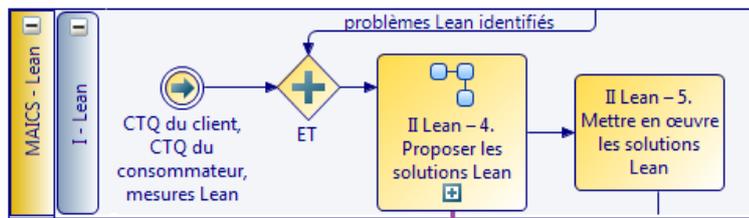
En pratique, la mise en œuvre du Lean Six Sigma doit commencer par la réalisation de la sous-étape MAICS – Lean. Son modèle conceptuel est présenté sur la Figure III - 15 qui illustre les principaux processus donc MAICS – Lean est composé : Effectuer les mesures Lean, Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean, Concevoir les processus d'entreprise à améliorer, Proposer les solutions Lean, Mettre en œuvre le Lean, Analyser les résultats Lean, Surveiller les améliorations Lean, Simplifier les améliorations Lean, Continuer les améliorations Lean par le groupe Kaizen.



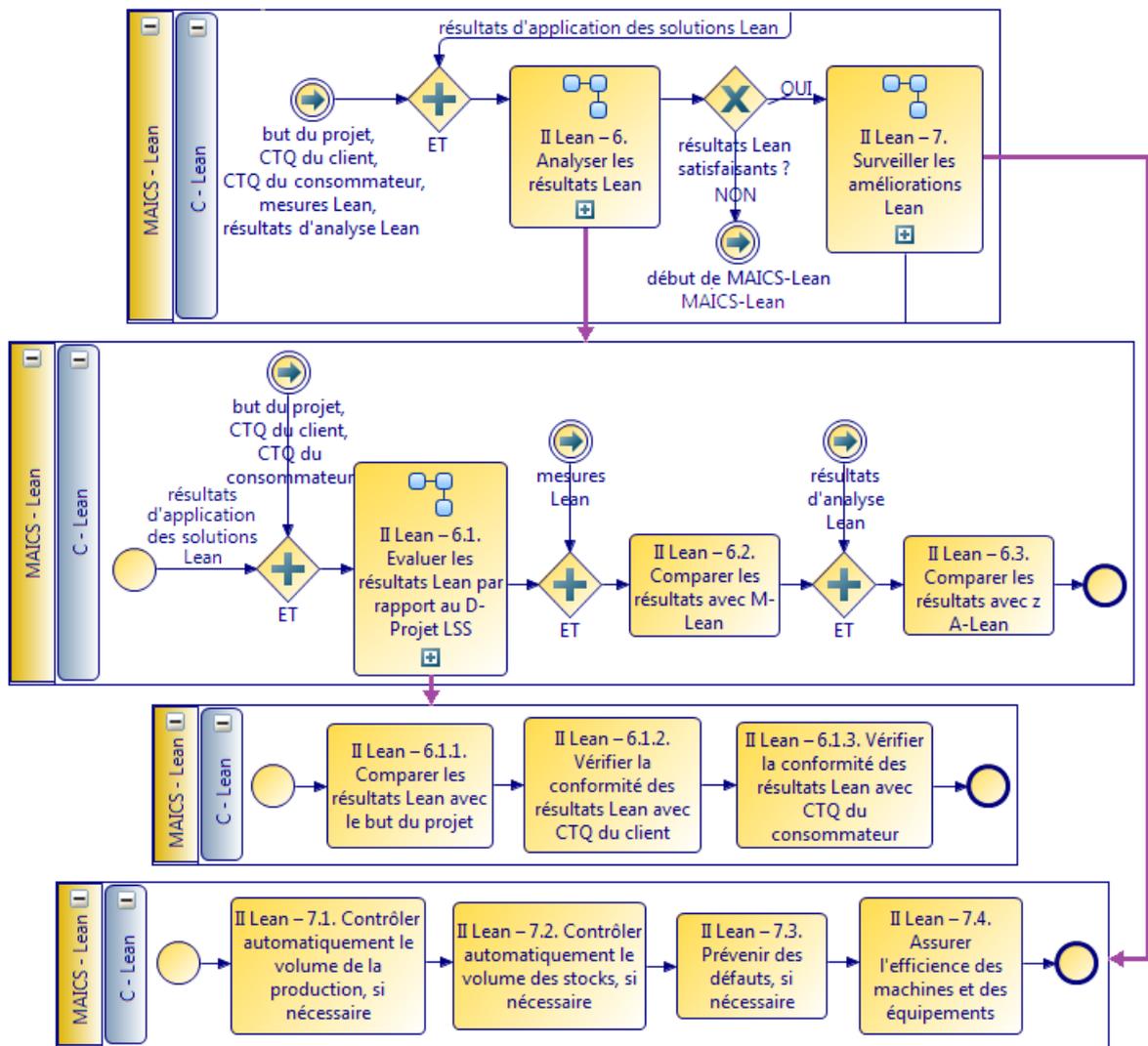
a) Phase M – Lean



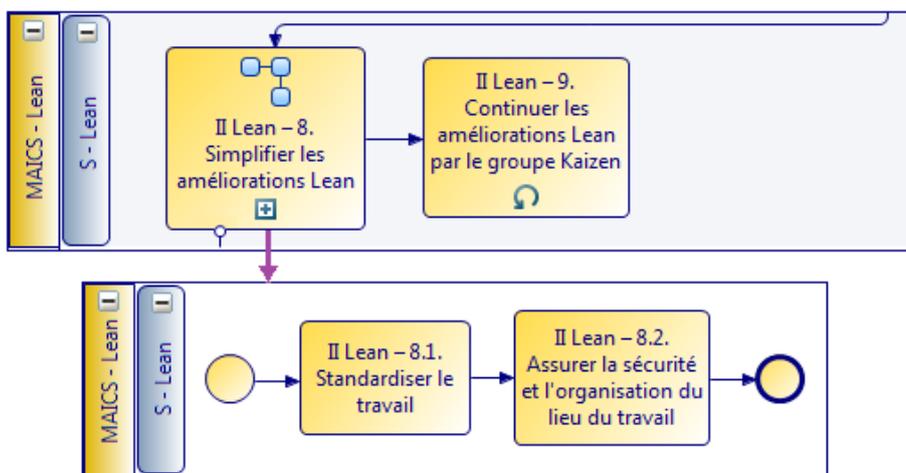
b) Phase A – Lean



c) Phase I – Lean



d) Phase C – Lean



e) Phase S – Lean

Figure III - 15. Modèle de la sous-étape MAICS – Lean

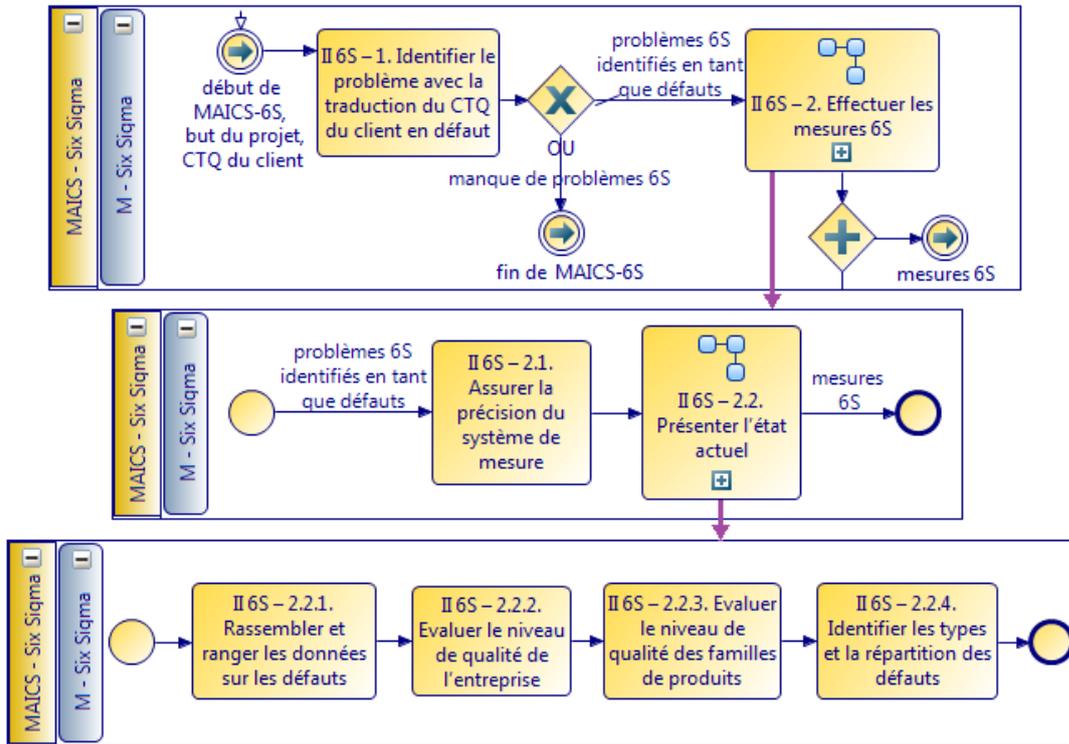
La sous-étape MAICS – Lean sert à améliorer les résultats de l'entreprise surtout en termes de temps de livraison, de qualité et de prix des produits. Dans ce cas, on applique les règles qui visent à réduire le temps de réalisation de la commande et à économiser de la matière et de l'argent. Ces changements durables nécessitent une formalisation, une vérification et éventuellement une réorganisation des processus existants dans l'entreprise entière. Dans le but d'effectuer ces améliorations, la méthode Lean identifie la chaîne de la valeur et cible le gaspillage sur les processus et les opérations qui n'ajoutent pas de la valeur du point de vue du client (Hines et Taylor, 2000; Womack et Jones, 1996). Dans le concept du management maigre, le gaspillage comprend les processus de support et de maintien de l'infrastructure, ainsi que les autres actions qui n'apportent pas de la valeur ajoutée et qui sont dues à l'organisation incorrecte de la production et aux défauts de qualité. Ainsi le gaspillage peut apparaître par exemple, comme la surproduction, le temps d'attente, le transport inutile, les tâches inutiles, les stocks excessifs, les mouvements inutiles, la fabrication défectueuse ou bien les concepts des biens ou des services qui ne répondent pas aux besoins des consommateurs (Ohno et Setsuo, 1988).

Dans le cadre du projet LSS, l'identification de la valeur ajoutée et du gaspillage s'appuie sur une cartographie des processus et des flux. Dans l'approche traditionnelle, Value Stream Mapping est l'outil qui sert à illustrer la chaîne de la valeur, en présentant les flux des matières et d'informations, ainsi que les processus dans la chaîne logistique. Or, dans la méthodologie LSS Plutus, nous proposons de remplacer VSM par un nouvel outil dans la boîte à outils du management maigre : VSM4 – Value Stream Mapping 4. VSM4 est un sur-ensemble de VSM, ce qui permet toujours de visualiser la chaîne de la valeur. De plus, dans VSM4 qui est basé sur le standard Business Process Modeling & Notation BPMN, la description des processus métiers, des flux physiques et d'informations est complétée par les flux documentaires et financiers. Ainsi on peut plus facilement détecter les non-conformités ayant un impact sur le bien ou le service et dues par exemple, aux procédures erronées ou aux difficultés liées à la liquidité financière.

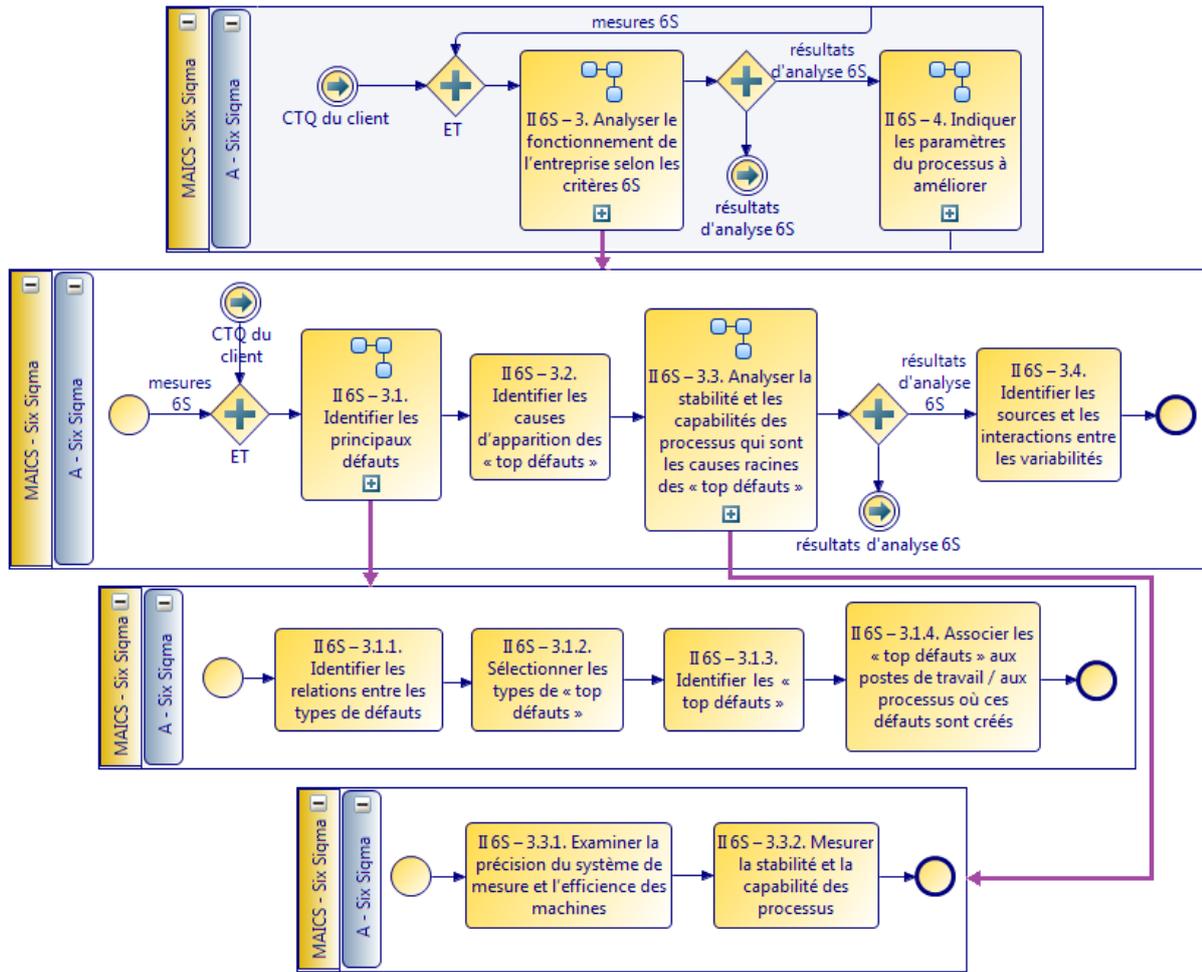
La mise en œuvre du concept Lean comprend la réalisation des cycles successifs MAICS – Lean, ce qui doit se produire jusqu'au moment d'obtenir les processus stables, les flux rangés et la production maigre. L'application des éléments du concept des six sigmas peut être entamée seulement à partir de cet instant.

Dans MAICS – Six Sigma, l'application de la méthode Six Sigma est une réponse à l'apparition des besoins du client qui sont formulés en forme de but du projet. Par conséquent, la deuxième sous-étape comprend les actions qui visent à améliorer radicalement la qualité du bien, du service ou bien d'une caractéristique de commande qui est généralement liée au prix ou au délai de livraison. Ainsi le rôle du MAICS – Six Sigma consiste à diagnostiquer et réduire la variabilité de ces processus qui détériorent considérablement les paramètres de commande les plus importants pour le client et essentiels pour sa satisfaction. A la base de ces actions, il devrait s'en trouver une soumise au contrôle statistiques des processus clefs du point de vue du client (Arnheiter et Maleyeff, 2005; George, 2002). L'approche statistique, nécessite d'identifier et transformer les informations et surtout de s'appuyer sur des mesures réelles. Au-delà des outils statistiques, on peut également se servir des techniques de résolution de problèmes du domaine du Six Sigma afin d'exécuter les dernières améliorations. Ainsi MAICS – Six Sigma vise à réduire la variabilité des processus, ce qui permet finalement d'accomplir l'objectif du projet et conduit à diminuer le nombre d'erreurs, en approchant l'entreprise du concept « zéro défauts » (George, 2002).

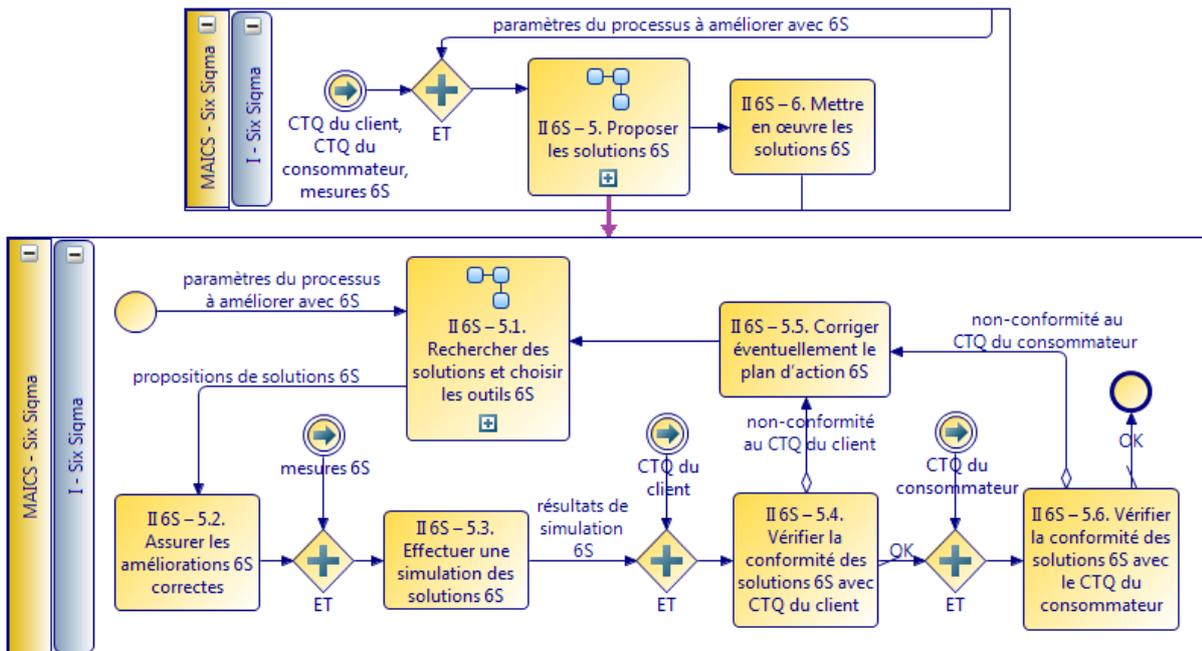
L'application de la méthode Six Sigma est basée elle aussi sur les cinq phases du modèle DMAICS qui comprennent les processus principaux similaires à ceux du MAICS-Lean (Figure III - 16). De plus, comme dans le cas de la première sous-étape, on doit également répéter le cycle MAICS – Six Sigma jusqu'au moment où le but du projet et le CTQ du client seront atteints d'une manière satisfaisante.



a) Phase M – Six Sigma



b) Phase A – Six Sigma



c) Phase I – Six Sigma

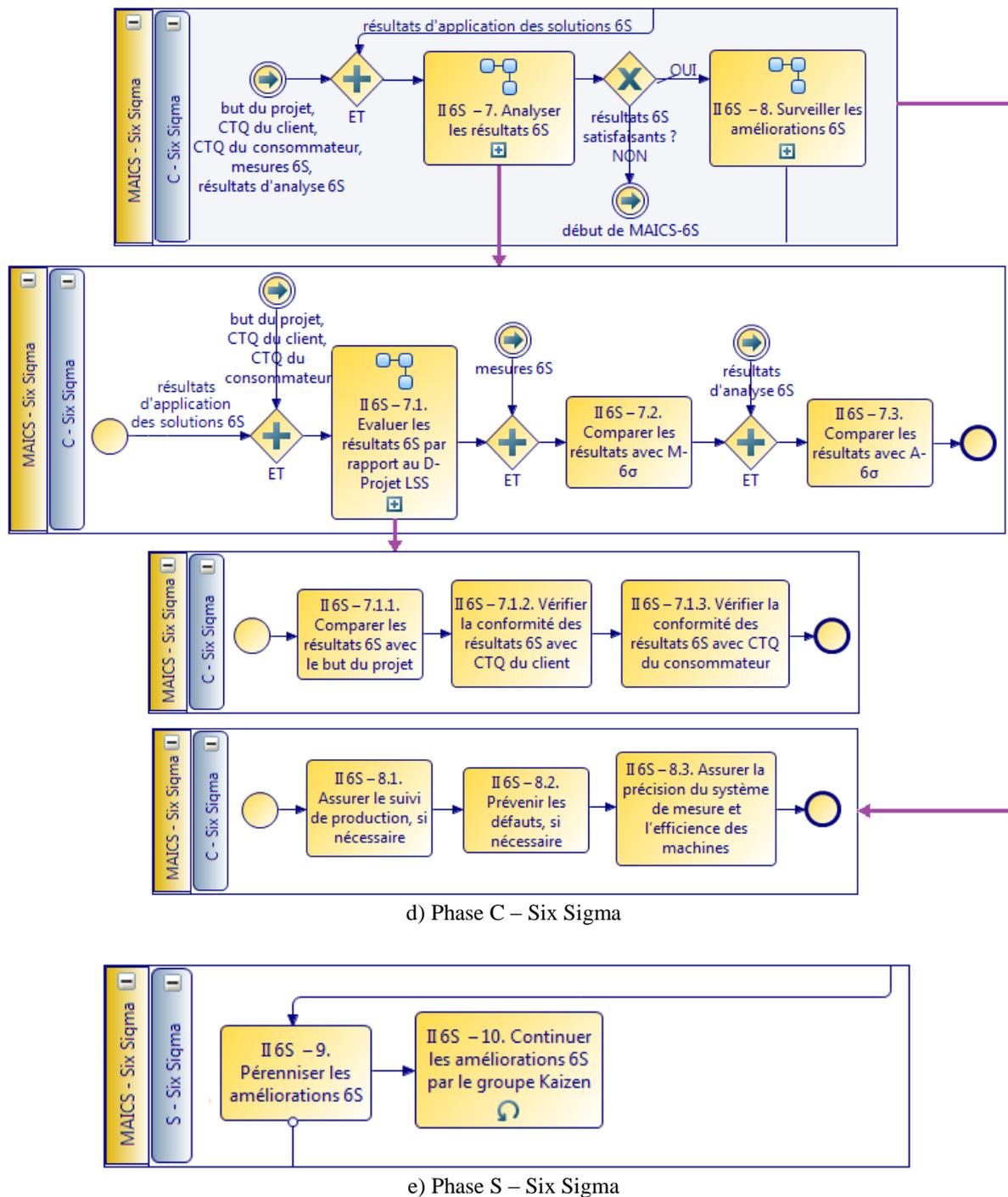


Figure III - 16. Modèle de la sous-étape MAICS – Six Sigma

Lors de la sous-étape MAICS – Lean, le modèle du cycle en V est utilisé pour assurer une prise de décisions justes et optimales concernant les améliorations du domaine du Lean (Figure III - 17).

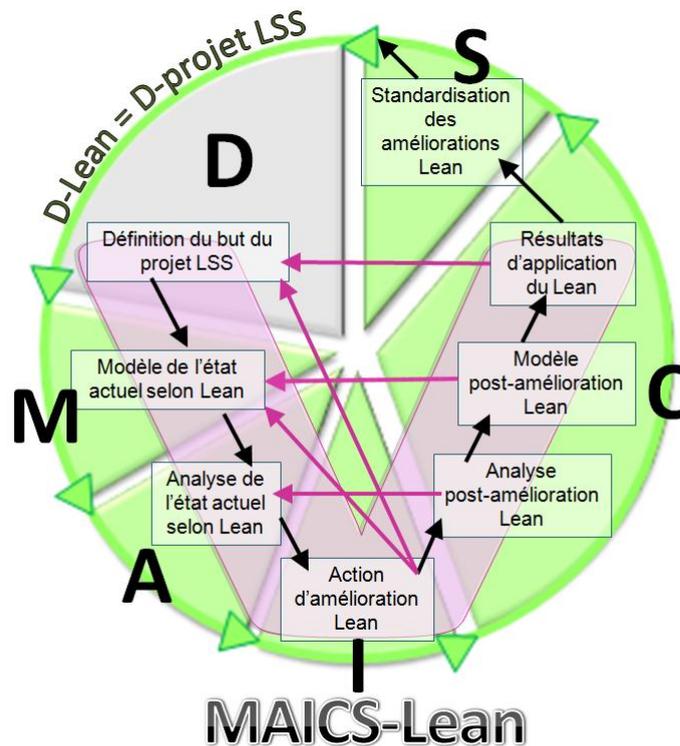


Figure III - 17. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de la sous-étape MAICS – Lean

L'objectif du cycle en V dans la phase « Improve » est de vérifier les solutions proposées et de les valider afin de mettre en œuvre les améliorations. Pour cette raison, le cycle en V dans un premier temps aide à simuler l'implémentation des changements Lean proposés, en examinant leur efficacité dans l'optimisation de l'état de fonctionnement de l'entreprise. Ceci devrait mener à choisir des actions plus efficaces. Ensuite on analyse l'impact des solutions planifiées sur la réalisation du CTQ du client afin de les appliquer. De plus, comme le consommateur est le plus important parmi tous les clients de l'entreprise, il faut également examiner si la proposition des changements Lean respecte ses besoins et ses attentes. Dans le cas où une des vérifications est négative, le cycle en V conduit à entreprendre des opérations appropriées pour corriger le plan d'actions Lean. Ainsi la phase « Improve » est enrichie en actions préventives et correctives qui précèdent la mise en œuvre de la version finale des améliorations.

La phase C – Lean s'appuie surtout sur le contrôle avec le cycle en V, ce qui permet d'évaluer l'efficacité des améliorations Lean apportées. Dans le premier temps, les résultats Lean sont vérifiés afin de réussir l'objectif du projet. De même que dans la phase I – Lean, les améliorations apportées sont vérifiées par rapport à leur conformité aux autres paramètres critiques de la démarche définis dans l'étape D – Projet LSS : CTQ du client du projet et la voix

du consommateur. De plus, lors de l'évaluation détaillée des résultats Lean obtenus dans la phase « Control », on examine l'efficacité des changements en comparaison avec les mesures et l'analyse de l'état actuel de fonctionnement de l'entreprise qui ont été accomplies au sein des phases M – Lean et A – Lean. Si les résultats attendus sont atteints et s'ils correspondent aux besoins du client du projet et des consommateurs, ils peuvent être donc standardisés et diffusés. Dans le cas où les résultats ne seraient pas satisfaisants, on a la possibilité d'effectuer à nouveau la roue d'amélioration continue MAICS – Lean afin d'apporter les actions correctives ou d'appliquer des solutions plus adéquates.

De la même façon, on utilise le modèle du cycle en V dans les phases « Improve » et « Control » de la sous-étape MAICS – Six Sigma (Figure III - 18), en minimisant ainsi le risque de commettre des erreurs lors de la démarche d'amélioration du domaine du Six Sigma. Cet effet est obtenu parce que le cycle en V indique immédiatement l'action corrective et qu'il permet de standardiser uniquement les changements les plus avantageux.

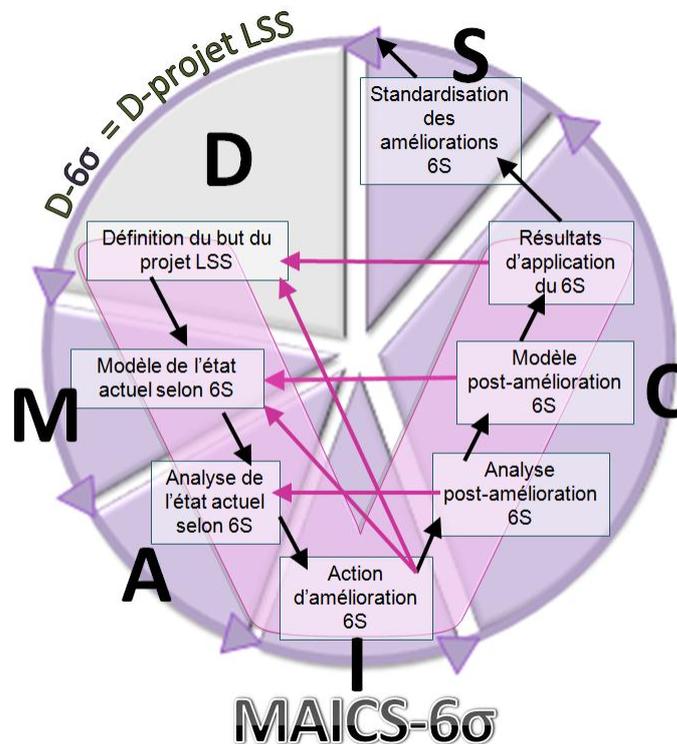


Figure III - 18. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de la sous-étape MAICS – Six Sigma

Le fait de commencer la mise en œuvre de la méthode Lean Six Sigma par les outils Lean a pour effet le centrage des processus. Ceci permet d'employer les outils Six Sigma dans un

deuxième temps pour réduire progressivement la variabilité des processus cibles qui ont été déjà stabilisés (George, 2002; Kwak et Anbari, 2006). De plus, l'application du VSM4 proposé, qui utilise la modélisation des processus métier avec les quatre types de flux, rend l'analyse de la chaîne de valeur et les plans d'action plus faciles, plus rapides, mais également plus complexes et plus justes. Par conséquent, l'ensemble des améliorations mène efficacement à « amincir » la chaîne de la valeur, ainsi qu'à diminuer le nombre d'erreurs, en approchant l'entreprise du concept de « zéro défaut ». Le fait de s'appuyer sur le modèle d'amélioration continue DMAICS et le cycle en V aide à prendre des décisions plus justes et permet de planifier, concevoir, appliquer et contrôler les solutions les plus optimales à la fois pour le client du projet, la société et les consommateurs.

Afin de rendre l'application du Lean Six Sigma plus efficace et plus facile, nous avons élaboré les indicateurs et les outils suivants :

- Dans la phase M – Lean, « Value Stream Mapping 4 » (cf. 4.5.2.1) pour visualiser la chaîne de la valeur en prenant en compte les flux physiques, documentaires, financiers et d'informations ;
- Dans la phase A – Lean, un tableau de classification des problèmes d'entreprise (cf. 4.5.2.2) pour désigner les sujets les plus urgents à améliorer ;
- Dans la phase A – Six Sigma, un arbre de problèmes Six Sigma (cf. 4.5.2.3) pour définir les paramètres des processus à améliorer ;
- Dans la phase I – Six Sigma, un arbre de décisions Six Sigma (cf. 4.5.2.4) pour trouver les solutions avec la méthode Six Sigma.

#### **4.5.2.1. Value Stream Mapping 4**

La chaîne de la valeur élaborée de manière traditionnelle consiste en des séquences de processus depuis les matières premières jusqu'au client final et est habituellement représentée sur une cartographie des processus, des flux physiques et des flux d'informations. Dans le cadre de la méthodologie LSS Plutus, nous complétons la cartographie traditionnelle selon Value Stream Mapping VSM avec les flux financiers et documentaires. En conséquence, nous avons obtenu « Value Stream Mapping 4 » VSM4, où le chiffre 4 signifie « 4 Flows » soit **4 flux** afin

d'accentuer le fait d'intégrer les quatre flux du BPMN dans la cartographie de la chaîne de la valeur :

- les flux physiques : les éléments physiques, p. ex. des matières premières, des produits semi-finis, des produits finis,
- les flux d'informations : les éléments qui n'apportent pas de valeur ajoutée, mais qui signalent un événement, p. ex. une confirmation de livraison, une demande des matières, une commande de production, une ouverture du projet,
- les flux documentaires : les papiers qui généralement nécessitent une signature, p. ex. un chèque, une facture, un bon de commande, un bon de livraison, un accusé de réception, un cahier des charges, un dossier de fabrication, une procédure, une fiche de poste, une carte de standardisation de travail, une carte Kanban,
- les flux financiers : les éléments qui représentent directement de l'argent, p. ex. de l'argent, un virement bancaire, un prélèvement bancaire.

En introduisant le VSM4 dans la méthodologie, nous avons obtenu un outil plus juste et plus complexe pour illustrer les chaînes de valeur existant dans l'organisation. En effet, l'emploi du VSM4 permet de visualiser les processus et les flux, facilite l'identification du gaspillage, et relève les relations entre les flux physiques, financiers, documentaires et d'informations. Par conséquent, nous pouvons utiliser une cartographie plus complexe qui montre les interactions dans l'entreprise et entre l'entreprise et ses fournisseurs, ainsi que ses clients.

Les deux exemples présentés ci-dessous illustrent les situations où le remplacement du VSM par VSM4 permet d'éviter une identification erronée des problèmes et une mise en œuvre de changements défavorables :

- *Exemple 1. Emploi des flux financiers.*
  - L'analyse basée sur le VSM a indiqué une baisse des ventes due à la mauvaise qualité des produits. Le processus responsable de la création des défauts a été identifié lors de MAICS – Six Sigma. Par la suite, les nombreuses solutions ont été apportées afin d'obtenir également une stabilité et une capacité durables (carte de contrôle, carte de standardisation du travail, contrôle visuel, formation). Malgré l'impact des améliorations sur la qualité des produits, une augmentation significative de ventes n'a pas été atteinte.

- L'analyse avec le VSM4 menée dans la même situation a indiqué également le problème de défauts de qualité sur le poste de travail mentionné. En outre, l'étude a révélé la véritable cause de la chute de ventes. La prise en compte des flux financiers lors de l'analyse de fonctionnement de l'organisation a permis de découvrir que la mauvaise qualité des produits a été liée au remplacement de matières premières par des matières moins chères et d'une faible qualité. L'entreprise a pris cette décision à cause des retards réguliers de paiements clients, ce qui provoquait des difficultés de liquidité financière.
- L'analyse incomplète des flux a donc conduit à des conclusions erronées. Par conséquent, l'entreprise a engagé les opérateurs, leur temps et leurs efforts sans obtenir en revanche des améliorations tangibles. Ceci a contribué également à décourager le personnel pour les prochaines améliorations.
- *Exemple 2. Emploi des flux documentaires.*
  - Le VSM a indiqué le risque de perte de clients à cause des délais de livraison trop longs. Par conséquent, l'entreprise a effectué des actions typiques pour accélérer la production (flux continu, système tiré, augmentation de productivité avec TPM), ainsi que le recours aux horaires supplémentaires et à la sous-traitance.
  - Or sur le même cas, VSM4 a révélé que les retards des commandes client provenaient principalement des erreurs commises par le service commande pendant la réception des commandes, la préparation du planning de la production ou bien le calcul des besoins en matières. Ces erreurs ont été causées par l'excès d'informations, l'ignorance du volume réel du stock et de l'état réel d'avancement de la production, ainsi que par un manque de procédures concernant le service client.
  - Tandis que le « dégraissage » du processus basé sur le VSM a apporté des changements bénéfiques, les dépenses pour les horaires supplémentaires et les sous-traitants ont été superflues. En outre, l'analyse avec VSM4 a indiqué la nécessité de synchroniser et simplifier les flux d'informations et des documents grâce à l'application des procédures et à l'actualisation régulière des informations.

Comme le montrent ces deux cas d'études, l'emploi des flux financiers et documentaires dans la cartographie de la chaîne de la valeur augmente la justesse du diagnostic. C'est particulièrement utile pour les organisations de taille moyenne, où existe un grand nombre des

processus, des relations complexes entre eux, l'accès difficile aux informations et une faible communication entre les services.

#### **4.5.2.2. Classification des problèmes d'entreprise**

Les améliorations LSS doivent se focaliser sur les processus qui possèdent une importance particulière pour le client du projet et qui ont un impact significatif sur la réalisation du but de la démarche. On peut se servir à cet effet d'un tableau de classification des problèmes (Tableau III - 8) qui permet de désigner les sujets les plus urgents à améliorer. Ainsi dans un premier temps, il faut résoudre les problèmes liés au muda de type II, ce qui comprend les tâches inutiles dues à la mauvaise organisation de la production et aux défauts de qualité. En effet, ceci constitue un groupe de gaspillage qui a l'impact le plus négatif sur l'entreprise parce que le muda de type II mène à rallonger le temps de la réalisation des commandes et à procurer des coûts supplémentaires. Pour cette raison, les problèmes Lean liés à ce groupe de gaspillage doivent être considérés comme prioritaires et il faut viser à les éliminer d'une manière progressive et raisonnable. Par la suite, on peut commencer à résoudre les problèmes liés au gaspillage de type I, en réduisant et perfectionnant les processus de support qui sont indispensables, mais n'apportent pas de la valeur ajoutée au consommateur. La dernière étape dans la recherche des améliorations consiste à éliminer les problèmes Lean liés à un nouveau type de muda qui a été identifié par J. Bicheno (Bicheno, 2000b) (Annexe II).

La décision de résoudre les problèmes Lean appartenant à ce groupe de gaspillage supplémentaire doit venir de la volonté d'atteindre un meilleur niveau d'excellence d'entreprise, d'optimiser les ressources et d'améliorer la relation avec les clients. Malgré le fait que la démarche la plus avantageuse consiste à commencer l'élimination du gaspillage par le muda de type II, chaque organisation en particulier devrait estimer l'importance et les interactions de ses problèmes afin de choisir les plus urgents à résoudre.

**Tableau III - 8. Classification des problèmes**

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
produits non conformes aux spécifications du client	–	14	16, 20	21
caractéristiques supplémentaires et inutiles du produit	–	10, 14	16, 20	–
manque de connaissances des attentes du client	–	14	16, 20	–

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
retour client	–	13, 14	20	–
bas volume de vente	–		16, 20	–
compétitivité insuffisante	–	14	16, 20	–
mauvaise image de l'entreprise	–		20	–
production non-adaptée aux commandes client	–	7, 11	16-17	–
manque de flexibilité aux changements de commandes	–	7-9, 11-13	16, 20	–
périodes de très haut et très bas niveau de commandes	–	7, 11	16	–
flux non-synchronisés	–	7-9, 11	16	–
basse productivité	1	8-13	16	–
goulot d'étranglement	–	8, 11	16	–
ignorance de l'état réel d'avancement de la production	–	7, 11	16	–
ignorance du volume réel du stock	–	11	16	–
grand stock des matières premières, des produits semi-finis, des produits	–	7, 9	16	–
stock en cours volumineux	–	7-8, 11	16	–
stockage des produits difficile à vendre	–	11, 14	16, 18	–
produits peu répétitifs	–	14	16, 20	21
produits peu diversifiés	–	14	16, 20	–
diversité excessive des pièces et des produits semi-finis	–	11	16	–
processus technologique erroné	–	–	15-16	21
difficultés à transmettre des exigences techniques aux opérateurs	–	10, 13-14	–	–
mauvais réglage de machine	–	13	16	21
coûts élevés	1	7-13	16-18	21
défauts de qualité	2	13	16-18	21
mauvaise qualité des matières premières	–	13	16	21
endommagements des pièces pendant le transport, le stockage ou la fabrication	–	9, 11, 13	16	–
refabrication	–	13	16	–
détection des défauts tardive	–	10, 13	16	–
longue durée de réalisation de commande client	–	7-12	16-17, 20	–
longue durée de livraison ou livraison hors délais	–	8-9, 12	16, 20	–
temps d'arrêt machine	–	8	16	–
temps d'attente d'employé	–	8	16	–
temps d'attente du client	–	8	16, 20	–
changements de série de longue durée	1	8	16	–
temps d'attente des matières premières ou des pièces du stock	–	8	16	–
temps d'attente des produits semi-finis du poste en amont	–	8	16	–
manque de temps pour les tâches supplémentaires	–	–	15-16	–
personnel peu qualifié	–	–	15-16	–
répartition indistincte de responsabilité	–	–	15-16	–
faible motivation	–	–	15-16	–
résistance au changement et manque de compréhension des changements	–	–	15-16	–
faible communication	3, 4, 5	–	15-16, 19-20	–
manque d'informations sur les progrès concernant des améliorations précédentes	–	–	15-16	–
manque de valorisation du travail	–	–	15-16	–
réduction d'emploi	–	–	15-16	–

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
difficultés à pérenniser les améliorations	–	–	15-16	21
manque d'implication visible de la part de la direction	–	–	15-16	–
pannes des machines, travail avec un outil usé	1, 5	–	16	–
accès difficile aux équipements pour les entretenir ou les réviser	1	–	16	–
manque des pièces d'échange	1	8	16	–
erreurs lors d'un changement de série	1	12	16	–
erreurs d'équipement de mesure	–	–	15-16	21
procédures, documents ou informations erronés	3, 4	–	16, 19	–
conditions de travail difficiles	6	13	15-16	–
accidents, maladies professionnelles	6	–	16	–
manque de personnel disponible	3	8	16, 19	–
utilisation inappropriée des ressources disponibles	–	7-10, 13	15-18	–
besoin de moderniser l'usine ou d'échanger quelques machines	1	–	–	21
surface insuffisante pour ouvrir une nouvelle ligne de production	–	7, 11	16	–
surface insuffisante pour améliorer les conditions de la santé et de la sécurité au travail	6	–	16	–
surface insuffisante pour maintenir les stocks	–	11	16	–
ressources financières limitées pour la modernisation	1	–	–	–
ressources financières limitées pour l'achat des nouvelles technologies	–	14	–	–
ressources financières limitées pour développer les qualifications du personnel	–	–	15	–
problèmes de liquidité financière	4	7, 11	16, 19	–

(1 –réparations, réparations, entretien, réglage des machines, 2 - recyclage, 3 –service administratif, 4 –service comptable, 5 - connexion téléphonique et informatique, 6 –protection de la santé et de la sécurité au travail, sécurité incendie au travail, service d'entretien, 7 - surproduction, 8 - temps d'attente, 9 - transport inutile, 10 - tâches inutiles, 11 - stocks excessifs, 12 - mouvements inutiles, 13 - fabrication de produits défectueux, 14 –concepts des produits ou des services qui ne répondent pas aux besoins des utilisateurs, 15 - potentiel humain inexploité, 16 - systèmes inappropriés, 17 –usage excessive d'énergie et des ressources naturelles, 18 –gaspillage des matières premières, 19 –pertes dans le service et l'administration « back office » qui concernent les opérations non-liées à la production, 20 –pertes dans le service et l'administration « back office » qui touchent directement les consommateurs : le temps d'attente du consommateur et la perte des consommateurs, 21 –problèmes à approfondir dans MAICS – Six Sigma).

#### 4.5.2.3. Arbre de problèmes Six Sigma

Dans le but de faciliter l'identification des paramètres des processus à améliorer, nous proposons d'utiliser l'arbre de problèmes Six Sigma que nous avons défini et qui est illustré sur la Figure III - 19. La création de cet arbre a été inspirée par la méthode 5 why, donc à chaque passage au processus suivant, il faut poser la question « Pourquoi ? Pour quelle raison ? ». Ainsi, en utilisant la méthode 5 why, on peut atteindre les sources véritables des problèmes compliqués et complexes.

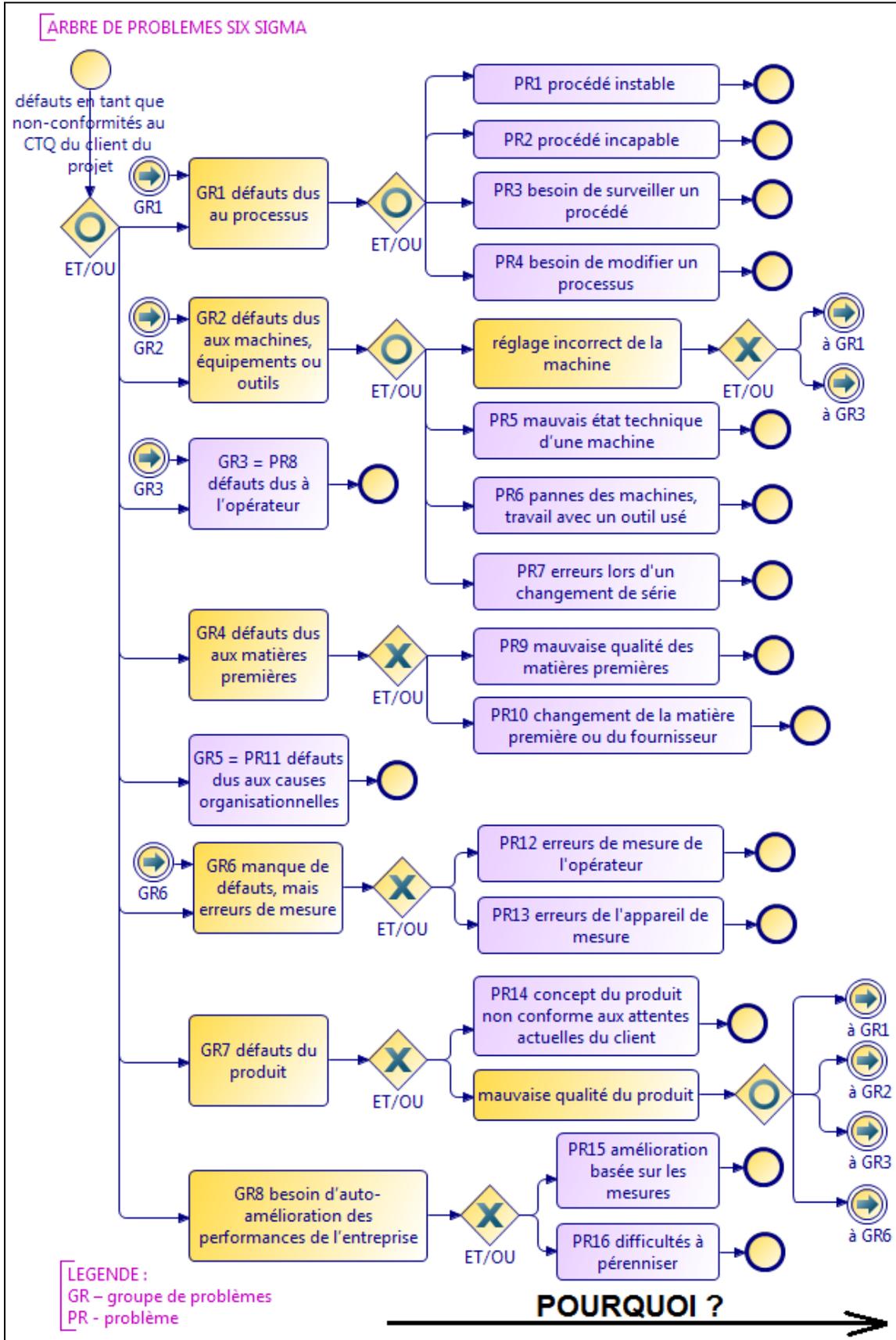
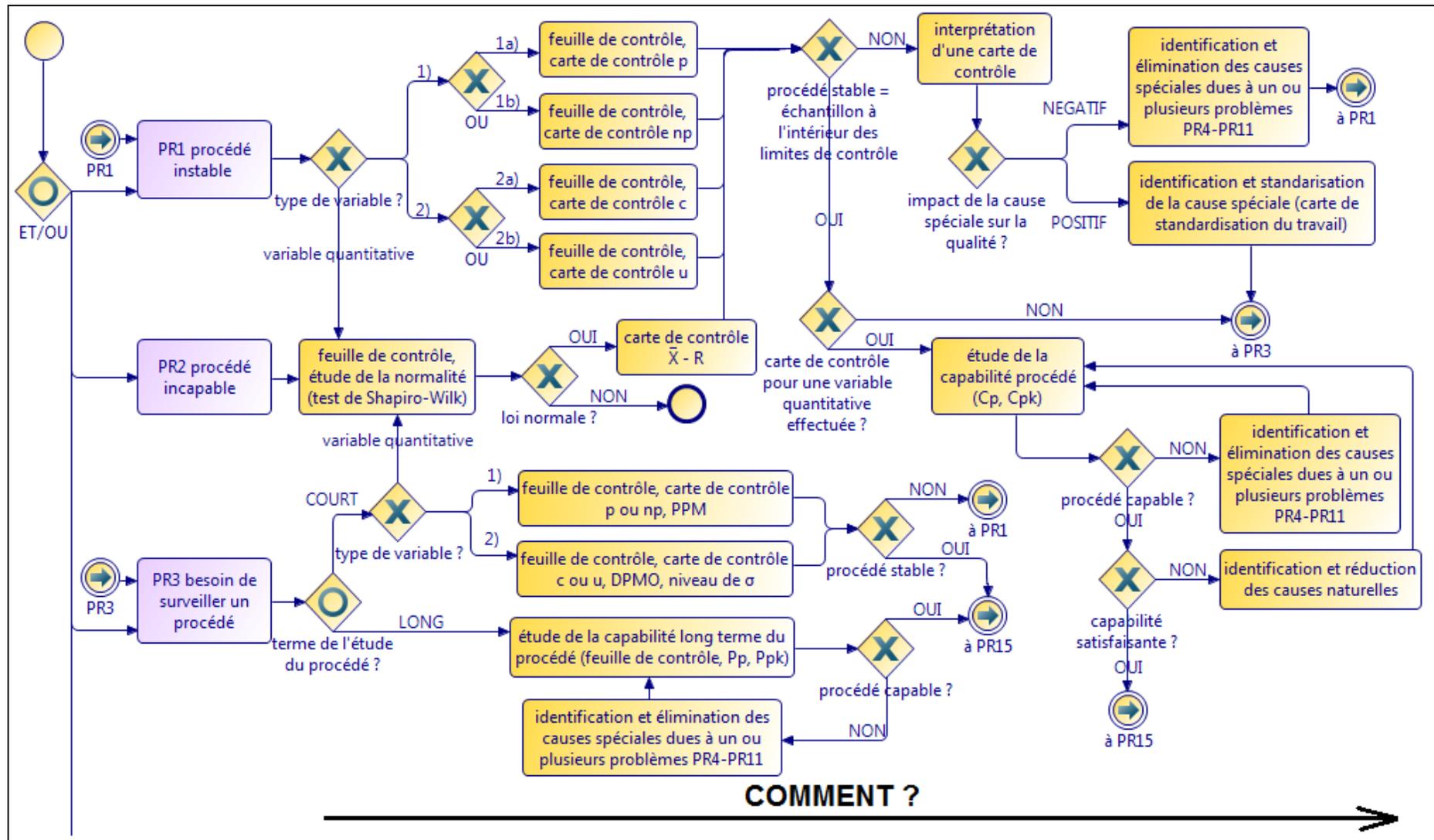


Figure III - 19. Arbre de problèmes Six Sigma

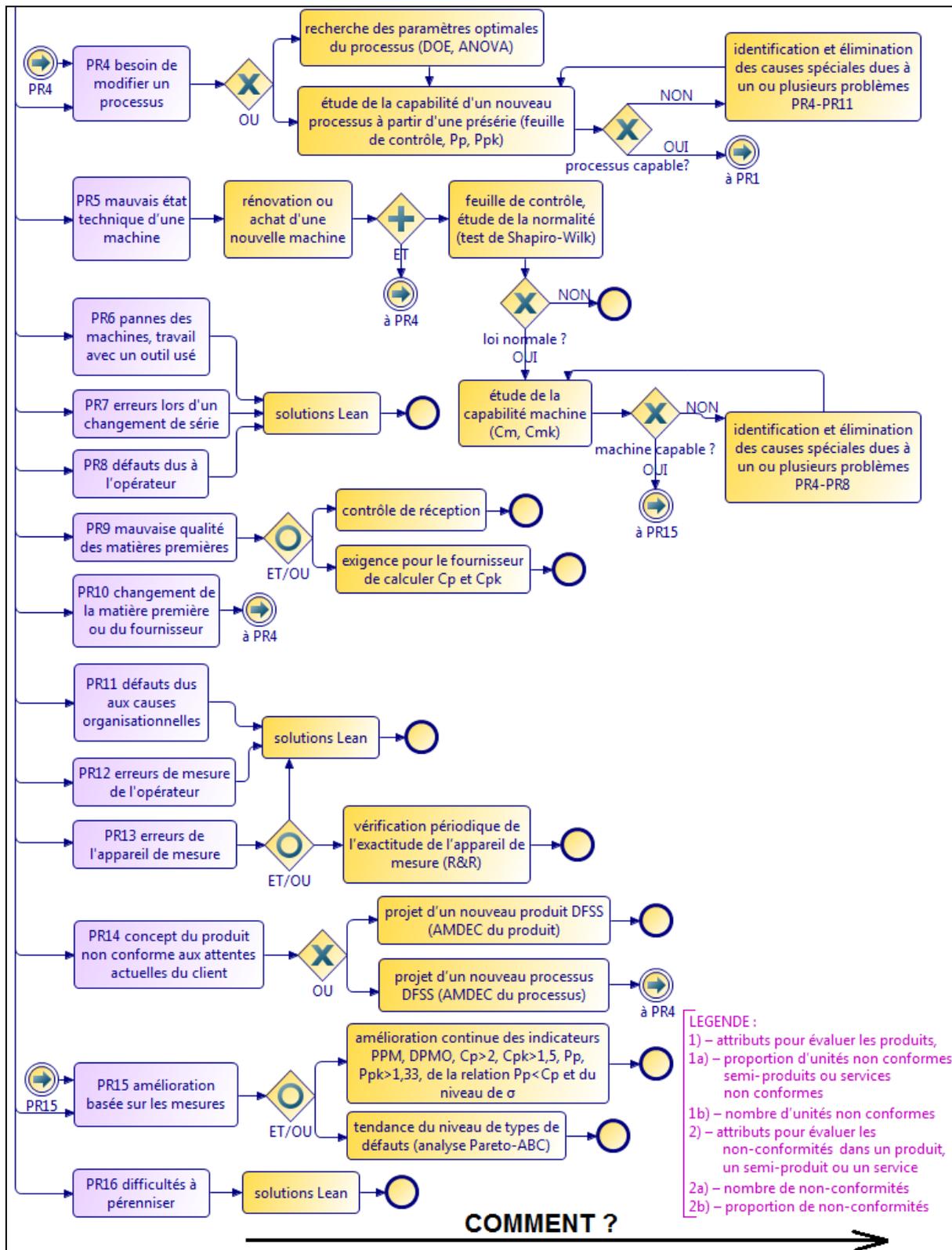
#### **4.5.2.4. Arbre de décisions Six Sigma**

La phase « Improve » pour Six Sigma doit débuter par la recherche des améliorations et le choix des outils Six Sigma appropriés pour réduire la variabilité et résoudre les problèmes. Nous proposons, à cet effet, d'utiliser l'arbre de décisions Six Sigma que nous avons défini (Figure III - 20), en posant les questions « Comment ? Avec quel outil ? » à chaque passage au processus suivant.



COMMENT ?

a) Solutions des problèmes liés à la maîtrise statistique du procédé



b) Solutions des autres problèmes Six Sigma  
**Figure III - 20. Arbre de décisions Six Sigma**

### 4.5.3. Etape III – Evaluer les résultats du projet LSS

L'implémentation des améliorations du domaine du Lean Six Sigma dans l'étape MAI – Projet LSS est suivie par une évaluation des résultats des changements obtenus et par une vérification qui permet de savoir si les objectifs définis dans la première étape du projet « Define » ont été atteints (Figure III - 21).

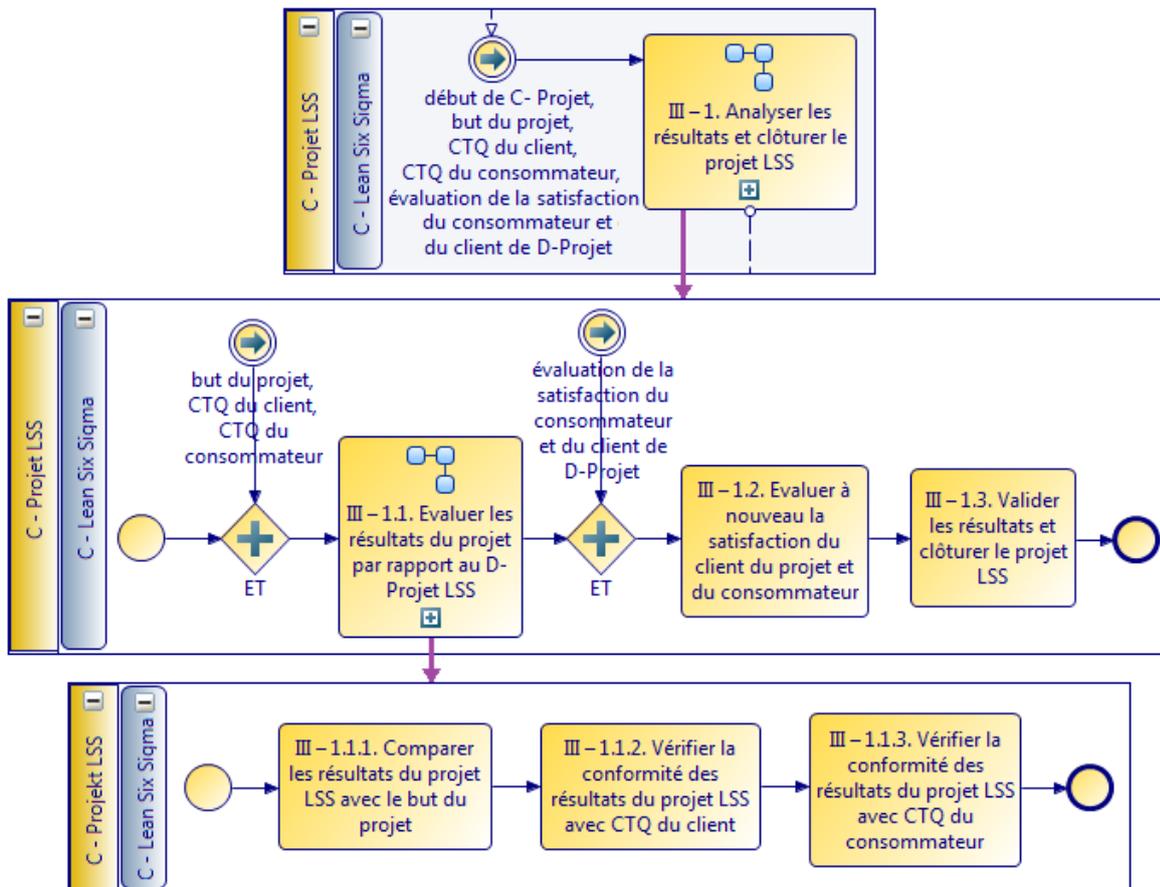


Figure III - 21. Modèle de l'étape C – Projet LSS

La vérification de l'efficacité des améliorations apportées et leur validation sont également effectuées grâce au modèle du cycle en V (Figure III - 22). Il constitue une base d'abord pour évaluer finalement les effets du projet entier et ensuite pour comparer les résultats obtenus avec les objectifs définis dans l'étape D – Projet LSS.

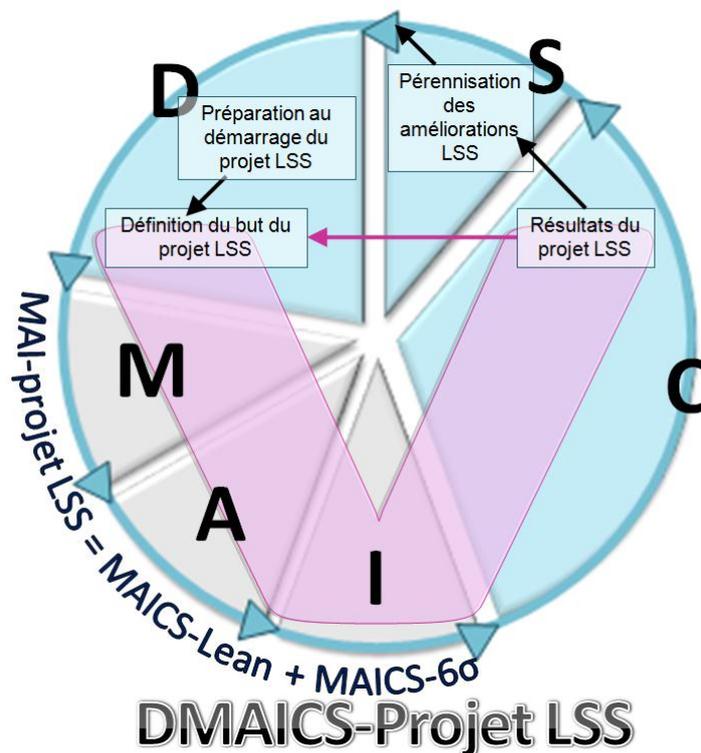


Figure III - 22. Application du modèle du cycle en V dans la réalisation de l'étape C – Projet LSS

Après avoir entamé le projet LSS pour répondre aux besoins du client, l'évaluation de la démarche dépend du niveau de réalisation de ses attentes. De plus, à cause de la place privilégiée du consommateur dans le fonctionnement de l'entreprise, il est pertinent d'examiner sa réaction aux changements apportés. Pour cette raison, lors de l'étape « Control », on vérifie la conformité des améliorations apportées avec le CTQ du client du projet et la voix du consommateur.

La démarche est reconnue réussie uniquement dans le cas où les objectifs attendus ont été atteints, en gagnant la satisfaction du client du projet et des consommateurs et en restant également en accord avec les besoins et les capacités de l'entreprise. Seules les actions qui apportent des effets positifs comme ceux définis ci-dessus méritent d'être pérennisées et appliquées sur les postes de travail similaires à travers l'usine lors de l'étape IV – « Standardize ».

#### 4.5.4. Etape IV – Pérenniser des améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise

En terminant le projet LSS, une attention particulière doit être portée sur les actions de valorisation, permettant d'assurer la durabilité des améliorations apportées, en les standardisant (Figure III - 23). L'importance d'une pérennisation des améliorations dans le domaine de la gestion de l'organisation est également mentionnée dans la norme ISO 9004:2009 qui accentue ce fait par son nom « Gestion des performances durables d'un organisme - Approche de management par la qualité » (ANFOR, 2012; ISO, 2012; PN-EN ISO 9004:2010, 2010).

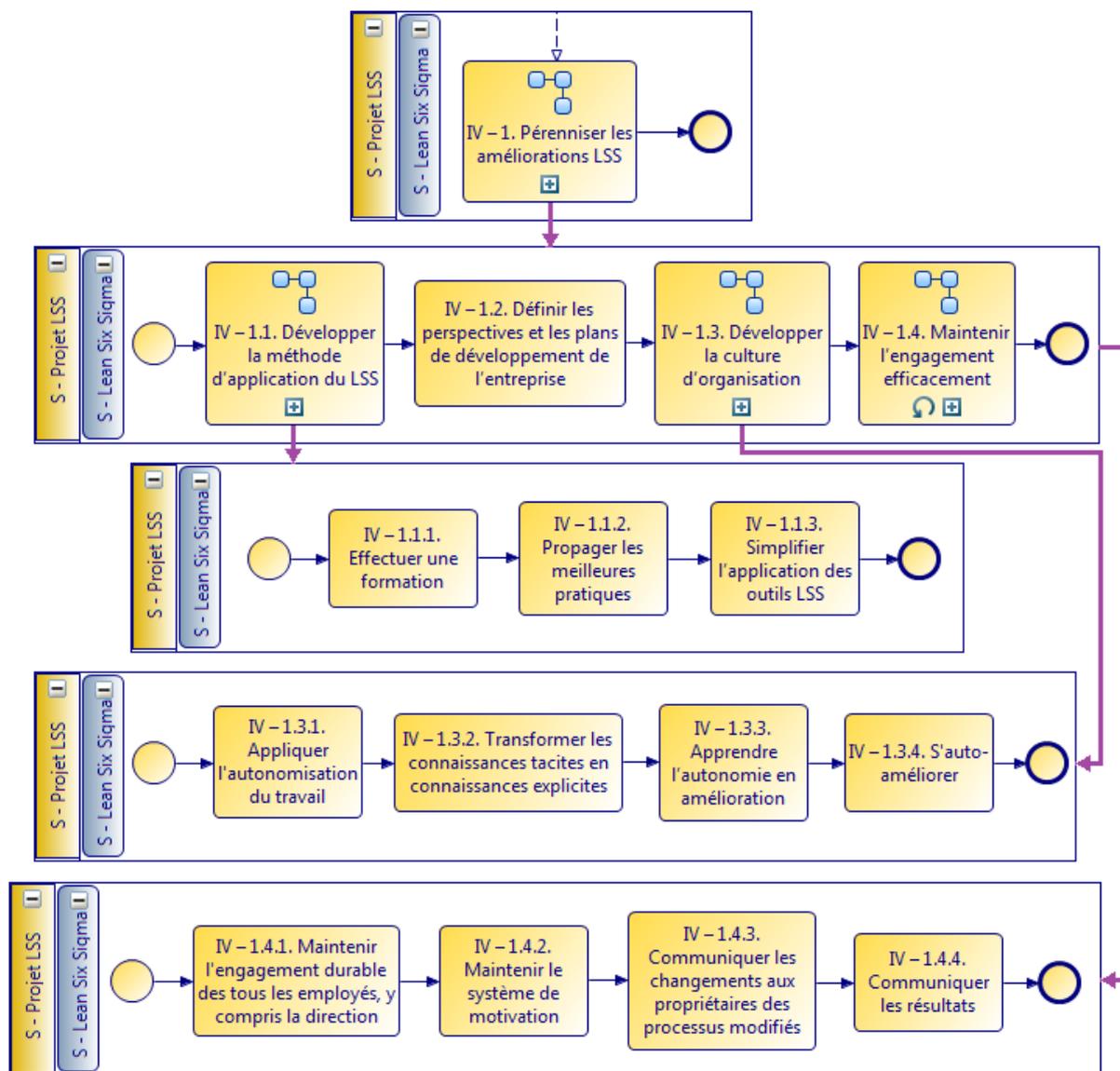


Figure III - 23. Modèle de l'étape S – Projet LSS

Dans le projet LSS, la standardisation s'appuie sur le concept d'amélioration continue selon la roue de Deming – cycle PDCA, soit P – analyser le problème et planifier les solutions, D – exécuter les améliorations, C – vérifier l'efficacité des changements entrepris, A – continuer les améliorations. Le déploiement d'élément « Act » consiste à standardiser, ce qui signifie un maintien des résultats, en identifiant des améliorations suivantes, élaborant et adaptant des nouveaux standards, assurant la justesse dans leur utilisation, communiquant les attentes, sans oublier de féliciter les acteurs de cette réussite.

La standardisation est un processus continu qui évolue avec les besoins et la maturité de l'entreprise. Ceci exige des revues régulières et des actualisations, de préférence avec la participation du groupe Kaizen. En effet, un standard présente une méthode qui combine le plus d'efficacité avec le plus de sûreté au moment actuel et il évolue avec les transformations dans l'usine et avec le développement des propositions du personnel. Ainsi le concept de standardisation consiste à retrouver constamment les améliorations qui permettraient de constituer des standards de plus en plus ambitieux. Entre autre, à cause de développements intenses dans le domaine de la fabrication industrielle, les standards doivent suivre les changements, en étant actualisés périodiquement afin de s'adapter aux nouveautés techniques.

Dans les activités opérationnelles, un manque de standards empêche d'obtenir une amélioration durable suite aux changements, parce que les employés ne peuvent pas se souvenir précisément ni bien comprendre leurs nouveaux devoirs. Ainsi la surveillance des opérateurs serait plus difficile, ce qui conduirait à reprendre les anciennes méthodes de fabrication. Ceci nous mène à la conclusion que l'amélioration sans standardisation est un processus peu efficace (Christopher, 1998; Fijałkowski, 2004).

Dans le cadre de la méthodologie LSS Plus, le rôle de la standardisation est accentué grâce à la dernière étape « S » qui a été ajoutée dans le modèle d'amélioration continue DMAICS (cf. Figure III - 4). Par conséquent, le projet comprend les trois actions de standardisation : dans la phase S – Lean, dans la phase S – Six Sigma et dans l'étape S – Projet LSS. Les phases S – Lean et S – Six Sigma effectuées pendant l'étape MAI – Projet LSS doivent apporter une pérennisation des améliorations du domaine du Lean Six Sigma. De même, l'étape S - Projet LSS vise à conserver et développer tous les effets positifs provenant de la réalisation du projet, y compris le développement du potentiel humain. En effet, un rôle important dans la réussite du projet LSS est joué par une gestion appropriée des ressources humaines, en

maintenant durablement l'implication du personnel et en l'encourageant à transformer les connaissances tacites en connaissances explicites. En plus de la pérennisation des changements apportés, l'étape S – Projet LSS contribue également à développer l'entreprise, ce qui mène à créer une organisation capable d'auto-apprentissage et orientée vers l'excellence.

#### **4.5.4.1. Proposition de modification des critères du Modèle**

##### **E.F.Q.M. 2010**

Afin d'améliorer la compétitivité et de faciliter l'autoévaluation de l'entreprise, nous proposons une modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 (ANFOR, 2012; EFQM, 2012; Pajor, 2011; Rogala, 2010) afin de prendre en compte la méthode Lean Six Sigma pour les PME.

Dans le cadre de ce travail, nous proposons donc de compléter l'auto-évaluation du fonctionnement et des résultats de l'entreprise dans le Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010. Cette modification facilite la pérennisation des changements de façon autonome, efficace et durable pour les PME. Ceci permet également aux PME d'utiliser le Modèle d'Excellence E.F.Q.M. dans la catégorie des Petites et Moyennes Organisations de la Production et de Services pour s'auto-évaluer et s'améliorer constamment dans le contexte du Lean Six Sigma. Ainsi la société peut effectuer une auto-évaluation de sa position par rapport à ses objectifs, ainsi que focaliser ses efforts sur ses points faibles.

Notre proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. consiste à introduire les sous-critères suivants (Tableau III - 9) afin de compléter l'auto-évaluation du fonctionnement et des résultats d'entreprise (Tableau III - 9) :

- « 3f. Culture d'organisation favorable au développement du potentiel humain selon le concept Lean Six Sigma » pour le critère 3. Personnel,
- 5f. Processus, produits et services basés sur le Lean Six Sigma » pour le critère 5. Processus, Produits et Services,
- « 6c. Mesures de satisfaction client dans le contexte des paramètres clef du Lean Six Sigma » pour le critère 6. Résultats pour les Clients,
- « 7c. Résultats pour le personnel d'organisation managé avec Lean Six Sigma » pour le critère 7. Résultats pour le Personnel,

- « 9c. Résultats clés du Lean Six Sigma » pour le critère 9. Résultats clés.

Ce déploiement des critères du Modèle E.F.Q.M. concerne plus particulièrement les éléments les plus importants qui influent sur la réussite des actions d'amélioration basées sur la méthode Lean Six Sigma : une pleine exploitation du potentiel humain, une production maigre et flexible, la recherche du niveau de qualité des six sigma et l'orientation vers les attentes du client décrites sous forme du CTQ du client.

La modification proposée des critères du Modèle E.F.Q.M. prend en considération la spécificité du secteur des PME, de leurs ressources financières, de leur disponibilité et de leurs compétences limitées. Par conséquent, la proposition des sous-critères, ainsi que les améliorations recommandées (cf. Annexe II) dans le cas des résultats d'auto-évaluation insuffisants se basent sur les règles d'efficacité, de simplicité, de rapidité et d'engagement minimum de moyens financiers. Ceci constitue également les critères destinés aux organisations qui effectuent une auto-évaluation pour leur permettre d'adapter les idées d'améliorations à leurs besoins et capacités.

La proposition de modification des critères du Modèle E.F.Q.M., qui vise à employer la méthode Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises, peut apporter des avantages tangibles. Ainsi une meilleure gestion du potentiel humaine doit permettre d'une part de développer la culture d'organisation favorable à la mise en œuvre du Lean Manufacturing et des solutions Six Sigma, et d'autre part, d'utiliser la méthode Lean Six Sigma dans l'atelier. Par conséquent, on peut obtenir une organisation « maigre », auto-améliorante et auto-apprenante ayant la capacité de livrer à ses clients, dans un court délai et pour un prix attractif, les biens ou les services d'une bonne qualité qui répondent juste aux attentes des clients sans excéder à leurs spécifications.

**Tableau III - 9. Proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 qui prend en compte Lean Six Sigma pour les PME**

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés
Facteurs / Critère 3. Personnel	<b>3f. Culture d'organisation favorable à développement du potentiel humain selon le concept Lean Six Sigma</b>
	Connaissance basique de la philosophie Lean Thinking et du concept des six sigmas
	Capacité d'employer les outils Lean Six Sigma sur le terrain
	Transformation continue des connaissances tacites en connaissances explicites
	Engagement durable de tous les employés pour l'amélioration continue, y compris la direction
	Fonctionnement du groupe Kaizen dans l'entreprise
	Fonctionnement du système de suggestions du personnel dans l'entreprise
	Autonomisation du travail avec délégation des pouvoirs et augmentation du sentiment de responsabilité pour les tâches
	Autonomisation du travail renforcée par le cross training intragroupe pour permettre d'obtenir la polyvalence aux employés
	Coopération dans les équipes autonomes orientées sur le processus et dans les groupes de travail dans les cellules en U
	Echanges de connaissances avec l'équipe
	Diffusion des bonnes pratiques sur les postes similaires à travers de l'usine
	Communiquer aux employés les résultats des actions auxquelles ils se sont engagés
	Communiquer les performances simplifiées de l'usine, les techniques de Visual Management
	Développement de la culture d'organisation par la direction, en se basant sur une relation de confiance, du respect, de valorisation, de motivation et d'échange
	Création d'une organisation auto-apprenante et auto-améliorante
	Capacité de mener un projet d'amélioration continue basé sur Lean Six Sigma d'une manière autonome
Valorisation et intérêt porté aux résultats du travail du groupe Kaizen et du programme d'idées du personnel	
Récompenses pour les améliorations appliquées par la suite du travail du groupe Kaizen et du programme d'idées du personnel	
Facteurs / Critère 5. Processus, Produits et Services	<b>5f. Processus, produits et services basés sur Lean Six Sigma</b>
	<b>5f-1. Système maigre de fabrication</b>
	Production variée et flexible aux changements de la demande
	Production accordée à la cadence des demandes clients et évitement de la surproduction
	Réaction rapide aux changements de demandes
	Impact atténué des fluctuations de commandes client sur la stabilité de la production
	Synchronisation des flux physiques à la même cadence déconnectée des arrêts et des stocks en-cours
	Productivité élevée des goulots d'étranglement
	Utilisation des supermarchés et des files d'attente pour gérer la production des processus impossibles à unir en un système à flux continu
	Utilisation du planning de la demande pour diriger le montage
	Maintien d'un en-cours faible de production Work-In-Process (WIP)
	Minimalisation de la taille de lot de production
	Contrôle strict du volume des stocks
	Niveau bas de stock en-cours
	Niveau bas de stock des produits semi-finis
	Niveau bas de stock des produits finis
Rotation de stocks élevée	
Surface minimale des stocks	
Délais court de stockage des matières premières	

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés
	Temps minimal du transport
	Temps minimal d'attente d'un employé à la fin d'opération en amont
	Temps minimal d'attente d'un employé à la fin du travail de machine
	Evitement des tâches inutiles
	Emploi optimal des matières premières, des moyens de production et du temps sur chaque poste de travail
	Organisation des postes du travail sans mouvements inutiles de l'employé
	Plan d'arrangement des machines dans l'ordre du flux du produit fabriqué, y compris les cellules de production en U
	Organisation des postes du travail en cellules avec le flux pièce-à-pièce ou le flux par petits lots
	Fabrication en cellules qui optimise l'équilibre des charges du travail entre les employés et qui est orientée sur le type de produit et non sur la productivité
	Accessibilité des outils nécessaires et efficaces sur le poste de travail
	Court délai de changement de série des machines et d'équipement
	Maintenance des machines basée sur l'entretien, la prévention, les prévisions d'usure et des pannes, et non sur les réparations
	Transparence et clarté dans la description des outils
	Utilisation des cartes de standardisation du travail sur les postes
	Répartition claire de responsabilité
	Rangement, sécurité et solutions ergonomiques sur les postes du travail
	Prévention d'une panne imminente ou des zones dangereuses pour la santé
	<b>5f-2. Orientation sur le niveau de qualité des 6 sigmas et sur le client</b>
	Actions systématiques pour améliorer la qualité des produits
	Action corrective immédiate au cas d'apparition des défauts
	Evitement de transmettre les défauts aux postes en aval
	Diffusion dans l'entreprise des informations et feedbacks concernant une source de défauts
	Orientation sur l'état de fabrication du « zéro défauts »
	Orientation sur le niveau de qualité des six sigmas dans les processus clé pour le client définis en tant que Critical-To-Quality (CTQ du client)
	Mesures du niveau de qualité des processus clés, de l'entreprise et des familles des produits
	Connaissance et réalisation du CTQ du client, soit des exigences critiques du client
	Connaissance des défauts les plus importants qui influent sur le CTQ du client
	Connaissance des causes d'apparition des défauts qui influent sur le CTQ du client
	Analyse de capacité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client
	Connaissance des causes de variabilité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client
	Connaissance des facteurs responsables pour la variabilité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client
	Assurance de la stabilité et de la capacité des processus
	Assurance de la précision du système de mesure
	Prévention des conséquences des erreurs lors de la conception d'un nouveau produit ou processus
	Contrôle de la qualité des livraisons
	Adaptation de l'offre d'entreprise (qualité, prix, délais, éléments du bien ou du service) au CTQ du client
	Actions d'amélioration basées sur les critères d'efficacité, de simplicité, de rapidité et d'engagement minimum de ressources financières

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés
Résultats / Critère 6. Résultats pour les Clients	<b>6c. Mesures de satisfaction client dans le contexte des paramètres clefs du Lean Six Sigma</b>
	Satisfaction client en termes de délais de réalisation de commande
	Satisfaction client en termes de qualité d'un bien ou d'un service livré
	Satisfaction client en termes de prix d'un bien ou d'un service livré
	Biens ou services exempts des éléments qui dépassent les exigences du client
	Livraison des biens ou des services conformes au CTQ du client, soit aux exigences critiques du client
	Faible niveau de retour client
	Nouveaux clients et fidélisation des clients existants
Résultats / Critère 7. Résultats pour le Personnel	<b>7c. Résultats pour le personnel d'organisation managé avec Lean Six Sigma</b>
	Soin du poste de travail dans le cadre du système 5S
	Satisfaction des employés envers l'organisation du poste, l'équilibrage des charges et la polyvalence
	Nombre de maladies professionnelles et d'accidents sur le lieu de travail
	Manque de résistance au changement Lean Six Sigma de la part du personnel
	Durabilité des améliorations Lean Six Sigma dans le temps
	Participation dans le groupe Kaizen et le programme d'idées du personnel
	Sentiment de valorisation et d'appréciation des employés
	Sentiment d'autoréalisation des employés
	Sentiment d'intégration des employés dans leur équipe et l'organisation
	Nombre d'améliorations appliquées grâce au travail du groupe Kaizen
	Nombre d'améliorations appliquées grâce au système de suggestions du personnel
	Impact du système de suggestions du personnel et du groupe Kaizen sur les économies, la réduction de délai et des pannes des machines, les méthodes du travail plus efficaces, l'amélioration de la qualité des produits et sur les conditions de travail ergonomiques et de sécurité
Résultats / Critère 9. Résultats clés	<b>9c. Résultats clés du Lean Six Sigma</b>
	Profit
	Volume de ventes
	Prix des biens ou des services
	Coûts des rebuts et des retours client
	Economies dues au travail du groupe Kaizen
	Economies dues au système de suggestions du personnel
	Temps de la réalisation de commande client
	Niveau de livraisons client dans le délai
	Répartition du temps, qui apporte de la valeur ajoutée, dans le cycle de production (à partir du fournisseur jusqu'au client)
	Répartition du temps, qui apporte de la valeur ajoutée, dans la chaîne logistique (à partir du fournisseur jusqu'au client final)
	Temps de cycle de conception d'un nouveau bien ou service
	Temps de lancement d'un nouveau bien ou service au marché
	Nombre de pannes de l'équipement
	Niveau de sigma du processus
	Niveau de sigma de famille des produits
	Niveau de sigma d'entreprise
	Nombre de salariés
Niveau bas d'accidents sur le lieu de travail, de maladies professionnelles et d'absences	

## **4.6. Conclusions**

Nous avons décrit de façon exhaustive, dans ce chapitre, toutes les étapes qu'une PME doit suivre scrupuleusement grâce à notre méthodologie LSS Plusus pour atteindre ses objectifs de progrès.

Afin de rendre l'application et l'utilisation du Lean Six Sigma plus efficace, nous avons élaboré les indicateurs et les outils suivants :

- Dans l'étape D – Projet Lean Six Sigma, l'indicateur de la valeur émotionnelle du client pour mieux comprendre les exigences du client du projet et des consommateurs et d'évaluer leur satisfaction ;
- Dans l'étape D – Projet Lean Six Sigma, l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS pour estimer la maturité de l'entreprise à réaliser une démarche d'amélioration continue basée sur LSS ;
- Dans la phase M – Lean, Value Stream Mapping 4 pour visualiser la chaîne de la valeur en prenant en compte les flux physiques, documentaires, financiers et d'informations et effectuer une analyse de fonctionnement de l'entreprise plus approfondie ;
- Dans la phase A – Lean, un tableau de classification des problèmes de l'entreprise pour identifier les sujets les plus urgents à améliorer ;
- Dans la phase A – Six Sigma, un arbre de problèmes Six Sigma pour définir les paramètres des processus à améliorer ;
- Dans la phase I – Six Sigma, un arbre de décisions Six Sigma pour trouver les solutions avec la méthode Six Sigma ;
- Dans l'étape S – Projet Lean Six Sigma, une modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 pour améliorer la compétitivité et de faciliter l'autoévaluation de l'entreprise.

Comme toute méthodologie, le respect des étapes est contraignant, mais facilité par le cadre méthodologique que nous avons implémenté sous TIBCO afin d'assister sa mise en œuvre.

Dans le chapitre suivant, nous illustrerons comment l'usage de LSS Plutus et de son guide méthodologique a permis d'obtenir des résultats tangibles quand nous les avons appliqués en situation réelle, en tant que consultante LSS, dans deux PME, l'une en France dans le domaine manufacturier et l'autre en Pologne dans le domaine de la fabrication alimentaire industrielle.

## **5. Chapitre IV - Vérification de la méthodologie LSS Plutus**

Ce chapitre présente la vérification de la méthodologie proposée au sein d'entreprises polonaise et française du secteur des PME de production.

A partir des conclusions du *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME* concernant l'étendue des recherches, les besoins et problématiques des PME polonaises et françaises dans le contexte du LSS, nous avons élaboré une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma pour ces entreprises. Dans le *Chapitre III – Méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du LSS dans les PME de production*, la méthodologie proposée a été adaptée à la spécificité de ce secteur. Néanmoins, il est indispensable de la vérifier. Par conséquent, compte tenu du domaine de recherche et du choix spécifique des outils du Lean Six Sigma par rapport à la taille, la maturité et aux capacités d'entreprise, le modèle d'application de la méthodologie du Lean Six Sigma a été examiné dans deux entreprises de production du secteur des PME.

### **5.1. Critères de choix des entreprises**

Le choix des entreprises pour vérifier la méthodologie LSS Plutus s'appuyait sur de nombreux critères. Les organisations étudiées appartiennent au groupe des firmes désignées dans le *Chapitre II – Nos recherches concernant les conditions d'utilisation du LSS dans le secteur des PME* comme celles qui seraient intéressées par les méthodes modernes de management afin de remplir les exigences de ses grands clients. Par conséquent, parmi eux, nous avons choisi deux entreprises de production du secteur des PME qui étaient différentes en termes de taille, domaine d'activité, disponibilité des ressources, besoins, culture, maturité et localisation : l'entreprise New Bath Allibert à Troyes en France et l'entreprise Raj-Wafel à Pruszcz Gdański en Pologne.

## **5.2. Vérification de la méthodologie LSS Plutus dans l'entreprise New Bath Allibert à Troyes en France**

### **5.2.1. Présentation de la société New Bath Allibert**

Dans le but de vérifier la méthodologie proposée, nous avons choisi une entreprise française moyenne de production, New Bath Allibert, qui existe depuis 2005, emploie 65 personnes et obtient un chiffre d'affaires d'environ 12 millions d'euros. La société New Bath Allibert à Rosières près de Troyes appartient au groupe Allibert Sanitaire SA qui emploie presque 400 personnes pour un chiffre d'affaire annuel d'environ 75 millions d'euros. Son usine New Bath conçoit, développe, fabrique et distribue des articles de salles de bains en matière plastique, en se spécialisant dans la production des baignoires, des balnéos, des douches, des vasques et des receveurs. La production de la société New Bath vise la clientèle européenne, ce qui permet au groupe de devenir le leader du marché européen pour la fabrication des articles de salle de bain et des accessoires. Les clients apportant le plus grand profit à l'entreprise New Bath sont les grandes surfaces de bricolage en France avec 65% du chiffre d'affaire. De même que la société mère, les clients imposent à l'entreprise des exigences en termes de qualité et de méthodes modernes de gestion. Par conséquent, l'usine a obtenu les certificats ISO 9001:2008 et ISO 14001, et elle a implémenté le management maigre.

### **5.2.2. Réalisation du projet LSS dans la société New Bath Allibert**

#### **5.2.2.1. Etape I : D – Projet LSS**

Le projet LSS a été lancé suite à l'expression des besoins du client du projet. Dans le cas de New Bath, le client du projet était représenté par le groupe Allibert qui attendait l'amélioration des performances en termes de vente et d'économies. Le rôle de la première étape de la démarche consistait à définir l'objectif du projet LSS.

### **5.2.2.1.1. Phase D – Lean Six Sigma**

#### ***Constituer un groupe de travail pour réaliser le projet LSS***

La première action au sein de la démarche consiste à constituer un groupe de travail responsable de la réalisation du projet LSS. Pour cette raison, on a d'abord identifié la culture de l'entreprise comme étant favorable à la mise en œuvre de la méthode LSS d'un niveau avancé. Ensuite, on a choisi les membres du groupe LSS qui comprenait le groupe Kaizen déjà existant dans l'usine et le consultant du LSS. C'est moi qui tenait le rôle du leader du projet en tant que consultante du LSS. Nous avons défini les règles de fonctionnement du groupe selon le Lean Management et la gestion des ressources humaines. Le management maigre existait déjà dans l'entreprise. Donc, on a seulement rappelé les bases du Lean Thinking aux membres du groupe et on a expliqué la notion du niveau de sigma du processus.

#### ***Définir le but du projet LSS***

Les premières actions ont consisté à présenter un modèle général de l'entreprise afin de rappeler les informations générales concernant la société à tous les participants du projet LSS. On a employé le modèle conceptuel de communication MCC qui a été élargi au macro-processus (Brandenburg et Wojtyna, 2011). A la fin de cette étape, l'entreprise a été modélisée sous forme d'une cartographie générale des processus SIPOC qui comprenait les interactions entre la société et son environnement.

Ensuite, on a commencé à définir le but du projet dans le cadre des conditions externes et internes de fonctionnement de l'organisation. On a conclu que la société New Bath visait à augmenter son profit, à développer ses produits et à devenir un leader européen sur les produits de salle de bain et les accessoires. L'analyse de l'environnement de l'entreprise a démontré que les actionnaires, la société mère Allibert et les grands clients fidèles exigeaient de New Bath de mettre en œuvre les méthodes modernes de management et de développer intensément les produits. La comparaison avec la concurrence a également confirmé la nécessité de lancer des innovations de produit régulièrement afin de garder une position forte sur le marché.

Les besoins et le niveau de satisfaction du client du projet et des consommateurs ont été pris en compte dans le projet. Entre autre, on a donc effectué la Voix du Consommateur VOC, le diagramme CTQ et le Déploiement de la Fonction Qualité QFD. De plus, l'indicateur de la

valeur émotionnelle du client (Tableau IV – 1) a été utile dans l'étude des attentes des consommateurs. Il a indiqué deux éléments qui pourraient influencer la décision du client lors de l'achat des produits de l'entreprise. New Bath a mis en œuvre les actions recommandées comme des « opportunités » depuis longtemps pressenties. Donc, ceci a pu contribuer à améliorer l'image et la compétitivité de la société.

**Tableau IV - 1. Indicateur de la valeur émotionnelle du client pour la société New Bath**

Éléments du niveau élevé de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client	Évaluation de l'importance d'élément pour le client (0 – insignifiant, 1 – important, 2 – très important)	Opportunités des PME	Menaces des PME
Protection de l'industrie nationale	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logo « Fabrication française » sur les emballages, dans les catalogues, sur le site internet et aux salons</li> <li>• Hoshin Kanri sur le site internet d'entreprise : « Préserver ses usines et ses emplois principalement en France »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciements collectifs, délocalisation de l'usine ou de ses filiales, sous-traitants à l'étranger</li> </ul>
Comportement pro écologique d'entreprise	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certification à la norme ISO 14001,</li> <li>• Recyclage des déchets</li> </ul>	–

Le client du projet aussi bien que les consommateurs se caractérisaient par un niveau de satisfaction élevé. L'analyse a démontré que le groupe Allibert souhaitait accroître les ventes et les économies. D'autre part, le CTQ du consommateur comprenait des baignoires pas chères avec une haute résistance au choc et au poids, ainsi bien qu'un modèle de bain de couleur blanche, résistant au jaunissement, d'une haute brillance, équipé d'un massage du dos simulant les pierres chaudes, d'un massage d'air et de lumières multicolores.

Après analyse de l'environnement de l'entreprise, on a procédé à une autoévaluation selon deux axes. D'abord on a effectué une évaluation de la maturité de fonctionnement de l'entreprise qui a révélé la nécessité d'améliorer la Production et la R&D. Ensuite, la maturité de l'entreprise pour réaliser la démarche a été étudiée. On a donc employé l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS (Tableau IV - 2), où les grands besoins et les capacités d'entreprise ont permis d'identifier une maturité suffisante pour mener un projet LSS d'un niveau avancé. Par conséquent, la société pouvait librement se servir de toute la boîte à outils Lean Six Sigma destinée au secteur des PME.

Tableau IV - 2. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS pour la société New Bath

Catégorie d'évaluation des PME	Critères d'évaluation de la maturité des PME pour mener le projet LSS	Evaluation de la maturité d'une entreprise pour le projet LSS (1 – non, 2 – plutôt non, 3 – partiellement, peut-être, difficile à dire, 4 – plutôt oui, 5 – oui)				
		1	2	3	4	5
Besoins	I. Grand nombre de processus à gérer					×
	J. Besoin de changements				×	
	K. Difficultés à satisfaire les clients	×				
Capacités	L. Compétences acquises en gestion de production				×	
	M. Connaissances du Lean Six Sigma				×	
	N. Culture d'organisation favorable à appliquer l'amélioration continue				×	
	O. Disponibilité du temps pour mener le projet LSS			×		
	P. Ressources financières disponibles pour les actions d'amélioration				×	
<b>Besoins ou capacités :</b>		petits		moyens	grands	

Compte tenu des besoins, des capacités et de l'environnement de l'entreprise, on a choisi deux CTQ du client du projet : élaborer un nouveau modèle du balnéo et augmenter les économies. Et en prenant en considération les conditions de fonctionnement de la société, la voix du consommateur et le CTQ du client du projet (le groupe Allibert), on a défini deux objectifs de la démarche : concevoir et lancer sur le marché un nouveau modèle de balnéo pour augmenter les ventes, ainsi que trouver des économies dans la gestion actuelle de l'entreprise sans réduire l'emploi. L'analyse basée sur le cycle en V a démontré que les deux buts du projet ont été conformes à la voix du consommateur. Par conséquent, les objectifs proposés ont été acceptés et présentés à la direction.

### ***Obtenir l'implication de la direction***

La méthode Lean Six Sigma a été jugée appropriée pour effectuer les améliorations proposées. La direction de l'usine a accepté les buts du projet et elle s'est engagée à accomplir la transformation Lean Six Sigma.

### **5.2.2.2. Etape II : MAI – Projet LSS**

Une fois les buts du projet définis, on a procédé à la deuxième étape de la démarche qui consiste à appliquer les solutions du domaine du Lean Six Sigma. Dans le premier temps, le

management maigre a été implémenté pour réaliser les objectifs atteignables avec la réduction du gaspillage et en utilisant les outils du Lean. Ensuite, on a utilisé la méthode Six Sigma pour diminuer le nombre de non-conformités et poursuivre la résolution des problèmes.

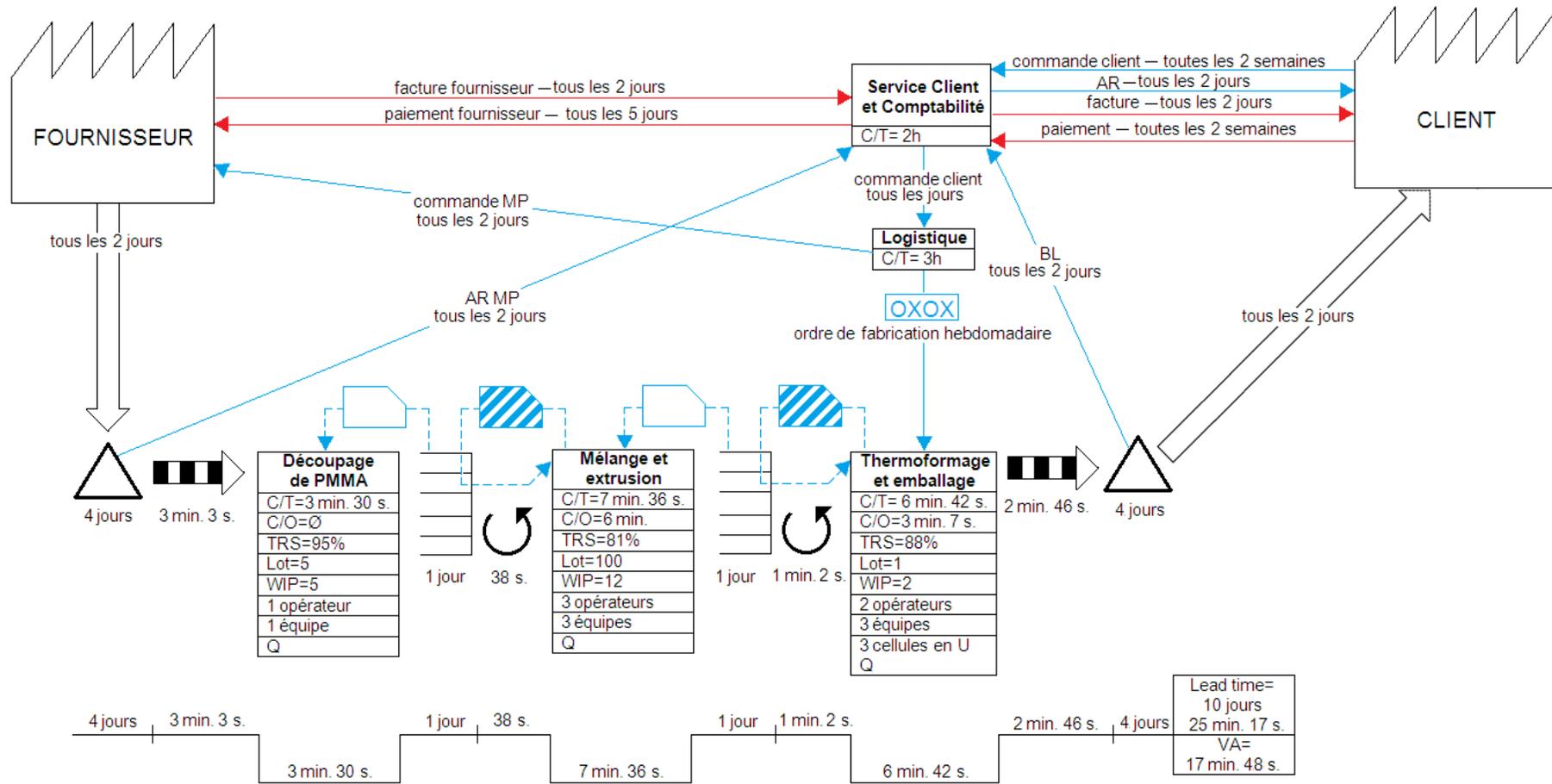
### 5.2.2.2.1. Phase M – Lean

#### *Effectuer les mesures Lean*

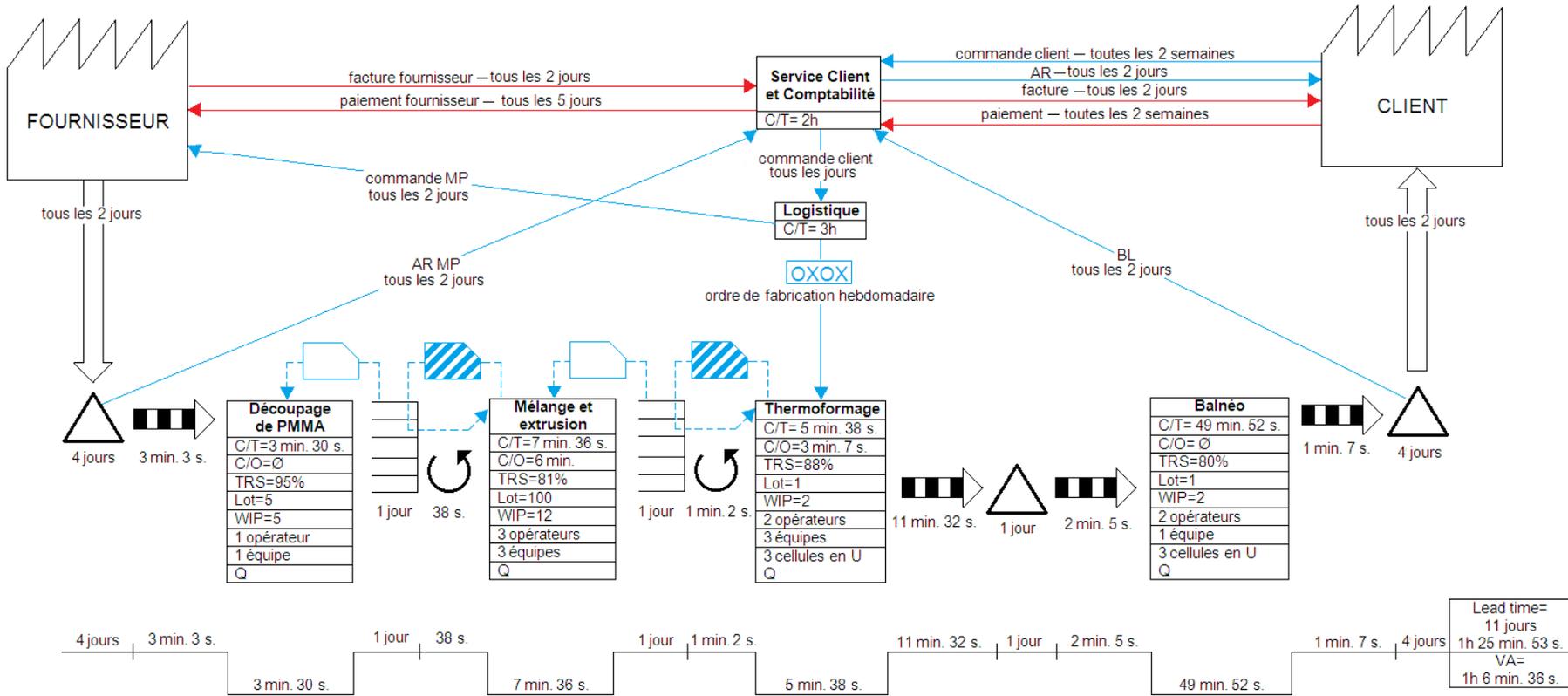
Au sein de la phase M – Lean, on a réuni les mesures nécessaires pour présenter l'état actuel de fonctionnement de l'entreprise et pour concevoir un nouveau produit.

Les actions ont commencé par une collecte des données utiles pour améliorer les produits existants et les performances d'usine selon DMAIC. On a recueilli à cet effet les informations concernant les deux principales familles de produits : la famille de baignoires et la famille des balnéos. D'abord, on a présenté l'état actuel du processus de production dans le temps et dans l'espace, en utilisant le schéma du processus de production et le diagramme Spaghetti. Ensuite, on a collecté les données concernant la gestion de stocks, le temps et la productivité dans la zone de production. En se basant sur les mesures obtenues, on a effectué une cartographie des processus et des quatre types de flux avec le VSM4 (Figure IV - 1). La légende pour le VSM4 se trouve dans l'Annexe III. On a également calculé les principaux indicateurs pour les deux familles de produits :

- Lead time<sub>famille de baignoires</sub> = 10 jours 25 min., VA<sub>famille de baignoires</sub> = 18 min., NVA<sub>famille de baignoires</sub> = 10 jours 8 min., RTF<sub>famille de baignoires</sub> = 0,5%,
- Lead time<sub>famille de balnéos</sub> = 11 jours 1h 26min., VA<sub>famille de balnéos</sub> = 1h7 min., NVA<sub>famille de balnéos</sub> = 11 jours 19 min., RTF<sub>famille de balnéos</sub> = 1,65%.



a) VSM4 de l'état actuel pour la famille de baignoires



b) VSM4 de l'état actuel pour la famille de balnéos

Figure IV - 1. VSM4 de l'état actuel pour la société New Bath

Dans la partie suivante de la phase M – Lean, on a collecté les mesures pour concevoir un nouveau modèle de balnéo en utilisant le DFSS. On a élaboré à cet effet un nouveau modèle de balnéo « Te-Atsu » qui était conforme aux attentes du client du projet définies dans l'étape « Define ». Une réorganisation du poste de balnéo a été nécessaire pour commencer la fabrication du nouveau produit. Ainsi la cellule existante a été adaptée à la production du modèle « Te-Atsu » et les charges des opérateurs ont été équilibrées. L'ensemble des changements a été vérifié avec l'analyse AMDEC du produit afin de prévenir les conséquences des défauts qui pouvaient apparaître lors de la conception. L'analyse a révélé des dangers importants pour les consommateurs : un électrochoc ou une panne des injecteurs d'air, provenant de défauts potentiels du Te-Atsu (non-étanchéité de la housse, non-étanchéité du système d'air et des fuites de courant). Par conséquent, on a entrepris les actions correctives appropriées dans le projet et la méthode de fabrication du nouveau modèle de balnéo. Afin d'effectuer le DFSS du produit et une réorganisation de la cellule de balnéo, on a créé une cartographie des nouveaux processus et des flux avec le VSM4. Ceci a permis de vérifier si les changements ne provoquaient pas de gaspillage supplémentaire. Les différences entre la nouvelle et l'actuelle cartographie sont négligeables.

La réalisation de la phase M – Lean a consisté à faire des mesures Lean pour DMAIC et DFSS du produit. Désormais, les informations obtenues pouvaient être analysées lors de la phase A – Lean.

#### **5.2.2.2.2. Phase A – Lean**

##### ***Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean***

En se basant sur les mesures effectuées dans la phase M – Lean, on a analysé le fonctionnement de la société New Bath. Conformément aux critères du management maigre, on a utilisé l'analyse de la valeur ajoutée et du gaspillage et on a cherché les goulots d'étranglements. Dans ce but, on a étudié le diagramme Spaghetti de l'atelier, le schéma du processus de production, le VSM4 et la relation entre le takt time et les temps de cycles. L'analyse a montré que l'implantation actuelle des équipements dans l'usine optimisait déjà les flux physiques et le transport court. Le VSM4 a illustré les processus et les quatre types de flux et il a également permis d'exclure l'existence de goulots d'étranglements sur les postes de production. Grâce à l'analyse du VSM4, on a aussi constaté la chaîne de la valeur maigre, les

flux d'informations sous forme papier, les flux documentaires rapides et la bonne santé financière de l'entreprise (pas de retards de paiement des clients ou des fournisseurs). On n'a pas observé de dysfonctionnement significatif. Ceci est dû à une bonne culture et une bonne maîtrise du Lean Manufacturing qui existait déjà dans l'entreprise avant le lancement du projet. Donc, une amélioration du processus de fabrication était inutile. Ensuite, on a pris la décision de lancer la production du nouveau modèle de bain.

### **Désigner les processus d'entreprise à améliorer**

En s'appuyant sur l'analyse du fonctionnement de l'entreprise, le CTQ du client du projet, la voix du consommateur et les buts de la démarche, on a identifié les processus qui exigeaient des améliorations. On a utilisé à cet effet Tableau IV - 3 qui a permis d'identifier quatre principaux groupes de problèmes :

- Les produits non-conformes aux spécifications du client ;
- Les défauts de qualité dus aux conditions de travail difficiles et au mauvais réglage des machines ;
- Les coûts élevés provenant des rebuts, des reprises de fabrication, du gaspillage des matières premières et de l'usage inapproprié des ressources disponibles ;
- Les ressources financières limitées pour la modernisation.

**Tableau IV - 3. Classification des problèmes dans la société New Bath**

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
Produits non conformes aux spécifications du client	–	Concepts des produits qui ne répondent pas aux besoins des utilisateurs	Systèmes inappropriés, Perte de clients	Problèmes à approfondir dans MAICS – Six Sigma
Mauvais réglage de machine	–	Fabrication de produits défectueux	Systèmes inappropriés	
Coûts élevés	Réglage des machines	Tâches inutiles, fabrication de produits défectueux	Systèmes inappropriés, usage excessive d'énergie et des ressources naturelles, gaspillage de matières premières	
Défauts de qualité	Recyclage	Fabrication de produits défectueux		
Refabrication	–		Systèmes inappropriés	–

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
Conditions de travail difficiles	Protection de la santé et de la sécurité au travail		Potentiel humain inexploité, systèmes inappropriés	–
Utilisation inappropriée des ressources disponibles	–	Tâches inutiles, fabrication de produits défectueux	Potentiel humain inexploité, systèmes inappropriés, usage excessive d'énergie et des ressources naturelles, gaspillage des matières premières	–
Ressources financières limitées pour la modernisation	Rénovations	–	–	–

On a décidé de commencer les améliorations en réduisant le muda de type II. Ce gaspillage comprenait les produits défectueux et non-conformes aux spécifications du client. Cette action devait automatiquement contribuer à diminuer les coûts. Ensuite, on a planifié de réduire le nouveau muda qui a attiré l'attention sur les systèmes inappropriés, le gaspillage des matières premières et la perte des consommateurs. Le muda de type I a révélé les problèmes liés au réglage des machines, ce qui devait être étudié dans le MAICS – Six Sigma. De plus, les solutions Six Sigma devaient être utilisées également pour réduire les défauts et pour concevoir des produits nouveaux conformes aux spécifications du client.

### 5.2.2.2.3. Phase I – Lean

#### *Proposer les solutions Lean*

La phase I – Lean a commencé par le brainstorming. Ceci a résulté en propositions de solutions aux problèmes qui ont été identifiés dans la phase précédente :

- La solution du problème « produits non-conformes aux spécifications du client » : lancer la production d'un nouveau modèle de balnéo qui réponde aux attentes des consommateurs et basé sur le DFSS du produit avec équilibrage des charges dans la cellule Te-Atsu ;
- Les solutions du problème « défauts de qualité » : améliorer les conditions du travail sur le poste de thermoformage en installant des chariots ergonomiques

avec des Poka-Yoke pour soulever les plaques Toplax ; optimiser le réglage des machines au sein de MAICS – Six Sigma ;

- Les solutions du problème « coûts élevés » : réduire le nombre de rebuts et rechercher des économies de matières premières lors de MAICS – Six Sigma ;
- La solution du problème « ressources financières limitées pour la modernisation » : augmenter les économies grâce à la réduction des coûts.

On a pris la décision de lancer la fabrication de Te-Atsu dans la phase I – Lean, en prenant en compte l'équilibrage des charges. Dans le cadre de MAICS – Six Sigma, on devait étudier les problèmes dus aux défauts de qualité, au réglage optimal des machines et à la recherche des économies des matières premières. Cependant, le problème des conditions de travail pénibles, qui augmente le nombre de rebuts sur le poste de thermoformage, a été rejeté par la direction car étant jugé peu prioritaire pour l'entreprise.

Ensuite, une simulation de la solution Lean proposé a été effectuée. En se basant sur le cycle en V et la simulation, on a constaté que le démarrage de fabrication du Te-Atsu ne devrait pas perturber la fluidité de la production. La comparaison des résultats attendus avec le CTQ du client et la voix du consommateur n'a révélé aucune conséquence négative de la mise en œuvre de la solution planifiée. Ainsi l'implémentation d'amélioration Lean a été validée.

### ***Mettre en œuvre les solutions Lean***

La mise en œuvre de solution Lean consistait à réorganiser la cellule de balnéo et à équilibrer les charges. Le nouveau produit Te-Atsu a été lancé sur le marché. Ensuite, les résultats des changements ont été transmis à la phase C – Lean afin d'examiner leurs efficacité.

#### **5.2.2.2.4. Phase C – Lean**

##### ***Analyser les résultats Lean***

Afin d'évaluer les résultats d'améliorations Lean, on a effectué les cycles en V qui correspondaient à l'étape « Define », ainsi qu'aux phases M – Lean et A – Lean. La comparaison a montré qu'on a atteint le but du projet qui concernait la conception et le lancement d'un nouveau modèle de balnéo. Toutefois, l'autre objectif de la démarche, soit la recherche des

économies dans la gestion actuelle de l'entreprise sans réduire l'emploi, devait être poursuivi dans le cadre de MAICS – Six Sigma. Par conséquent, un seul des CTQ du client a été réalisé : l'augmentation de ventes de 8%, ce qui correspond à la croissance des revenus annuels d'environ 180.000 euros. Les changements effectués ont satisfait les consommateurs auxquels on a proposé des baignoires pas chères avec une haute résistance au choc et au poids, ainsi que le Te-Atsu conforme aux spécifications. Le VSM4 d'état après les changements a correspondu à la carte du VSM4 planifié. Ceci a également confirmé que New Bath possédait une production maigre. Ainsi l'évaluation des améliorations Lean effectuées était positive. Par conséquent, on a décidé de surveiller et de standardiser les changements obtenus.

### ***Surveiller les améliorations Lean***

Déjà avant le début du projet LSS dans l'usine, le management maigre fonctionnait et comprenait entre autres le système Kanban, le contrôle visuel ou la TPM. En effet, la surveillance dans le contexte Lean consistait à poursuivre les bonnes méthodes pour contrôler le volume de la production et des stocks et pour assurer l'efficacité des machines et des équipements.

## **5.2.2.2.5. Phase S – Lean**

### ***Simplifier les améliorations Lean***

Afin de pérenniser et faciliter l'application des solutions qui ont été mises en œuvre dans la cellule de Te-Atsu, on a élaboré et installé une carte de standardisation du travail pour ce poste.

### ***Continuer les améliorations Lean par le groupe Kaizen***

Le groupe Kaizen a été nommé responsable de poursuivre la recherche du gaspillage dans l'usine et d'éliminer le muda.

### **5.2.2.2.6. Phase M – Six Sigma**

#### ***Identifier le problème avec la traduction du CTQ du client en défaut***

Dans la phase M – Six sigma, il y avait des problèmes qu'on n'a pas réussi à résoudre avec l'analyse et les outils du Lean : les défauts de qualité et les coûts élevés. Ceci concernait la réalisation du but du projet et du CTQ du client, où les deux ont exprimé le même besoin d'augmenter les économies. Ainsi les défauts ou les non-conformités, étaient définis comme le nombre élevé de rebuts, le mauvais réglage des machines et les coûts élevés des matières premières.

#### ***Effectuer les mesures Six Sigma***

De même que dans la phase M – Lean, on a collecté des mesures pour réduire les défauts mentionnés. Dans un premier temps, on a assuré la précision du système de mesure. Ensuite, l'état actuel de l'usine a été présenté dans le contexte de la méthode Six Sigma. L'analyse qualitative de l'entreprise a commencé par la compilation des différents types de défauts dans une feuille de contrôle. En se basant sur ces mesures, on a calculé l'indicateur DPMO de l'entreprise comme 253, ce qui signifie que le niveau de qualité de la société était d'environ 4,95 sigmas. De même, on a identifié le niveau de qualité de la famille des baignoires – environ 4,95 sigmas et celui de la famille des balnéos – environ 5,7 sigmas. Les résultats obtenus ont montré que les balnéos approchaient de l'excellence et que les améliorations devaient concerner la famille des baignoires. L'objectif à long terme était défini comme le niveau de 6 sigmas pour la société et ses produits. Les autres mesures ont concerné également la répartition des types de défauts dans la zone de production.

### **5.2.2.2.7. Phase A – Six Sigma**

#### ***Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères Six Sigma***

Dans un premier temps, on a entrepris des actions qui visaient à identifier les principaux défauts, c'est à dire les défauts qui influençaient le CTQ du client du projet. On a effectué à cet effet le diagramme des relations qui a permis de trouver les interactions entre les types de

défauts. Grâce à cette analyse, on a également désigné les défauts qui causaient le maximum de rebuts, le mauvais réglage des machines et le coût élevé des matières premières.

Avec le diagramme de Pareto-ABC, parmi les nombreux défauts de qualité dans l'usine, on a sélectionné ceux qui étaient les plus importants du point de vue du client du projet. Ensuite, ces défauts clé ont été associés aux postes de travail d'où ils provenaient. Ainsi on a constaté que l'élimination des 5 défauts principaux (le mauvais centrage, les défauts d'ABS, la température du formage, les défauts d'épaisseur, les problèmes de machine) devaient enlever 51% de tous les défauts. Ces 5 défauts concernaient essentiellement les cellules de thermoformage et le poste d'extrusion.

Dans la partie suivante de l'analyse de l'état actuel, le brainstorming et le diagramme d'Ishikawa ont permis d'identifier les causes d'apparition des 5 défauts clé. C'était dû principalement à la difficulté de trouver un réglage optimal de l'extrudeuse. De plus, la pénibilité du travail dans les cellules de thermoformage était la cause du mauvais centrage des plaques, et donc des rebuts. Ainsi on a repris la solution proposée et rejetée lors du MAICS – Lean : installer des chariots ergonomiques avec Poka-Yoke pour soulever les plaques Toplax.

Le processus de l'extrusion était la source des 4 autres défauts clé. Il a donc été analysé par rapport à sa stabilité et sa capabilité. Dans ce but, on a examiné l'efficacité de l'extrudeuse, en se basant sur l'étude des vitesses des calandres et du tireur avec la feuille de contrôle, le test de Shapiro-Wilk ( $W=3,659 > W_{10}(0,05)=0,82$ ) et les indicateurs de capabilité des machines  $C_m$ ,  $C_{mk}$  (les deux indicateurs égaux à 1,374). Les résultats ont révélé une stabilité et une capabilité élevée de ce paramètre examiné. Ceci a permis de constater que l'extrudeuse était efficace.

Ensuite, on a évalué la stabilité et la qualité du processus d'extrusion. On a effectué une carte de contrôle pour les plaques Toplax. L'étude a démontré que le procédé se trouvait sous contrôle statistique. Cependant, le DPMO du processus d'extrusion était égal à 34167 correspondant au niveau de qualité d'environ 3,3 sigmas, ce qui nécessitait des améliorations.

L'identification des causes de variabilité sur le poste d'extrusion s'appuyait sur le brainstorming et le diagramme d'Ishikawa qui ont fourni des informations concernant les nombreuses causes racines. Elles ont été reliées à l'état technique et au réglage de la machine, au refroidissement des plaques Toplax finies, au choix de la recette, à la qualité de la matière première, ainsi qu'aux défauts des opérateurs. Ensuite, on a analysé les interactions entre les variabilités. On a utilisé l'analyse de la corrélation pour approfondir les relations entre les

paramètres clé du processus d'extrusion. Cette analyse a démontré une forte corrélation positive entre la pression sur la vis de l'extrudeuse, la température de la matière et la température du plastique fondu. Ceci a permis de conclure qu'en assurant la stabilité et la capacité de la pression, on devrait obtenir automatiquement des valeurs correctes de la température de la matière et de la température du plastique fondu.

**Indiquer les paramètres du processus à améliorer**

Le thermoformage et l'extrusion ont été définis comme étant les processus provoquant les rebuts. On a repris l'idée de concevoir et d'installer, lors du prochain projet LSS, les chariots ergonomiques avec Poka-Yoke pour soulever les plaques Toplax.

Pour désigner les autres processus à améliorer, on a utilisé l'arbre de problèmes Six Sigma (Figure IV - 2), ce qui a permis d'identifier les problèmes suivants :

- GR1 défauts dus au processus – PR3 besoin de surveiller le procédé – réglage de la machine (la pression) ;
- GR1 défauts dus au processus – PR4 besoin de modifier un processus – refroidissement des plaques Toplax ;
- GR4 défauts dus aux matières premières – PR9 mauvaise qualité des matières premières – qualité de la matière première ;
- GR3 et PR8 défauts dus à l'opérateur – erreurs de l'opérateur concernant le choix de la recette et le réglage d'épaisseur des plaques Toplax.

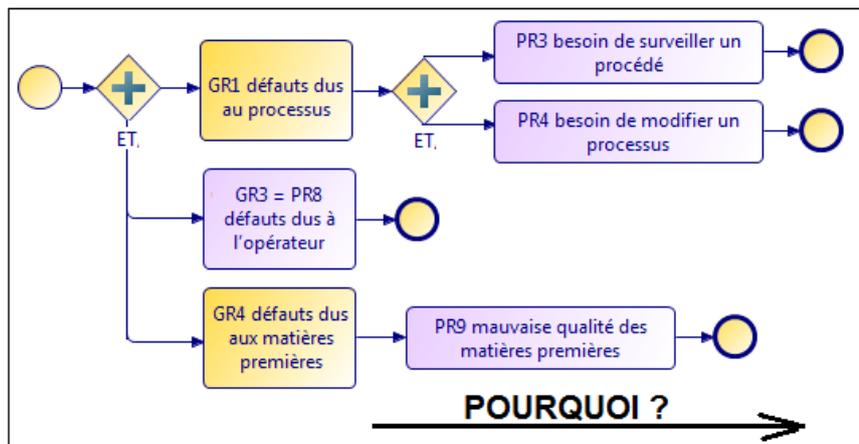
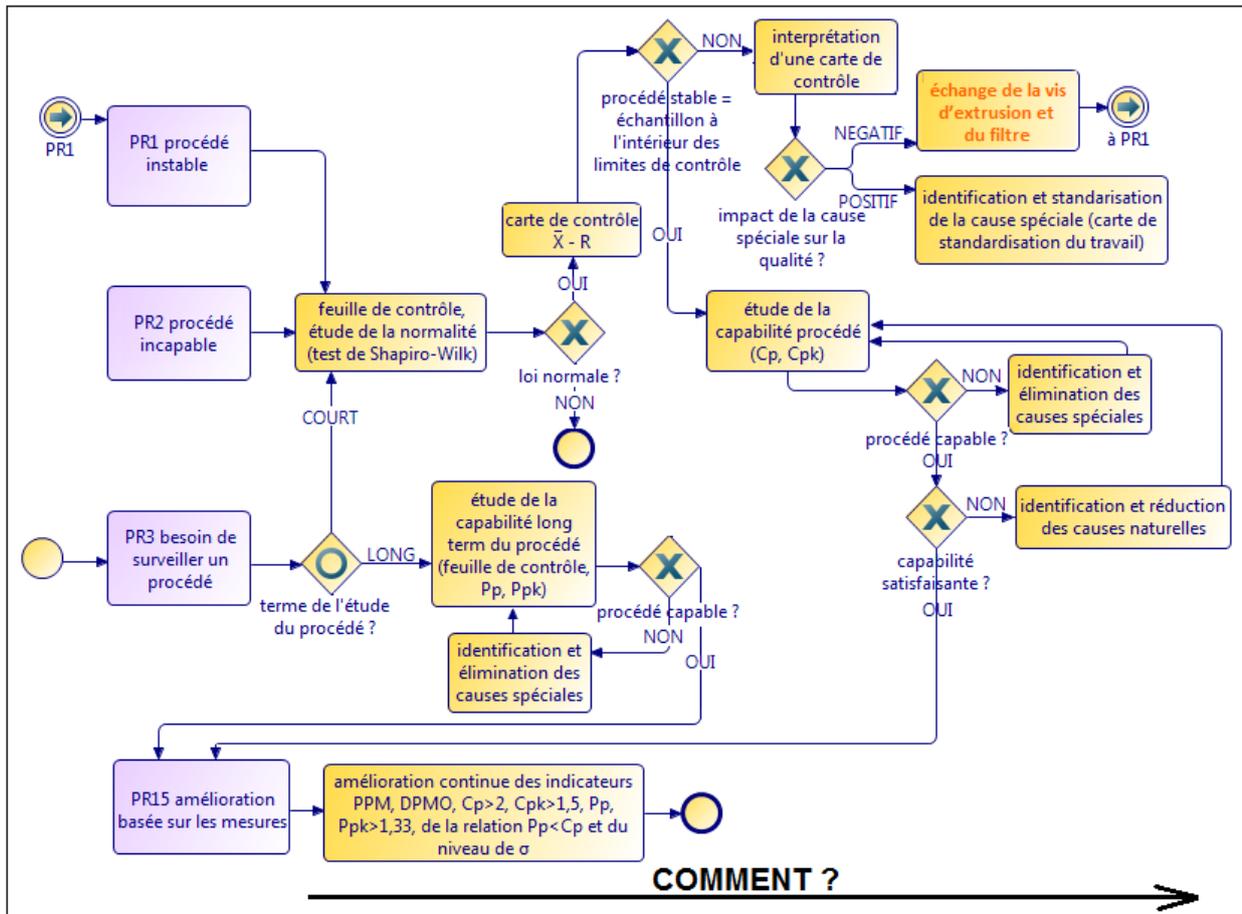


Figure IV - 2. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société New Bath

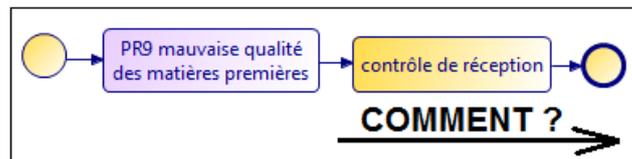
### 5.2.2.2.8. Phase I – Six Sigma

#### Proposer les solutions Six Sigma

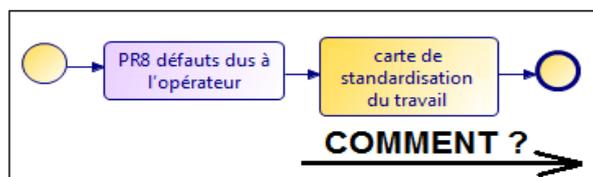
En se basant sur le brainstorming et l'arbre de problèmes Six Sigma, on a proposé des solutions appropriées (Figure IV - 3).



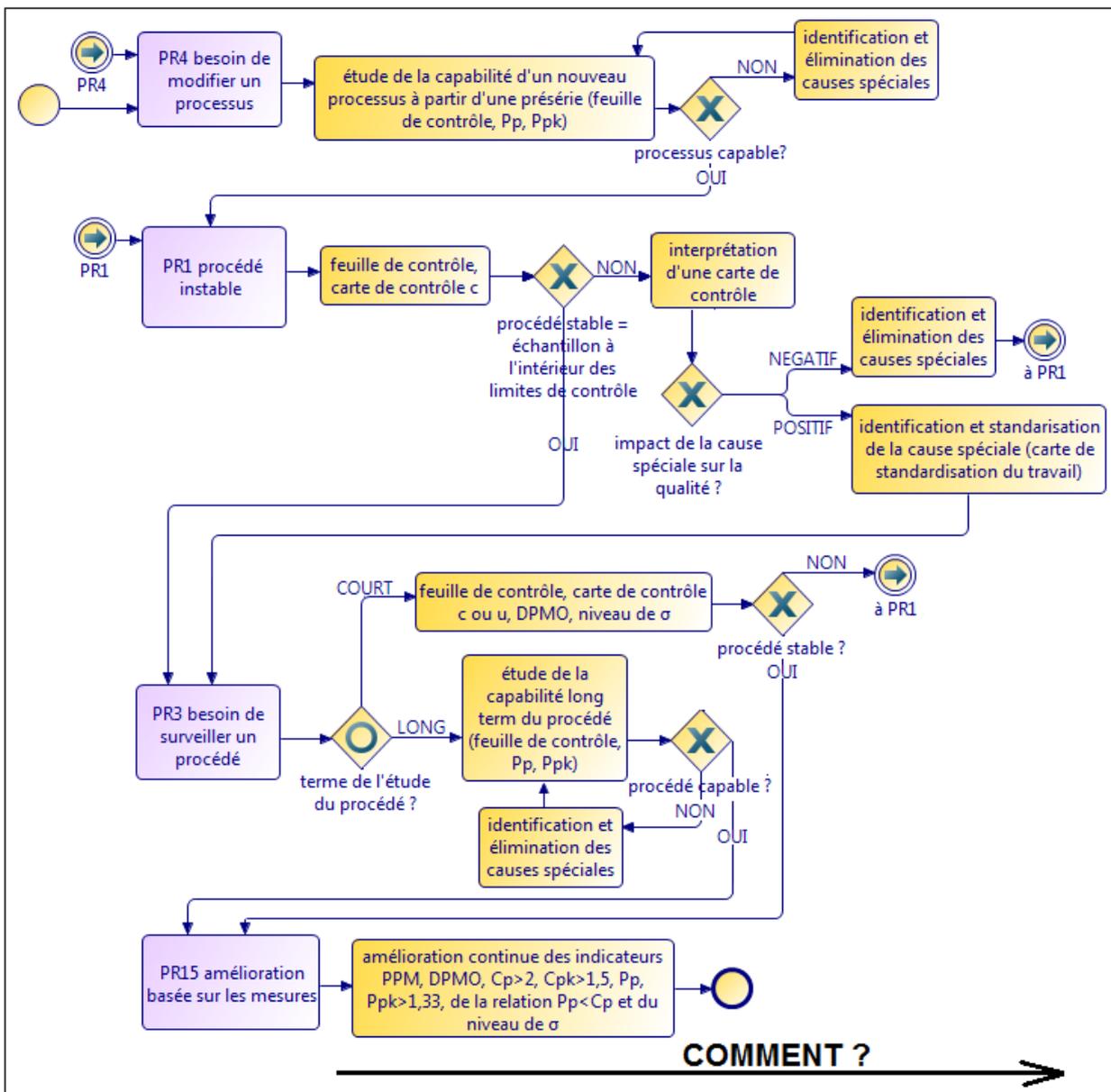
a) Solution du problème « réglage de la machine (la pression) »



b) Solution du problème « qualité de la matière première »



c) Solution du problème « erreurs d'opérateur concernant le choix de la recette et le réglage d'épaisseur des plaques Toplax »



d) Solution du problème « refroidissement des plaques Toplax »

Figure IV - 3. Arbre de décisions Six Sigma pour la société New Bath

Deux des 4 solutions proposées ont été acceptées :

- La solution du problème « réglage de la machine (la pression) » par un contrôle statistique du réglage de la pression d'extrusion ;
- La solution du problème « erreurs d'opérateur concernant le choix de la recette et le réglage d'épaisseur des plaques Toplax » par une carte de standardisation du réglage d'extrudeuse.

A cause des ressources financières limitées, on a reporté l'application de la solution du problème « refroidissement des plaques Toplax » : échange de la table qui transporte les plaques Toplax pour une table d'une capacité de refroidissement plus élevée (une table en verre spécial, équipée de trous pour la circulation de l'air froid).

D'autre part, à cause des contrôles de réception réguliers et de la qualité de matière satisfaisante, la solution du problème « qualité de la matière première » a été rejetée.

Afin d'assurer les améliorations Six Sigma correctes, on a procédé à l'analyse AMDEC du projet. En effet, on ne souhaite pas changer une vis coûteuse avant qu'elle ne soit complètement usée. Par conséquent, on a recommandé une utilisation supplémentaire de l'ancienne vis dans le cas d'achat d'une nouvelle. Pour cela, il fallait nettoyer et rénover l'ancienne vis pour pouvoir l'utiliser dans la période de conservation ou de panne du nouvel outil.

La simulation des solutions était difficile parce que l'extrusion est un processus trop complexe pour pouvoir estimer les avantages dus au contrôle. Les changements planifiés sont conformes au CTQ du client et à la voix du consommateur. Ils ont donc été validés.

### ***Mettre en œuvre les solutions Six Sigma***

La mise en œuvre comprenait l'implémentation des deux solutions acceptées.

Dans le cas du réglage de l'extrudeuse, en agissant sur la pression, on a réalisé les actions illustrées sur la Figure IV - 3.

Ainsi on a collecté des mesures dans une feuille de contrôle, on a confirmé la normalité de l'échantillon avec le test de Shapiro-Wilk et on a effectué la carte de contrôle  $\bar{X} - R$ . Un point hors limite et une tendance croissante sur la carte de contrôle ont permis d'évaluer les valeurs instables de la pression. Par conséquent, on a stabilisé le procédé par l'échange de la vis d'extrudeuse usée et en recommandant de changer régulièrement le filtre sale. A cause de changements techniques importants, on a également étudié la capacité du procédé sur une présérie, en obtenant une faible capacité avec  $P_p$  égal à 1,12 et  $P_{pk}$  1,07. De la même façon, on a mis en service une carte  $\bar{X} - R$  (moyenne – étendue) dans les nouvelles conditions. Cette fois la pression était stable et le procédé possédait la capacité  $C_p$  égale à 1,39 et  $C_{pk}$  1,26. On a donc conclu que le processus d'extrusion était stable et capable. Néanmoins, on a décidé de surveiller la pression en continu avec une carte de contrôle et en suivant les indicateurs de qualité. On a

également souhaité améliorer le processus, en visant le niveau de qualité de 6 sigmas, soit  $C_p > 2$ ,  $C_{pk} > 1,5$  et  $P_{pk} > 1,33$ .

Le problème des erreurs d'opérateurs devrait être résolu lors de la phase S – Six Sigma où une carte de standardisation du réglage de l'extrudeuse devrait être effectuée.

### **5.2.2.2.9. Phase C – Six Sigma**

#### ***Analyser les résultats Six Sigma***

L'application de solutions Six Sigma a permis de stabiliser le processus d'extrusion et de réduire les défauts de qualité, les rebuts, les pertes de matière et des coûts de fabrication. Les résultats obtenus étaient conformés au CTQ du client, à la voix du consommateur et au but du projet lié aux économies.

Ensuite, conformément au cycle en V, on a comparé les résultats Six Sigma avec les phases M – Six Sigma et A – Six Sigma. Le niveau de qualité de la société, calculé à partir du DPMO de l'entreprise égal 169, a été estimé à environ 5,15 sigmas avec une augmentation de 0,2 sigmas. Grâce à la carte de contrôle c et le niveau DPMO du processus, on a conclu que le procédé était sous le contrôle statistique avec le niveau de qualité d'environ 3,5 sigmas qui a également augmenté de 0,2 sigmas. Ensuite, les changements favorables ont été validés. Cependant, on a décidé de continuer les améliorations pour atteindre le niveau de 6 sigmas, soit 3,4 DPMO.

La réduction du nombre de rebuts de 33% a contribué à diminuer les pertes des matières premières dues à la fabrication des produits défectueux, sans apporter d'économies importantes à l'entreprise. En effet, déjà avant le lancement du projet la qualité de produits était élevée, donc son amélioration était peu significative. Ainsi les coûts de plastiques restaient élevés et on a jugé les solutions apportées insuffisantes. Par conséquent, on a réalisé à nouveau la roue d'amélioration continue pour Six Sigma afin de trouver des économies dans les autres domaines de fonctionnement de l'entreprise.

#### **5.2.2.2.10. Phase M – Six Sigma 2**

##### ***Identifier le problème avec la traduction du CTQ du client en défaut***

Dans ce deuxième cycle MAICS Six Sigma, c'est le coût élevé des matières premières qui était considéré comme le problème le plus important à résoudre. Il a donc été traduit en défaut ou en non-conformité aux attentes du client du projet.

##### ***Effectuer les mesures Six Sigma***

Comme le démontraient les mesures au sein de la phase C – Six Sigma, l'entreprise possédait un niveau de qualité d'environ 5,15 sigmas : 5,15 sigmas pour la famille des baignoires et à 5,7 sigmas pour la famille des balnéos.

#### **5.2.2.2.11. Phase A – Six Sigma 2**

##### ***Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères Six Sigma***

Les premières actions de l'analyse du fonctionnement de l'entreprise dans le contexte du Six Sigma concernaient l'identification des défauts clé qui ont provoqué les coûts élevés des matières premières. Les défauts les plus importants étaient désignés comme le coût élevé du plastique, les produits d'une grande épaisseur et la surépaisseur de matière. D'une part, la R&D a choisi une matière trop coûteuse. D'autre part, le processus d'extrusion était responsable de la grande consommation de la matière première.

Dans le but d'identifier les causes des défauts critiques pour le client du projet, on a effectué l'analyse 5 why avec le brainstorming. Ainsi on a constaté que le prix élevé était lié à la grande homogénéité et liquidité des plastiques. Les produits possédaient une large épaisseur parce que le plus petit écart des calendres de l'extrudeuse causait des défauts de qualité des produits semi-finis. De plus, on a constaté que les opérateurs de l'extrudeuse maintenaient intentionnellement une importante surépaisseur des produits semi-finis afin de faciliter le positionnement des lourdes plaques Toplax dans les cellules de thermoformage.

L'analyse des postes de travail responsables des coûts élevés des matières a montré que le choix des plastiques par la R&D se déroulait correctement. Les calculs précédents ont permis de constater que l'extrudeuse était en bon état technique et que le processus d'extrusion était stable

et capable. De plus, on a indiqué le problème de pénibilité du travail sur le poste de thermoformage, ce qui rendait impossible de diminuer la surépaisseur et d'augmenter les économies de matières. Ainsi on a recommandé d'envisager à nouveau l'idée d'installer les chariots ergonomiques avec Poka-Yoke pour améliorer les conditions du travail.

Ensuite, on a identifié les causes racines de l'écart important des calendres d'extrudeuse et du prix élevé de la matière première. En fait, l'écart des calendres provenait de l'usure de leur surface. Le prix élevé du plastique homogène et liquide était dû à ses propriétés physico-chimiques bien adaptées au processus d'extrusion.

**Indiquer les paramètres du processus à améliorer**

En se basant sur les résultats de l'analyse Six Sigma, on a désigné trois problèmes qui devaient être résolus pour augmenter les économies de matières premières : la réduction de la surépaisseur, la réduction de l'épaisseur des produits et l'utilisation de plastique moins cher en maintenant la stabilité du procédé et la haute qualité des produits. L'arbre de problèmes Six Sigma (Figure IV - 4) a permis de les préciser ainsi :

- GR4 défauts dus aux matières premières – PR10 changement de la matière première ou du fournisseur – introduction d'un plastique moins cher avec les propriétés physico-chimiques similaires dans une partie de la production ;
- GR2 défauts dus aux machines, équipements ou outils – PR5 mauvais état technique d'une machine – surface usée des calendres d'extrudeuse.

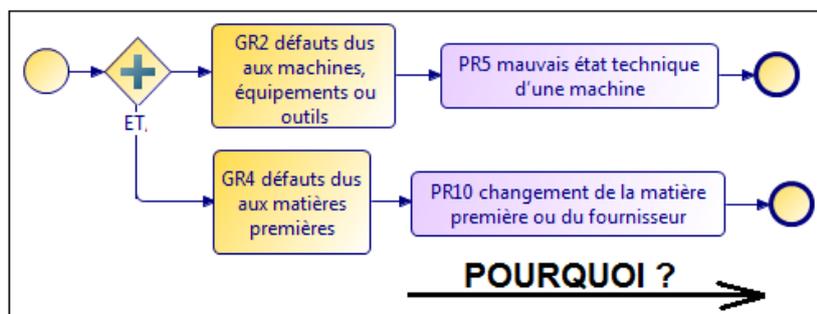
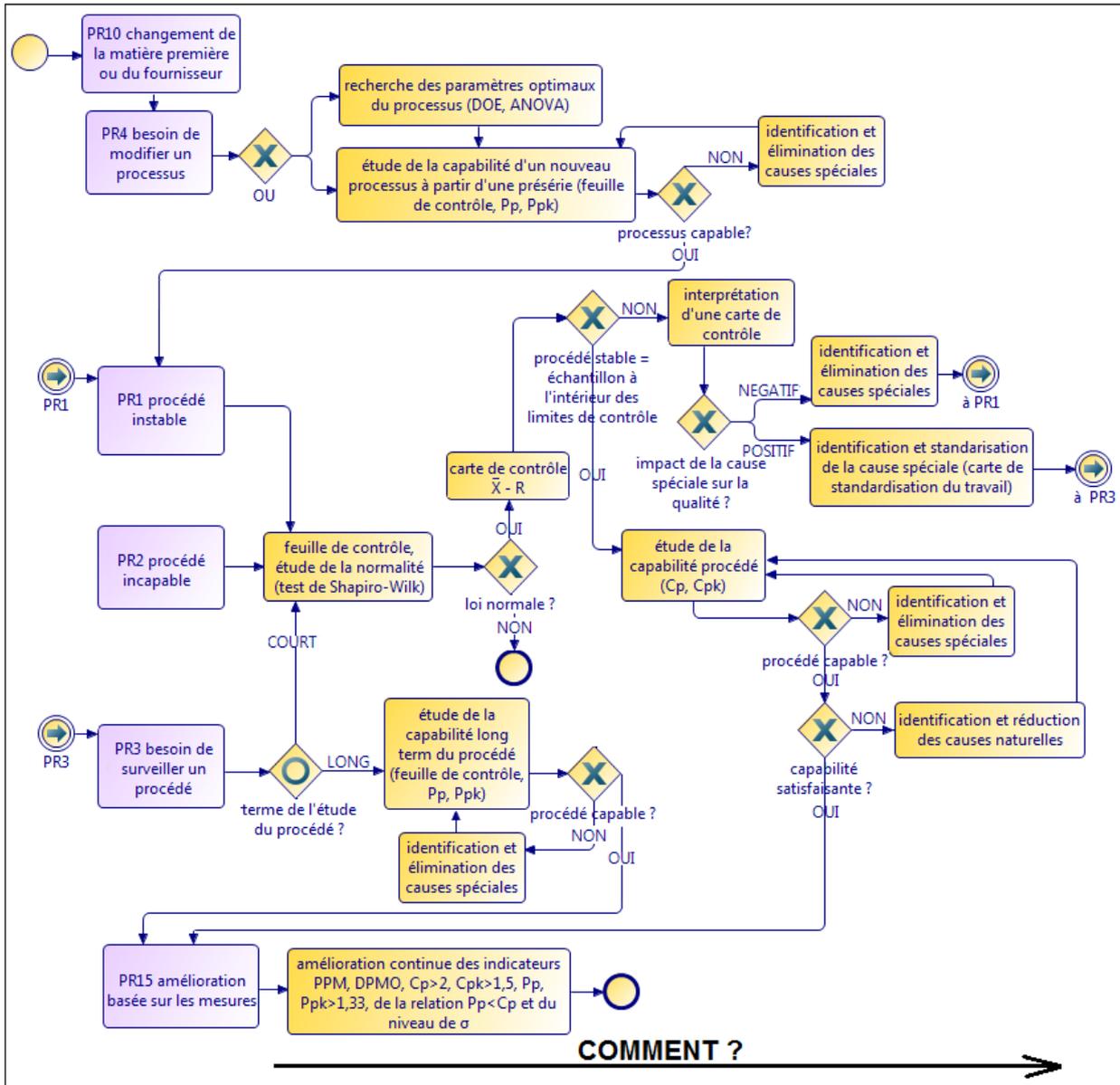


Figure IV - 4. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société New Bath (2)

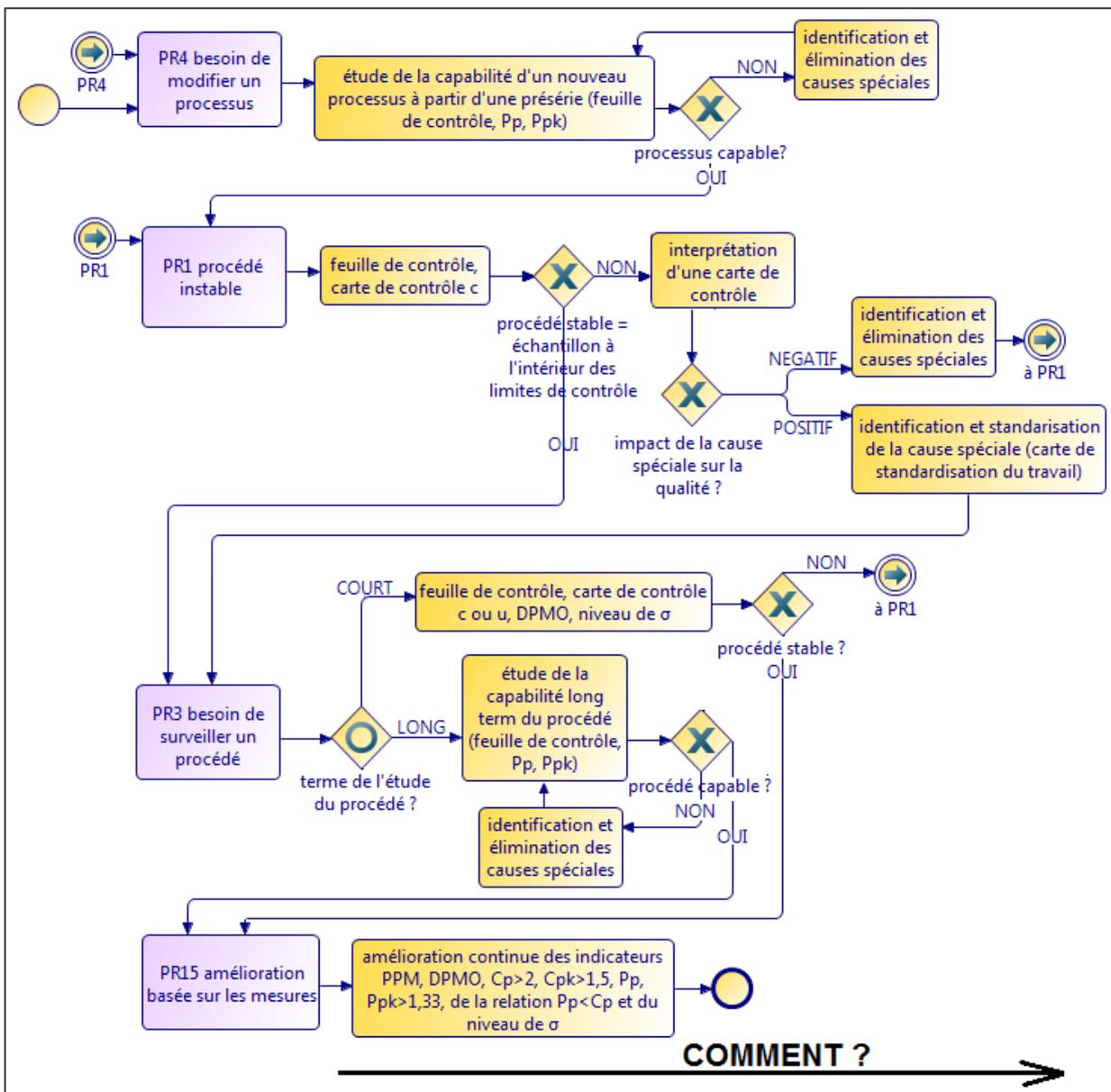
### 5.2.2.2.12. Phase I – Six Sigma 2

#### Proposer les solutions Six Sigma

Par la suite au brainstorming, on a élaboré les solutions de problèmes (Figure IV - 5), ce qui est illustré sur l'arbre de décisions Six Sigma.



a) Solution du problème « introduction d'un plastique moins cher avec les propriétés physico-chimiques similaires dans une partie de la production »



b) Solution du problème « surface usée des calendres d’extrudeuse »

Figure IV - 5. Arbre de décisions Six Sigma pour la société New Bath (2)

On a accepté la solution du problème « introduction d’un plastique moins cher avec les propriétés physico-chimiques similaires dans une partie de la production » qui comprenait le réglage optimal du processus d’extrusion et la surveillance statistique du nouveau procédé. Cependant, pour des causes financières, on a reporté le changement des calendres d’extrudeuse.

Les changements proposés n’ont pas nécessité l’analyse AMDEC du projet. En effet, le plan d’expériences était rapide et peu coûteux et la nouvelle matière première serait introduite

seulement dans une partie de la production. De plus, il y avait la possibilité de reprendre immédiatement l'ancien plastique, en cas de non-conformités.

Dans le cadre de la simulation de solutions, on a choisi un nouveau plastique qui devait être examiné par rapport à son impact sur la stabilité et la capacité du processus d'extrusion, ainsi que sur la qualité des produits semi-finis et des produits finis. Grâce aux analyses DOE et ANOVA, on a planifié des essais de quelques réglages possibles de l'extrudeuse.

Les changements planifiés étaient conformes au CTQ du client et à la voix du consommateur. Cela a permis de les valider.

### ***Mettre en œuvre les solutions Six Sigma***

Conformément au plan d'action, on a appliqué la solution du problème « introduction d'un plastique moins cher avec les propriétés physico-chimiques similaires dans une partie de la production » qui consistait à trouver le réglage optimal du processus et à le mettre sous surveillance statistique.

Suite au plan d'expériences avec les analyses DOE et ANOVA, on a obtenu le réglage optimal des vitesses de l'extrudeuse pour le nouveau plastique. Ensuite, on a étudié l'impact de ces paramètres sur la stabilité et la capacité du procédé. Ainsi, pour une présérie, on a effectué une carte de contrôle  $\bar{X} - R$  pour la pression et on a calculé les indicateurs de la capacité qualitative  $P_p$ ,  $P_{pk}$ ,  $C_p$  et  $C_{pk}$ . Le procédé s'est révélé stable et capable dans les nouvelles conditions. Par conséquent, on a décidé d'introduire définitivement le nouveau plastique moins cher dans une partie de la production.

### **5.2.2.2.13. Phase C – Six Sigma 2**

#### ***Analyser les résultats Six Sigma***

Le choix du nouveau plastique a permis de réduire les coûts des matières premières de 640.000 euros par an. Par conséquent, on a atteint le but du projet : faire des économies sans réduction d'emploi. En même temps, le CTQ du client a été réalisé et on n'a pas trouvé d'impact négatif du changement sur le CTQ du consommateur.

Ensuite, conformément au cycle en V, on a comparé les résultats Six Sigma avec les phases M – Six Sigma 2 et A – Six Sigma 2. Les résultats étaient similaires à ceux obtenus avec l'ancien plastique plus cher. Par conséquent, on a conclu que la mise en œuvre d'un nouveau plastique n'a pas détérioré le niveau de qualité de la société ni du processus d'extrusion. De plus, la carte de contrôle c a révélé que ce procédé se trouvait sous contrôle statistique. Néanmoins, on a décidé de continuer les améliorations, en visant le niveau de 6 sigmas.

### ***Surveiller les améliorations Six Sigma***

Afin de contrôler la stabilité et la capacité du processus d'extrusion, on a recommandé de surveiller la pression avec la carte de contrôle  $\bar{X} - R$  et les indicateurs de capacité qualitative à court et à long terme. On a également décidé de calculer régulièrement DPMO et niveau de qualité du procédé, en visant 3,4 DPMO et 6 sigmas. De plus, on a planifié les contrôles périodiques de l'état technique de l'extrudeuse avec les indicateurs de capacité des machines  $C_m$  et  $C_{mk}$ .

## **5.2.2.2.14. Phase S – Six Sigma**

### ***Pérenniser les améliorations Six Sigma***

Conformément au plan d'actions, on a appliqué la carte de standardisation du réglage d'extrudeuse. Elle contenait les consignes concernant le choix de recette et du réglage d'épaisseur de plaques Toplax pour les deux matières premières utilisées. La carte était un support pour les opérateurs sur le poste d'extrusion, en leur facilitant le travail et en réduisant le nombre des défauts.

### ***Continuer les améliorations Six Sigma par le groupe Kaizen***

Le groupe Kaizen a repris la suite des changements afin améliorer le niveau de qualité de la société et de ses produits.

### **5.2.2.3. Etape III : C – Projet LSS**

Dans le cadre de la pénultième étape du projet LSS, on a effectué une évaluation de l'efficacité des changements pour la réalisation des objectifs de la démarche.

#### **5.2.2.3.1. Phase C – Lean Six Sigma**

##### ***Analyser les résultats et clôturer le projet LSS***

En se basant sur le cycle en V, les résultats du projet LSS ont été analysés. Dans un premier temps, la vérification consistait à comparer les résultats avec les buts du projet, le CTQ du client et la voix du consommateur.

Suite à la démarche réalisée, un nouveau produit a été lancé sur le marché, ce qui a contribué à remplir les attentes des consommateurs. Ceci a permis également d'augmenter les ventes de 8% et les revenus annuels d'environ 180.000 euros et de réaliser de cette manière le CTQ du client et but du projet. L'autre résultat important de la démarche était la stabilisation du processus d'extrusion, ce qui a réduit le nombre de rebuts de 33%, en diminuant seulement légèrement les coûts dus à la mauvaise qualité. Toutefois grâce à l'introduction d'une matière première moins chère dans une partie de la production, le coût annuel de matières a été réduit d'environ 640.000 euros. Ainsi le contrôle du processus d'extrusion, l'amélioration de la qualité et la nouvelle matière première ont permis d'accroître les économies et de réaliser le second but du projet et le CTQ du client.

Ensuite, le niveau de satisfaction du client du projet et des consommateurs a été étudié, en concluant à l'augmentation de leur contentement. Finalement, le projet LSS a été jugé réussi, il a été validé et clôturé.

### **5.2.2.4. Etape IV : S – Projet LSS**

Dans la dernière étape du projet LSS, les changements favorables ont été pérennisés et la suite du développement d'entreprise a été planifiée.

### 5.2.2.4.1. Phase S – Lean Six Sigma

#### *Pérenniser les améliorations LSS*

On a standardisé les améliorations Lean Six Sigma apportées et le personnel concerné par les changements a obtenu une formation interne. De plus, les trois équipes d'opérateurs de l'extrudeuse ont été encouragées à comparer leurs méthodes du travail et à partager les meilleures solutions. On a également recommandé de simplifier l'utilisation des cartes de contrôle, en les remplaçant par le contrôle visuel. Ainsi les signaux sonores et lumineux pourraient prévenir que la valeur de la pression sur la vis d'extrudeuse s'approche des limites de contrôle et que le processus exige une intervention.

La société a décidé de mener un deuxième projet LSS dans l'avenir afin de réaliser les autres solutions favorables :

- Installer les chariots ergonomiques avec Poka-Yoke pour améliorer les conditions de travail sur le poste de thermoformage et réduire ainsi les défauts de qualité ;
- Echanger les calendres usées de l'extrudeuse pour diminuer l'épaisseur des plaques Toplax et réaliser ainsi des économies.

Le développement de la culture de l'organisation a été poursuivi grâce à l'autonomisation approfondie, l'échange des expériences entre les employés et leur participation dans le groupe Kaizen et dans le programme de suggestions du personnel. La culture élevée de l'entreprise en termes de qualité et de management maigre, ainsi bien que la réalisation autonome du projet avec notre seul soutien en tant que consultante LSS ont contribué à approfondir les connaissances sur Lean Six Sigma. Ceci a également permis d'obtenir une capacité à mener cette démarche d'amélioration continue de manière autonome.

Dans le cadre de son auto-amélioration, la société a prévu d'utiliser l'auto-évaluation selon les critères du Modèle E.F.Q.M. dès que les autres solutions acceptées seront appliquées. De plus, l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS a été employé, ce qui a permis d'identifier les besoins limités et les grandes capacités de l'entreprise. On a donc conclu que c'était le résultat d'une amélioration dans le domaine de la satisfaction client, des connaissances du Lean Six sigma et d'une nécessité désormais moins urgente de changements.

Le maintien de l'engagement du personnel s'appuyait également sur le système de motivation et sur la communication régulière des performances de l'entreprise à travers l'usine.

Ainsi la société New Bath Allibert a assuré la standardisation des changements favorables et l'implication durable des employés, en conduisant l'entreprise vers l'excellence et son personnel vers l'autoréalisation.

### **5.2.3. Conclusions de la réalisation du projet LSS dans la société New Bath Allibert**

Dans le cadre du projet LSS dans la PME française New Bath, on a défini dans un premier temps, le but de la démarche en se basant sur les besoins du client du projet (le groupe Allibert). A cette étape, l'emploi de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client et du cycle interne en V s'est montré utile. D'abord, l'indicateur de la valeur émotionnelle du client a servi à mieux connaître les attentes des consommateurs. Ensuite, le cycle en V a assuré le choix correct du but de la démarche par rapport à la satisfaction des consommateurs. L'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS a permis d'adapter l'élan de la démarche aux besoins et capacités de l'entreprise. En même temps, le fait d'atteindre l'objectif du projet a confirmé que nous avons choisi les outils appropriés pour réaliser les améliorations d'un niveau avancé.

La réalisation de la roue d'amélioration continue pour le management maigre a permis de réorganiser les cellules, tandis que les changements avec la méthode Six Sigma ont concerné un processus. Cela a confirmé la thèse qui dit que les améliorations LSS doivent commencer par les vastes changements à travers de l'usine avec Lean et se terminer sur les améliorations ponctuelles avec Six Sigma.

Le cycle MAICS – Lean était utile pour identifier le muda dans la chaîne de la valeur, désigner les causes racines du gaspillage et lancer la production d'un nouveau produit avec une réorganisation du poste de travail. La justesse de l'analyse a été renforcée par une cartographie des processus et des flux de matières, informations, documents et ressources financières. Malgré le fait que l'entreprise possédait une chaîne maigre de la valeur, le cycle MAICS – Lean a apporté une aide pour lancer le nouveau produit avec DFSS typique pour la méthode Six Sigma. Ainsi nous avons confirmé que Lean et Six Sigma sont complémentaires.

D'autre part, il s'est avéré nécessaire de recommencer le cycle MAICS – Six Sigma parce que les résultats obtenus après la première roue Six Sigma étaient insuffisants du point de vue de

l'objectif du projet. De cette manière, nous avons prouvé que l'emploi du concept de la roue d'amélioration continue rend la méthodologie plus efficace. Les mesures, l'analyse et l'application des changements se sont basés sur les techniques de résolution de problèmes et les outils statistiques. Tandis que leur pérennisation a été assurée grâce aux outils Lean. Ceci confirme de nouveau le fait que les méthodes Lean et Six Sigma sont complémentaires et qu'elles renforcent mutuellement leur efficacité. Or la planification et l'implémentation des solutions Six Sigma, notamment l'emploi de la maîtrise statistique des procédés, sont compliquées. Donc, nous avons confirmé l'utilité et l'efficacité de l'arbre de problèmes et de l'arbre de décisions Six Sigma.

Pendant la réalisation du projet entier, notamment de l'étape de contrôle, l'emploi des cycles en V était utile pour valider les plans d'action et vérifier les résultats avant de les standardiser. De cette façon, les cycles en V ont permis d'assurer la justesse des changements apportés.

Au sein de l'étape de standardisation des améliorations obtenues, on a employé l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS. En effet, il s'est révélé utile pour mener une autoévaluation de l'entreprise et examiner l'efficacité du projet LSS.

Nous avons constaté que l'implémentation des solutions du domaine du Lean Six Sigma se caractérise par un avantage important. Ceci consistait à appliquer les outils Six Sigma dans le cycle MAICS – Lean et les outils Lean dans MAICS – Six Sigma. Par conséquent, l'élaboration des améliorations et leur implémentation ont été plus efficaces. Nous avons donc conclu à un avantage de l'utilisation du Lean Six Sigma par rapport à l'application distincte du management maigre et de la méthode Six Sigma.

En conséquence, la méthodologie proposée s'est avérée utile et efficace pour améliorer les performances de la société (l'amélioration de la qualité de 33%, ainsi que l'augmentation des ventes de 8% et des revenus d'environ 820.000 euro par an) et pour développer l'entreprise (l'innovation produit, le maintien d'une position forte sur le marché, des méthodes meilleures de travail). De plus, l'emploi multiple du cycle en V dans la démarche permet de comparer les changements obtenus avec l'objectif attendu et de satisfaire le consommateur et le client du projet.

### **5.3. Vérification de la méthodologie LSS Plutus dans l'entreprise Raj-Wafel à Pruszcz Gdański en Pologne**

#### **5.3.1. Présentation de la société Raj-Wafel**

La deuxième société choisie pour vérifier la méthodologie proposée est une petite entreprise polonaise de la production Raj-Wafel. Elle existe depuis 1992, emploie 24 personnes et obtient environ 200.000 euros de chiffre d'affaires par an. Raj-Wafel se spécialise en fabrication de gaufres et de « rurkas » - une des pâtisseries typiquement polonaises. Ses produits sont fournis aux réseaux de supermarchés, de pâtisseries et de boulangeries à travers la Pologne. La société ne possède pas de certificats de qualité. Néanmoins, elle fabrique ses produits, en se basant uniquement sur les ingrédients naturels et sans conservateurs. Ceci lui permet d'atteindre les exigences des ses clients qui demandent une haute qualité des produits. Par conséquent, l'entreprise maintient la position du leader en fabrication des gaufres et des rurkas sur le marché local.

#### **5.3.2. Réalisation du projet LSS dans la société Raj-Wafel**

##### **5.3.2.1. Etape I : D – Projet LSS**

La raison de lancer le projet LSS pour la société Raj-Wafel était l'apparition des besoins du client du projet qui est la direction de l'entreprise. La réalisation de la démarche devait apporter une croissance des ventes. L'étape D – Projet LSS a servi pour définir l'objectif approprié du projet.

### **5.3.2.1.1. Phase D – Lean Six Sigma**

#### ***Constituer un groupe de travail pour réaliser le projet LSS***

La démarche a commencé par la création d'un groupe responsable pour la réalisation du projet LSS. On a étudié la culture de l'entreprise, en concluant au manque de connaissances sur les méthodes modernes de management et la faible motivation des employés qui permettait de mener uniquement un projet d'amélioration simplifié. Parmi les personnes les plus intéressées par les changements, se trouvaient la direction et le chef de production. Par conséquent, ils ont été intégrés dans le groupe LSS, où il y avait également le consultant du LSS (l'auteur de ce travail). Ensuite, les membres du groupe ont été familiarisés avec les bases du Lean Thinking et la notion de niveau de sigma du processus.

#### ***Définir le but du projet LSS***

Les premières actions du groupe LSS ont consisté à présenter un modèle général de l'entreprise, sa mission et ses interactions avec les fournisseurs et les clients.

Par la suite, on a commencé à identifier l'objectif de la démarche dans le cadre des conditions externes et internes de fonctionnement de l'organisation. On a constaté que la société Raj-Wafel fournissait des produits d'une haute qualité et d'une grande popularité parmi les clients directs et les consommateurs. Néanmoins, un rendement trop bas des machines ou bien une organisation du travail inappropriée ont obligé l'usine à refuser un certain nombre de commandes clients. Par conséquent, la société recherchait des améliorations qui lui permettraient de réaliser toutes les commandes.

L'analyse de l'environnement de l'entreprise a démontré que l'usine respectait la réglementation alimentaire et le standard GMP – Les Pratiques de Fabrication (Matuszak et Maleszka, 2010; WHO, 2012). De plus, Raj-Wafel profitait régulièrement des tests effectués dans un laboratoire de nutrition. Ces actions sont conformes aux attentes des clients fidèles comme les réseaux de pâtisseries et de supermarchés. Ils exigent une garantie de la haute qualité et de la sécurité des produits. Ils attendaient des changements organisationnels importants afin que Raj-Wafel soit capable de satisfaire toutes les commandes. La suite de l'analyse de l'environnement de la société a démontré la position de l'entreprise par rapport à la concurrence.

Ainsi Raj-Wafel possédait un fort avantage en termes de qualité de ses produits, mais la concurrence proposait des prix plus bas.

Le pas suivant de la démarche était l'identification des attentes et du niveau de satisfaction du client du projet et des consommateurs. Dans ce but, on a utilisé VOC, le diagramme CTQ et l'interview direct. La société Raj-Wafel souhaitait augmenter ses ventes, alors que les consommateurs désiraient avant tout des produits toujours de haute qualité en termes de goût, couleur, tendreté et fraîcheur. De plus, l'analyse avec l'indicateur de la valeur émotionnelle du client (Tableau IV - 4) a révélé un fort intérêt des consommateurs porté à l'alimentation saine. Or tous les produits de Raj-Wafel répondaient aux critères de nourriture écologique. On a donc décidé de continuer les ingrédients et les recettes actuels, ainsi que d'en informer les clients directs.

**Tableau IV - 4. Indicateur de la valeur émotionnelle du client pour la société Raj-Wafel**

Éléments du niveau élevé de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client	Evaluation de l'importance d'élément pour le client (0 – insignifiant, 1 – important, 2 – très important)	Opportunités des PME	Menaces des PME
Comportement pro écologique d'entreprise	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produits écologiques,</li> <li>• Pas de déchets dangereux pour l'environnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usage excessif des ressources naturelles</li> </ul>
Mode pour une alimentation saine	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nourriture écologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande quantités de conservateurs et de colorants dans la nourriture</li> </ul>

Ensuite, on a effectué une autoévaluation de l'entreprise par rapport à la maturité de son fonctionnement et à la capacité de mener le projet LSS. Ainsi on a identifié la Production en tant que processus clé qui était mature, stratégique, transversal et moteur (Brandenburg et Wojtyna, 2011). Le pas suivant consistait à évaluer le niveau de maturité de l'usine pour le projet LSS (Tableau IV - 5). Ceci a permis d'identifier les besoins moyens et les petites capacités de l'entreprise. Par conséquent, la version simplifiée de la démarche d'amélioration était le plus appropriée à Raj-Wafel. La boîte à outils Lean Six Sigma destinée aux PME était donc restreinte aux outils simples et efficaces.

**Tableau IV - 5. Indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS pour la société Raj-Wafel**

Catégorie d'évaluation des PME	Critères d'évaluation de la maturité des PME pour mener le projet LSS	Evaluation de la maturité d'une entreprise pour le projet LSS (1 – non, 2 – plutôt non, 3 – partiellement, peut-être, difficile à dire, 4 – plutôt oui, 5 – oui)				
		1	2	3	4	5
Besoins	A. Grand nombre de processus à gérer	×				
	B. Besoin de changements				×	
	C. Difficultés à satisfaire les clients			×		
Capacités	D. Compétences acquises en gestion de production	×				
	E. Connaissances du Lean Six Sigma	×				
	F. Culture d'organisation favorable à appliquer l'amélioration continue			×		
	G. Disponibilité du temps pour mener le projet LSS		×			
	H. Ressources financières disponibles pour les actions d'amélioration		×			
<b>Besoins ou capacités :</b>		petits		moyens	grands	

Finalement, en se basant sur l'étude des besoins, des capacités et de l'environnement de l'entreprise, on a choisi le CTQ du client du projet comme étant l'augmentation des ventes. En prenant également en compte les conditions de fonctionnement de la société et la voix du consommateur, le but du projet a été identifié en tant que l'augmentation de vente en préservant la qualité actuelle des produits. L'analyse basée sur le cycle en V a confirmé que cet objectif était conforme à la voix du consommateur. Il était donc validé et la démarche était ouverte.

### ***Obtenir l'implication de la direction***

La direction s'est engagée personnellement à effectuer les actions d'amélioration. Ne connaissant pas la méthode Lean Six Sigma, la direction attendait une amélioration des performances d'entreprise grâce aux méthodes modernes de management. Le but du projet a été accepté et on a commencé l'exécution de la démarche.

### **5.3.2.2. Etape II : MAI – Projet LSS**

La deuxième étape de la démarche concernait les solutions du domaine du management maigre dans la sous-étape MAICS – Lean, ainsi que les techniques de résolution de problèmes et les outils statistiques dans MAICS – Six Sigma.

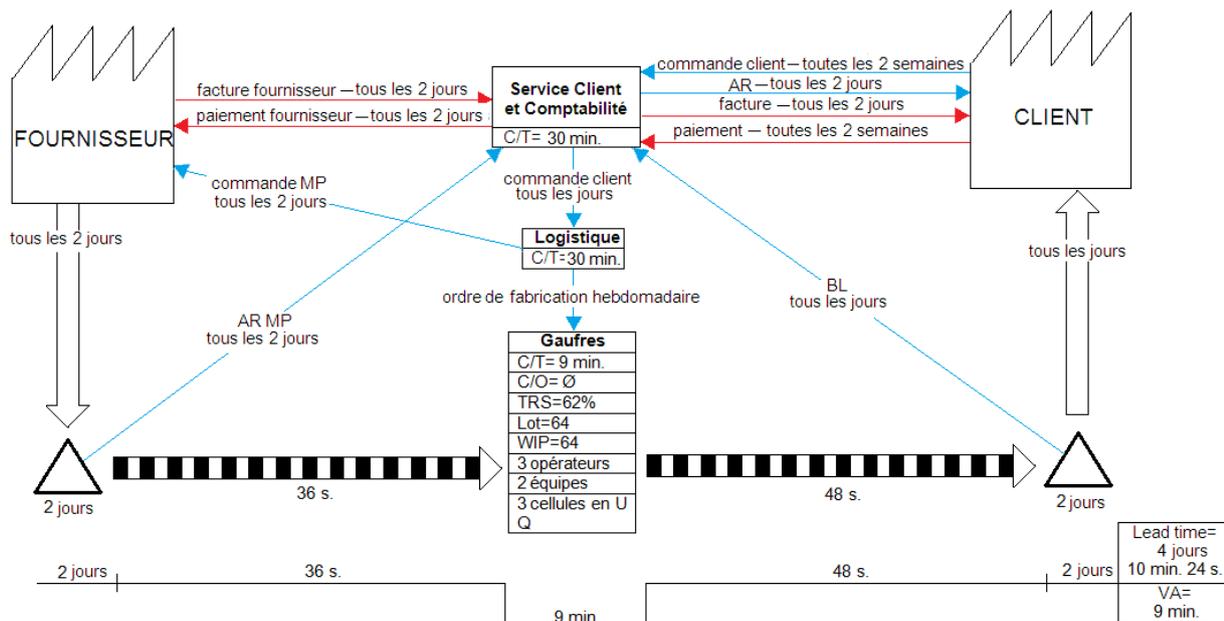
### 5.3.2.2.1. Phase M – Lean

#### Effectuer les mesures Lean

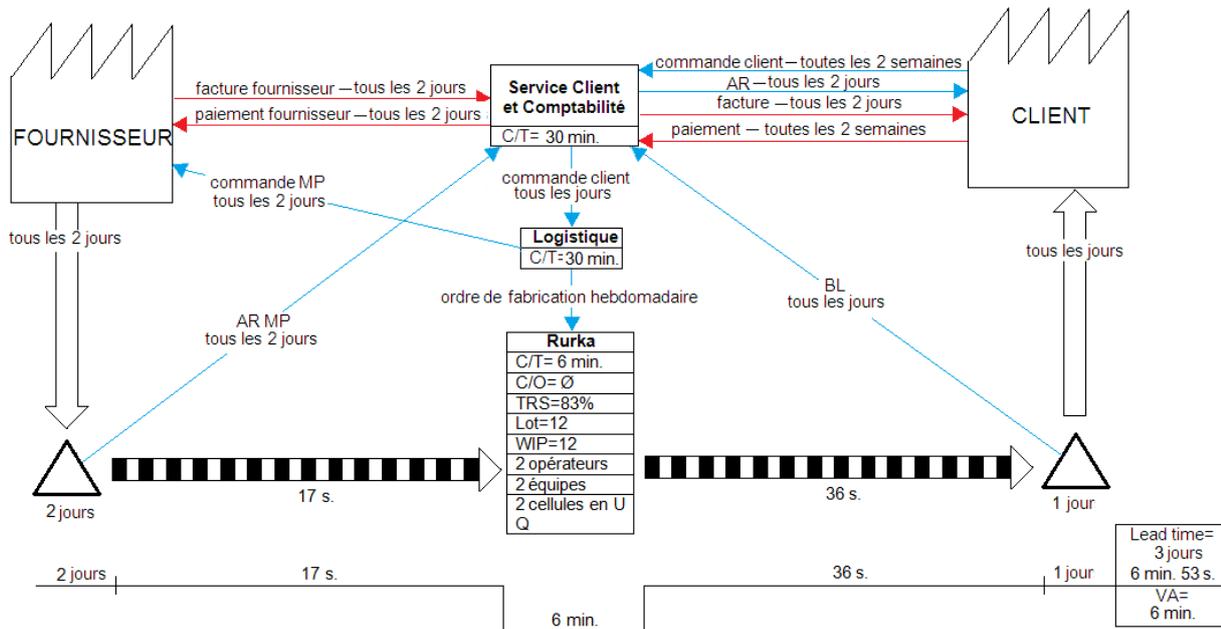
La phase M – Lean a permis de collecter les mesures nécessaires pour présenter l'état actuel du fonctionnement de l'entreprise et pour concevoir un nouveau processus de fabrication des gaufres.

Au début, on a recueilli les données qui pouvaient servir pour évaluer et améliorer les produits existants et les performances de l'entreprise avec DMAIC. Ainsi on a réuni les données concernant les deux familles de produits : la famille des gaufres et la famille des rurkas. Dans ce but, on a illustré le processus de production dans le temps et dans l'espace avec le schéma du processus de production et le diagramme Spaghetti. Ensuite, on a collecté les données concernant les stocks, les cycles de production et la productivité. Les mesures effectuées ont permis d'élaborer une cartographie des processus et des quatre types de flux avec le VSM4 (Figure IV - 6). La légende pour le VSM4 se trouve dans l'Annexe III. Par la suite, on a calculé les indicateurs les plus importants pour décrire les deux familles de produits :

- Lead time famille de gaufres = 4 jours 10 min., VA famille de gaufres = 9 min., NVA famille de gaufres = 4 jours 1 min., RTF famille de gaufres = 0,53% ;
- Lead time famille de rurkas = 3 jours 8min., VA famille de rurkas = 6 min., NVA famille de rurkas = 3 jours 1 min., RTF famille de rurkas = 0,47% .



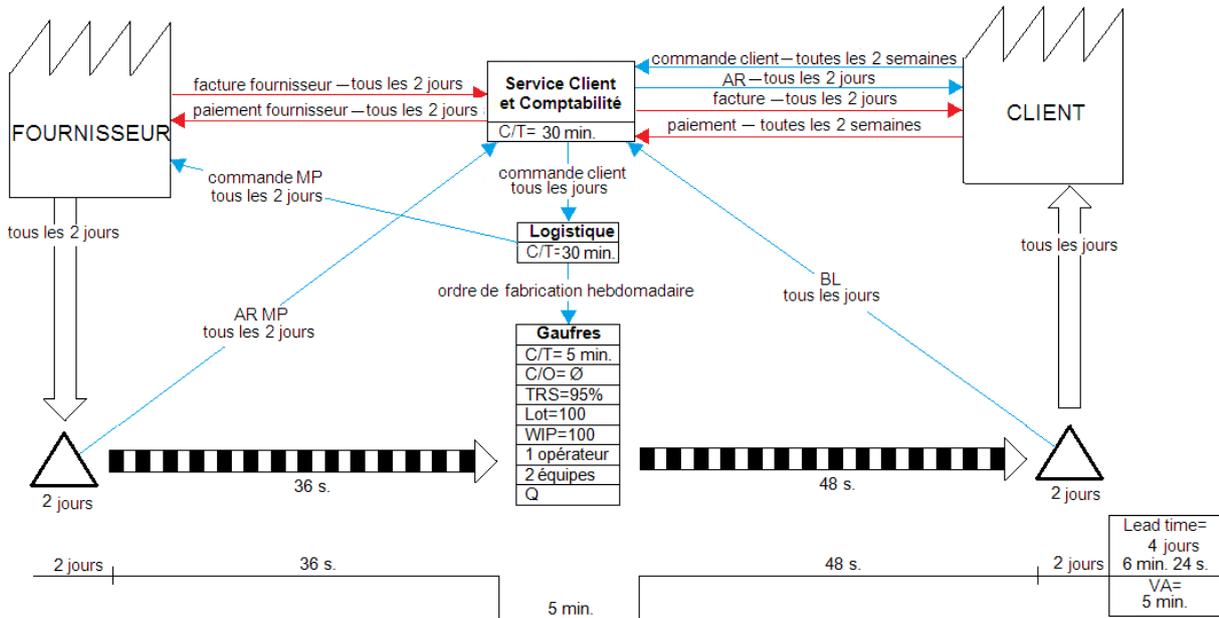
a) VSM4 de l'état actuel pour la famille de gaufres



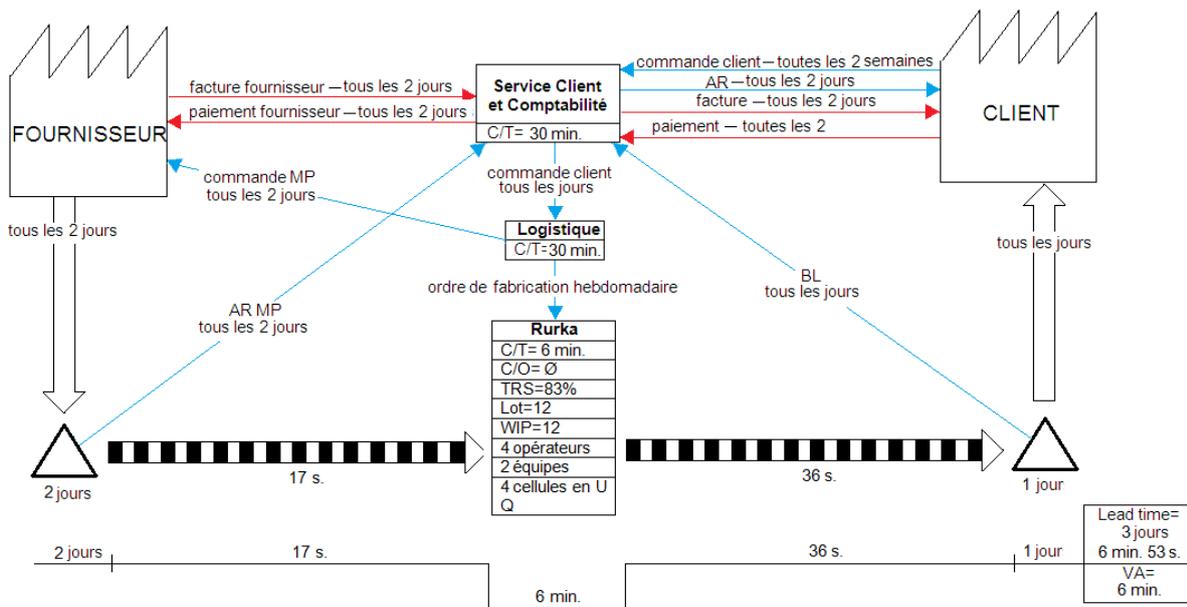
b) VSM4 de l'état actuel pour la famille de rurkas  
**Figure IV - 6. VSM4 de l'état actuel pour la société Raj-Wafel**

Dans la société Raj-Wafel, il y avait fréquemment des problèmes de sous productivité dans les cellules de cuisson de gaufres. C'était causé par le mauvais état technique des vieilles machines, leurs pannes et les longs temps d'attente. Pour cette raison, on a décidé d'acheter une nouvelle machine à gaufres et effectuer une réorganisation appropriée. Selon les estimations, la nouvelle machine devait se caractériser par un rendement minimal de 1000 gaufres par heure et être exploitée par un seul opérateur. Ainsi DFSS du processus a été utile pour planifier la nouvelle organisation de l'atelier. L'installation d'une nouvelle machine exigeait des changements organisationnels importants qui ont été présentés sur la carte VSM4 (Figure IV - 7) et examiné avec les indicateurs Lean :

- Lead time famille de gaufres = 4 jours 6 min., VA famille de gaufres = 5 min., NVA famille de gaufres = 4 jours 1 min. 24 s., RTF famille de gaufres = 0,30% ;
- Lead time famille de rurkas = 3 jours 6 min., VA famille de rurkas = 6 min., NVA famille de rurkas = 3 jours 53 s., RTF famille de rurkas = 0,47%.



a) Proposition du VSM4 pour réorganiser le processus de fabrication des gaufres



b) Proposition du VSM4 pour réorganiser le processus de fabrication des rurkas

**Figure IV - 7. Proposition du VSM4 pour la société Raj-Wafel**

La réalisation de la phase M – Lean a permis de recueillir les mesures Lean pour DMAIC et DFSS du processus afin de les analyser au sein de la phase A – Lean.

### **5.3.2.2.2. Phase A – Lean**

#### ***Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean***

Les mesures effectuées au sein de la phase M – Lean ont servi pour analyser le fonctionnement de la société Raj-Wafel. Conformément au concept Lean, on a étudié la valeur ajoutée, le gaspillage et l'existence des goulots d'étranglements. On a utilisé à cet effet le diagramme Spaghetti de l'atelier, le schéma du processus de production, le VSM4, le diagramme de Gantt et la relation entre le takt time et les temps des cycles.

L'analyse a montré que sans connaissance de la méthode Lean, l'entreprise a appliqué intuitivement la production maigre pour assurer la fraîcheur de ses produits. Donc, il y avait le temps minimal de réalisation de commandes, les cellules en U, les courtes routes de transport, la rotation des stocks élevée, la gestion de stock selon FIFO et stock d'en-cours réduit. De plus, grâce au VSM4, on a identifié les valeurs élevées de NVA et RTF, ainsi qu'un faible niveau de TRS sur le poste de gaufres. La suite de l'analyse avec VSM4 a confirmé que les flux d'informations, de documents et d'argent fonctionnent correctement.

Ensuite, la relation entre le temps de cycle et le takt time, ainsi que le diagramme de Gantt a révélé l'existence des goulots d'étranglements sur les lignes de fabrication des gaufres et de rurkas. On a conclu que les capacités de production de l'usine étaient insuffisantes par rapport aux commandes client. Des changements organisationnels importants ont donc été nécessaires pour augmenter la productivité des deux lignes.

#### ***Désigner les processus d'entreprise à améliorer***

Les résultats de l'analyse de fonctionnement de l'entreprise ont été utilisés pour désigner les processus à améliorer. On a également pris en compte le CTQ du client du projet, la voix du consommateur et l'objectif de la démarche. Dans le Tableau IV - 6, on voit les problèmes qui exigeaient d'être résolus dans un premier temps.

Ainsi on a constaté que le problème majeur concernait le volume faible des ventes et la perte des clients à cause des capacités insuffisantes de production. Cette situation venait principalement de pannes fréquentes des vieilles machines à gaufres. Ceci provoquait les arrêts des machines et l'attente des opérateurs, en provoquant les goulots d'étranglement et en diminuant la productivité.

L'analyse du Tableau IV - 6 permis d'identifier le problème d'une surface insuffisante pour ouvrir une nouvelle ligne de production. Néanmoins, ceci pouvait être résolu grâce à une organisation optimale de l'usine, ce qui est indiqué par le nouveau muda « systèmes inappropriés ».

On a également constaté un autre problème qui concernait les ressources financières limitées pour effectuer la modernisation. De plus, il était recommandé d'approfondir le problème du changement de machine au sein de la roue MAICS – Six Sigma. Le Tableau IV - 6 a également permis de révéler le problème de la gestion inappropriée des ressources humaines qui empêchait d'exploiter le potentiel du personnel et qui ne les motivait pas.

**Tableau IV - 6. Classification des problèmes dans la société Raj-Wafel**

Principaux types de problèmes	Classification des problèmes			
	Problèmes Lean – gaspillage			Problèmes 6σ
	Muda de type I	Muda de type II	Nouveau muda	
Faible volume de vente	–	–	systèmes inappropriés, perte de consommateurs	–
Production non-adaptée aux commandes client	–	–	systèmes inappropriés	–
Faible productivité	réparations des machines	temps d'attente à cause de pannes des machines		–
Goulot d'étranglement	–			–
Temps d'arrêt machine	–			–
Temps d'attente d'employé	–			–
Manque de temps pour les tâches supplémentaires	–	–	potentiel humain inexploité, systèmes inappropriés	–
Faible motivation	–	–		–
Manque de valorisation du travail	–	–		–
Manque d'implication visible de la part de la direction	–	–		–
Surface insuffisante pour ouvrir une nouvelle ligne de production	–	–	systèmes inappropriés	–
Pannes des machines	réparations des machines	–		–
Besoin de moderniser l'usine ou de changer quelques machines		–	–	problèmes à approfondir dans MAICS – Six Sigma
Ressources financières limitées pour la modernisation		–	–	–
Ressources financières limitées pour développer les qualifications du personnel	–	–	potentiel humain inexploité	–

Suite à l'analyse basée sur le Tableau IV - 6, on a décidé de commencer les améliorations par l'élimination du muda de type II « temps d'attente à cause de pannes des machines » en réalisant la proposition du DFSS du processus : l'achat d'une nouvelle machine à gaufres et la réorganisation de l'atelier. Le fait d'éliminer ce gaspillage devait également éliminer le muda de type I « réparations des machines ». On a constaté que l'achat du nouvel équipement nécessitait de résoudre d'abord le problème de ressources financières limitées. L'entreprise a aussi décidé d'agir sur le problème de surface insuffisante pour ouvrir une ligne de production, ce qui représentait le nouveau gaspillage « systèmes inappropriés ». De plus, on a recommandé d'approfondir le problème de changement de machine au sein de MAICS – Six Sigma. La problématique concernant une meilleure gestion des ressources humaines n'a pas été poursuivie.

### 5.3.2.2.3. Phase I – Lean

#### *Proposer les solutions Lean*

La réalisation de la phase I – Lean a permis d'identifier les processus de l'entreprise qui exigeaient des améliorations basées sur l'analyse de l'état actuel. Grace au brainstorming, on a élaboré les solutions adéquates :

- La solution du problème « temps d'attente à cause de pannes des machines » : réaliser la proposition du DFSS du processus, soit :
  - Acheter une nouvelle machine à gaufres au lieu de rénover l'équipement actuel ;
  - Réorganiser l'usine avec équilibrage des charges (remplacer trois cellules de gaufres par une machine, doubler le nombre de cellules de ruras, déplacer deux opérateurs des cellules de gaufres aux postes de ruras) ;
- La solution du problème « surface insuffisante pour ouvrir une nouvelle ligne de production » : disposer les machines dans l'atelier avec le diagramme Spaghetti ;
- La solution du problème « ressources financières limitées pour la modernisation » : rechercher le financement de fonds européens ;
- La solution du problème « changement d'une machine » : optimiser le réglage de la machine au sein de MAICS – Six Sigma.

L'achat d'une machine à gaufres représentait une dépense importante pour la société Raj-Wafel. Toutefois, cet investissement devrait être rentabilisé rapidement. En effet, cette solution permettrait de réaliser toutes les commandes et d'augmenter les ventes. A cause du coût élevé de

la machine à gaufres, on a planifié une exploitation différente de la nouvelle machine en cas d'une baisse inattendue des demandes de gaufres. Le plan alternatif consistait à élargir l'assortiment avec des gaufres diététiques à l'épeautre afin de cibler une nouvelle clientèle.

Dans le cadre de la simulation de solutions Lean proposées, on a utilisé principalement le diagramme Spaghetti, l'équilibrage de lignes, les cellules en U, le VSM4 pour les changements présentés en DFSS, le cycle en V et l'analyse AMDEC du processus. Ainsi on a constaté que l'application des améliorations planifiées n'aurait pas d'impact sur le temps de réalisation de commande. Néanmoins, ceci provoquerait une augmentation de l'indicateur RTF pour la famille des gaufres de 11%, une amélioration du TRS pour la famille des gaufres de 62% à 95%, ainsi que l'élimination des goulots d'étranglement dans toute l'usine. La capacité de production des gaufres augmenterait de 46% et de ruras de 100% (en conservant la même surface d'atelier et le même nombre d'opérateurs), ce qui provoquerait une croissance des ventes. Ainsi les capacités de production dépasseraient le volume des commandes. Par conséquent, le plan d'action a été validé.

L'achat de la machine à gaufres et la réorganisation de l'usine causeraient des changements favorables du point de vue du CTQ du client du projet. En même temps, la voix du consommateur serait respectée parce que les changements n'auraient pas d'impact sur les ingrédients, ni sur les recettes.

### ***Mettre en œuvre les solutions Lean***

L'application des solutions Lean a été reportée pour des raisons financières. L'entreprise a continué la recherche de financement pour l'achat de la machine à gaufres. L'implémentation des changements proposés aura lieu dès que les moyens financiers nécessaires seront obtenus. Après l'installation de la nouvelle machine et à la réorganisation de l'atelier, on devrait transmettre les résultats obtenus à l'évaluation dans la phase C – Lean. Le réglage optimal de la machine à gaufres devrait être effectué avec la roue MAICS – Six Sigma.

#### **5.3.2.2.4. Phase C – Lean**

### ***Analyser les résultats Lean***

Après l'achat de la nouvelle machine et la mise en œuvre des solutions planifiées, les résultats devraient être évalués. Les cycles en V seraient utiles à cet effet pour vérifier les

résultats par rapport aux phases D – Lean Six Sigma, M – Lean et A – Lean. Ces cycles serviraient également à indiquer les corrections à apporter ou valider les changements. Dans un premier temps, il faudrait vérifier si l'implémentation du Lean permet bien de satisfaire toutes les commandes client grâce à l'augmentation de ventes de gaufres de 22% et de rurkas de 49%, sans détériorer la qualité des gaufres et des rurkas. Ainsi le but du projet serait atteint. Ensuite il faudrait vérifier la conformité des résultats avec le CTQ du client et la voix du consommateur. Conformément au cycle en V, il faudrait effectuer une carte réactualisée VSM4 avec une analyse des lead time, VA, NVA, RTF et TRS. A la fin, on devrait vérifier si l'application du Lean a permis d'éliminer les goulots d'étranglement et si on a obtenu la croissance attendue des capacités de production des gaufres de 46% et des rurkas de 100%.

Ainsi la phase C – Lean devrait fournir une évaluation des solutions Lean qui ont été mises en œuvre. Ensuite, des changements favorables devraient être surveillés et standardisés. D'autre part, on devrait corriger les changements insuffisants, en refaisant la roue MAICS – Lean. Cette phase n'a pas encore été réalisée à l'heure actuelle.

#### ***Surveiller les améliorations Lean***

Les chaînes de la valeur étaient déjà « maigres » avant de commencer le projet LSS. La production était organisée selon les commandes clients et la rotation des stocks était élevée. Par conséquent, ni le volume de fabrication ni des stocks n'ont nécessité de contrôle supplémentaire. On a seulement planifié des actions régulières de nettoyage et de conservation des machines et des équipements.

### **5.3.2.2.5. Phase S – Lean**

#### ***Simplifier les améliorations Lean***

Les solutions proposées ont été faciles à comprendre pour le personnel et elles ne nécessitaient pas de standardisation. De plus, le remplacement des trois vieilles machines à gaufres pour une nouvelle contribuerait à augmenter le confort et la sécurité au travail.

#### ***Continuer les améliorations Lean par le groupe Kaizen***

Dans le cadre du projet LSS actuel, l'entreprise n'a pas souhaité impliquer le personnel dans la démarche d'amélioration continue. Ceci pourrait être pris en compte lors de la prochaine démarche, quand les problèmes les plus urgents de l'entreprise seront résolus.

### **5.3.2.2.6. Phase M – Six Sigma**

#### ***Identifier le problème avec la traduction du CTQ du client en défaut***

Les plans d'actions Lean (achat d'une nouvelle machine et nouvelle organisation d'usine), permettraient d'augmenter largement la capacité de production et de satisfaire toutes les commandes client actuelles, en ayant même la capacité de répondre à une augmentation du marché. La non-conformité aux attentes du client du projet, se traduira donc par une baisse des ventes.

Il fallait également résoudre le problème provenant du MAICS – Lean : trouver le réglage optimal de la nouvelle machine.

#### ***Effectuer les mesures Six Sigma***

De façon similaire à la phase M – Lean, on a collecté les mesures nécessaires pour réduire les défauts indiqués. L'usine ne possédait pas d'équipement de mesure et l'évaluation de la qualité des produits se basait surtout sur un simple test organoleptique. On a procédé à une analyse qualitative de l'entreprise, ce qui a commencé par la collecte d'informations sur les défauts dans une feuille de contrôle. Ceci a constitué une base pour calculer l'indicateur DPMO de la société égal à 117, ce qui correspond à un niveau de qualité de l'entreprise de 5,2 sigmas. De même, on a calculé le DPMO pour la famille de gaufres – 143 et pour celle des rurkas – 36. Ces mesures permettent à la société Raj-Wafel et à ses produits un niveau proche de l'excellence. Le but à long terme visait le niveau de 6 sigmas pour l'entreprise et ses produits. Le dernier pas de la phase M – Six Sigma était de rassembler les informations concernant les défauts des produits en termes de goût, couleur et tendreté.

### **5.3.2.2.7. Phase A – Six Sigma**

#### ***Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères Six Sigma***

Dans la première partie de la phase A – Six Sigma, on a identifié les défauts les plus importants du point de vue du client. Ces défauts étaient responsables du faible volume de vente : productivité faible, refus d'une partie des commandes clients et saturation du marché polonais. On a constaté une interaction entre les défauts, où la capacité trop faible de production ne permettait pas de réaliser toutes les commandes. Les cellules de gaufres et les cellules de rurkas ont été identifiées comme les postes responsables de cette faible productivité. Ensuite, on

a identifié les causes des principaux défauts avec le brainstorming et l'analyse 5 why. L'étude a démontré que la capacité de production était diminuée par les pannes fréquentes des machines à gaufres. De plus, la saturation du marché polonais de la pâtisserie était liée à la forte concurrence du domaine des gaufres et des rurkas. L'examen de l'efficacité des machines à gaufres par rapport à la température de cuisson a confirmé une capacité faible. Néanmoins, l'équipement à rurkas se caractérisait par une capacité fiable des machines avec des moyennes de 1,67 pour Cm et 1,52 pour Cmk. L'évaluation des processus de fabrication des gaufres et des rurkas selon les cartes de contrôle c et les indicateurs de qualité a également confirmé la nécessité de remplacer l'équipement à gaufres qui était instable et incapable. Contrairement au processus de production des rurkas qui possédait  $C_p$  égal à 1,54, un  $C_{pk}$  de 1,48, un DPMO de 32 et le niveau de sigma du processus de 5,5.

Le brainstorming a conclu que l'équipement vieux et usé était la cause des pannes fréquentes des machines à gaufres. De plus, la forte concurrence entre les gaufres et les rurkas provenait d'une grande popularité de ces produits parmi les consommateurs.

#### **Indiquer les paramètres du processus à améliorer**

Après analyse dans le contexte du Six Sigma et en utilisant l'arbre de problèmes Six Sigma (Figure IV - 8), les problèmes suivants ont été identifiés :

- GR2 défauts dus aux machines, équipements ou outils – PR5 mauvais état technique d'une machine – mauvais état technique des machines à gaufre ;
- GR5 et PR11 défauts dus aux causes organisationnelles – assurer la conformité du produit aux attentes des nouveaux clients.

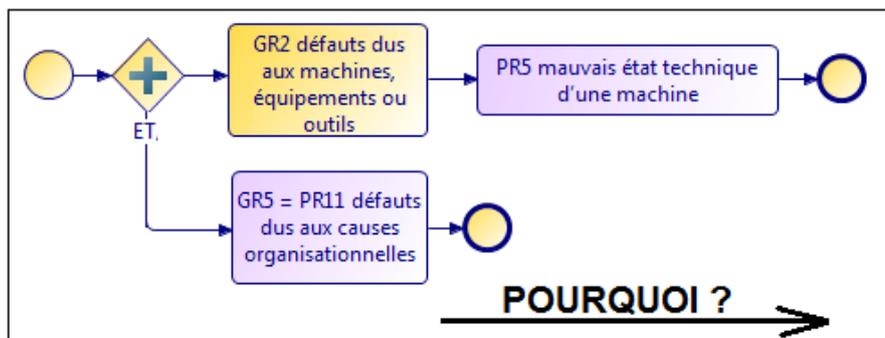
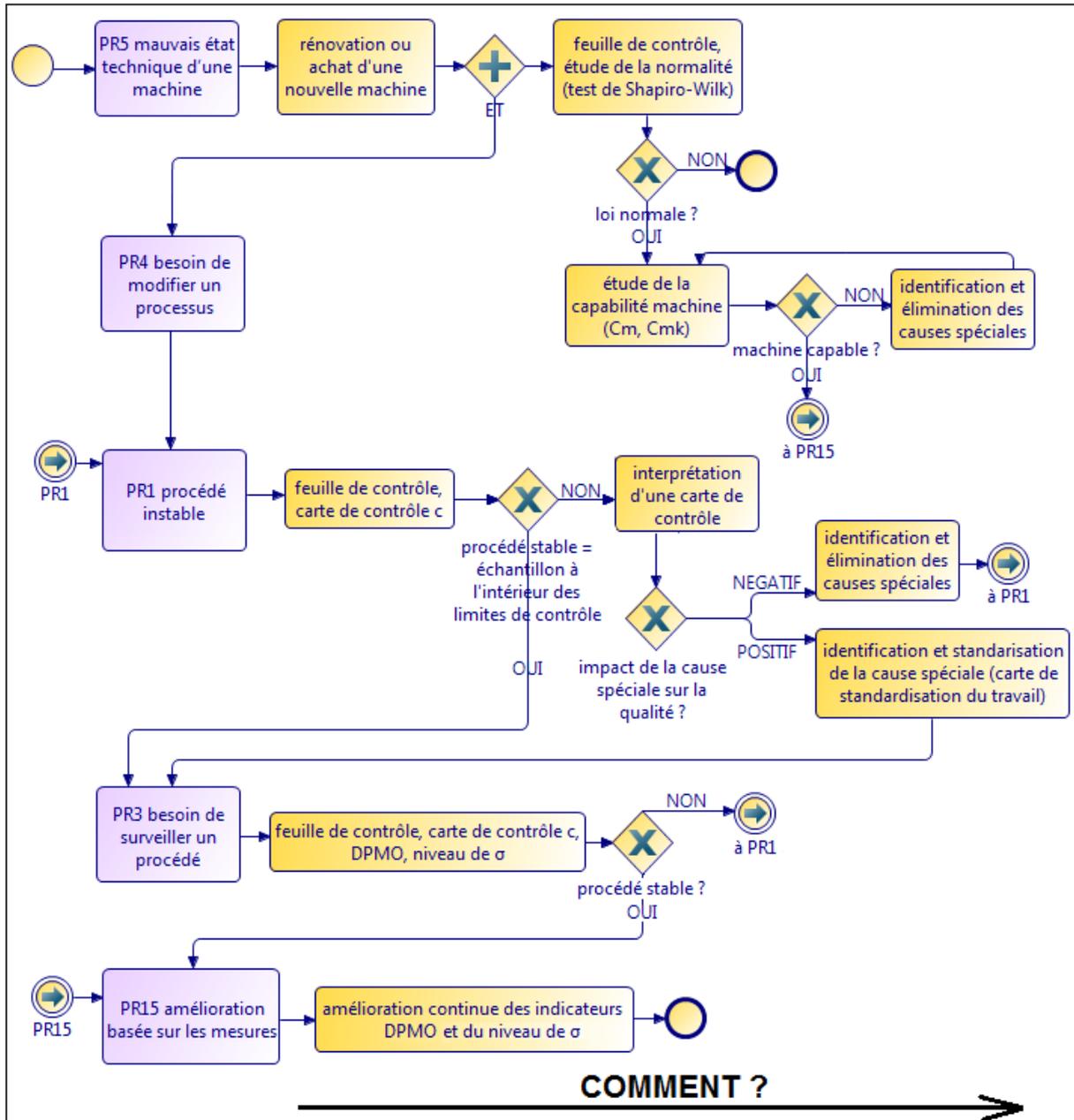


Figure IV - 8. Arbre de problèmes Six Sigma pour la société Raj-Wafel

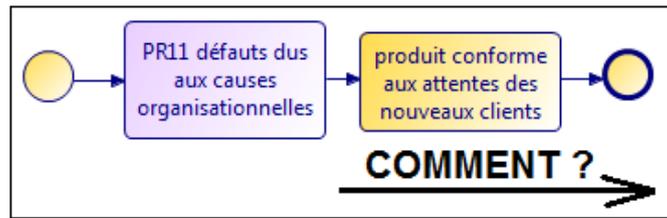
### 5.3.2.2.8. Phase I – Six Sigma

#### Proposer les solutions Six Sigma

Suite au brainstorming, on a élaboré les solutions aux problèmes identifiés (Figure IV - 9). Ceci permettrait d’assurer que la nouvelle machine fonctionne correctement et de commencer l’exportation de rurkas.



a) Solution du problème « mauvais état technique des machines à gaufres »



b) Solution du problème « assurer la conformité du produit aux attentes des nouveaux clients »

**Figure IV - 9. Arbre de décisions Six Sigma pour la société Raj-Wafel**

Les deux solutions proposées ont été acceptées. On a planifié de changer l'équipement à gaufres et de réorganiser l'usine dès que les ressources financières seraient suffisantes. Ensuite, grâce à la coopération durable et fructueuse avec les réseaux polonais E. Leclerc et Auchan, on souhaite établir un contact commercial avec leurs correspondants français. Ainsi l'exportation des rurkas en tant que nouveauté sur le marché français contribuerait à augmenter les ventes. L'offre destinée aux clients français devrait être moins chère par rapport aux prix des pâtisseries similaires de la concurrence française. Les informations concernant la présentation du produit se trouveront dans le catalogue de l'entreprise.

Afin d'assurer les solutions correctes, on a utilisé l'indicateur de la valeur émotionnelle du client pour bien cibler l'offre du produit. On a également prévu d'établir un contact commercial avec la cafétéria Flunch et les pâtisseries françaises. Grâce à l'indicateur de la valeur émotionnelle du client, on a découvert que le rurka pourrait avoir un impact intéressant sur le marché français, si le produit était écologique, sans conservateurs, colorants, parfums, ni excès de sel. Or tous les produits de Raj-Wafel répondaient à ces critères. Donc, on a décidé de le confirmer en obtenant la marque d'agriculture biologique AB et en utilisant ce logo dans le but du marketing.

Dans le cadre de la simulation de solutions, on a mené une analyse AMDEC du produit et on a estimé l'efficacité des changements Six Sigma proposés par rapport aux mesures de la phase M – Six Sigma. Ainsi l'AMDEC du produit a aidé à élaborer un plan alternatif dans le cas d'une faible vente de rurkas traditionnelles en blé. Ce plan consistait à proposer les rurkas diététiques à base d'épeautre. D'autre part, le cycle en V a démontré que l'application de tous les changements ne devrait pas détériorer la qualité des produits ni de la société. De plus, la vérification du plan d'actions a démontré leur conformité avec le CTQ du client et la voix du consommateur. Ceci a permis de valider les solutions proposées.

### ***Mettre en œuvre les solutions Six Sigma***

Après l'achat prévu de la machine à gaufres, la société devrait entreprendre plusieurs actions illustrées sur la Figure IV - 9 afin d'assurer le fonctionnement correct de l'usine. Il faut maintenir l'efficacité de la machine avec les indicateurs  $C_m$  et  $C_{mk}$ . De plus, on doit étudier la stabilité du procédé avec la carte de contrôle  $c$  sur une présérie de gaufres, évaluer le niveau de qualité et poursuivre les améliorations. Si nécessaire, il faut également entreprendre les actions correctives pour rendre la machine efficace, stabiliser le processus de fabrication des gaufres et améliorer constamment leur qualité.

L'installation d'un nouvel équipement devrait s'appuyer sur une réorganisation de l'atelier qui était planifié dans la sous-étape MAICS – Lean. Ensuite, on devrait élargir la vente des rurkas sur le marché français. Dans ce but, la société devrait utiliser ses relations durables avec ses clients polonais qui fonctionnent également sur le marché français : les cafétérias E. Leclerc et Auchan. L'offre devrait répondre aux exigences des clients, ce qui a été confirmé grâce à l'indicateur de la valeur émotionnelle lors de l'étape D – Projet LSS : les rurkas en tant que nouveauté sur le marché français, la marque d'agriculture biologique AB, le catalogue avec une présentation du produit, le prix compétitif par rapport à la concurrence française.

### **5.3.2.2.9. Phase C – Six Sigma**

#### ***Analyser les résultats Six Sigma***

Après obtention du financement et après implémentation des changements prévus, on devrait utiliser les cycles en V par rapport aux phases D – Lean Six Sigma, M – Six Sigma et A – Six Sigma. Ceci permettrait de vérifier si les résultats attendus ont été atteints. Le projet obtiendrait une évaluation positive dans le cas où la société serait capable de réaliser toutes les commandes des clients polonais et de capter de nouveaux clients sans détériorer la qualité de ses produits. Ainsi il serait recommandé d'étudier la qualité des deux familles de produits avec l'indicateur DPMO. De plus, le niveau de qualité de la société devrait être évalué avec le DPMO de l'entreprise et le niveau de sigma qui lui correspond.

#### ***Surveiller les améliorations Six Sigma***

Le suivi de la production a consisté à examiner périodiquement la stabilité et la capacité des processus de fabrication, en utilisant les cartes de contrôle  $c$ , l'indicateur DPMO et le niveau

de sigma du processus. De plus, il fallait assurer l'efficacité de l'équipement, ainsi que viser un DPMO égal 3,4 pour chaque famille de produits et le niveau de qualité de la société proche de 6 sigmas.

### **5.3.2.2. 10. Phase S – Six Sigma**

#### ***Pérenniser les améliorations Six Sigma***

Toutes les solutions Lean Six Sigma ont été peu compliquées et elles ne nécessitaient pas de standardisation. La seule recommandation indiquait de maintenir et d'améliorer la qualité des produits.

### **5.3.2.3. Etape III : C – Projet LSS**

L'avant dernière étape du projet LSS a permis d'évaluer l'efficacité des changements pour la réalisation des objectifs de la démarche.

#### **5.3.2.3.1. Phase C – Lean Six Sigma**

##### ***Analyser les résultats et clôturer le projet LSS***

Le but du projet LSS consistait à augmenter les ventes des produits de la société Raj-Wafel en conservant leur qualité. Par conséquent, l'évaluation de la démarche basée sur le cycle en V devait s'appuyer sur le niveau de vente et de qualité de produits après l'application des changements planifiés :

- La réalisation de toutes les commandes de clients polonais et la croissance de vente de rurkas d'environ 49% et de gaufres d'environ 22% ;
- Le profit de vente de rurkas pour les clients français plus élevé que les frais de transport ;
- La satisfaction des consommateurs en termes de goût, couleur, tendreté et fraîcheur des produits.

Le fait d'accomplir tous ces résultats signifierait la réalisation de l'objectif, la satisfaction de société Raj-Wafel et de ses consommateurs, ainsi que la réussite du projet LSS.

### **5.3.2.4. Etape IV : S – Projet LSS**

Dans la dernière étape du projet LSS, on a indiqué les actions à entreprendre afin de pérenniser les changements favorables et de continuer le développement de la société.

#### **5.3.2.4.1. Phase S – Lean Six Sigma**

##### ***Pérenniser les améliorations LSS***

L'analyse de la société Raj-Wafel a démontré la popularité de ses produits sur le marché polonais. Ils ont été appréciés pour leurs qualités en termes de santé, gout, résistance à l'humidité et esthétique. En particulier, les rurkas avaient le niveau de qualité proche de l'excellence. Ainsi dans le cadre de standardisation, Raj-Wafel devrait maintenir les méthodes actuelles du travail, garder les employés qualifiés et les encourager à l'autonomisation et à l'échange des connaissances lors du cross training sur les cellules similaires. Les efforts du personnel devraient être aussi incités par des primes et la valorisation de la part de la direction.

Toutefois, comme l'a démontré l'analyse Lean et l'analyse Six Sigma, des changements organisationnels importants sont indispensables pour augmenter les capacités de production et le vente. Par conséquent, les plans de développement de l'usine consistaient à obtenir les moyens financiers pour la modernisation et à exécuter toutes les solutions acceptées : un achat de la nouvelle machine à gaufres, son réglage optimal, une réorganisation de l'usine, un export de rurkas en France.

La mise en œuvre de toutes les solutions provenant du projet LSS contribuerait à développer la société, ainsi qu'à améliorer ses performances et la satisfaction de ses consommateurs.

### **5.3.5. Conclusions de la réalisation du projet LSS dans la société Raj-Wafel**

La vérification de la méthodologie proposée dans une petite entreprise polonaise a confirmé son utilité comme pour la société française de la taille moyenne New Bath.

Entre autre, nous avons constaté un grand intérêt pour notre indicateur de valeur émotionnelle du client. En effet, il a formé une base pour élaborer une stratégie de marketing

orientée sur la satisfaction du consommateur. En s'appuyant sur l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS, l'entreprise a choisi une version simplifiée de la démarche d'amélioration, ce qui correspondait à la boîte à outils LSS restreinte. Les résultats des améliorations, basées sur ces outils, ont démontré que le contenu de cette boîte à outils était approprié pour appliquer Lean Six Sigma dans une PME d'une faible maturité pour mener le projet LSS.

Finalement, nous avons constaté l'utilité et l'efficacité de la méthodologie pour améliorer les performances de l'entreprise et développer la société (des actions de marketing, le gain d'un nouveau marché, la sécurité au travail).

Les résultats attendus sont : l'augmentation des capacités de la production en moyenne de 73%, l'augmentation des ventes d'au moins 51% et un gain additionnel de revenus d'environ 69.000 euros par an.

#### **5.4. Conclusions et recommandations provenant de l'application de la méthodologie proposée**

La vérification de la méthodologie proposée a été menée dans deux entreprises de production du secteur des PME. Les résultats des deux applications ont prouvé que la méthodologie est efficace pour utiliser Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises de production qui se différencient par leur domaine d'activité, ressources, besoins, problématique, maturité, culture et localisation (Leseure et al., 2012). Cela signifie que la méthodologie peut être efficacement employée dans les PME de production que ce soit en France ou en Pologne, et donc dans les autres pays. En effet, les recherches effectuées dans les deux entreprises ont prouvé que la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma est correcte.

De plus, le fait de proposer le projet LSS en version simplifiée et avancée est une solution appropriée pour adapter la méthodologie aux PME de maturité différente. Le choix des outils employés correspond aux besoins des entreprises étudiées et répond aux critères de simplicité, de rapidité de résultats, d'économie de temps et de moyens financiers. Par conséquent, nous avons conclu à l'utilité du Lean Six Sigma pour les petites et moyennes entreprises. Nous avons

également constaté que l'application conjointe des méthodes Lean et Six Sigma est plus efficace que leur utilisation séparée.

## **6. Conclusions et perspectives**

## **6.1. Conclusions**

Le développement du secteur des PME joue un rôle important pour la croissance économique des pays, que ce soit en France comme en Pologne. A l'époque actuelle où la crise financière provoque la chute ou l'appauvrissement de nombreuses PME, il est indispensable de renforcer leur position. Il faut développer les PME en leur donnant les outils appropriés et la méthodologie de mise en œuvre de ces outils pour leur permettre d'accroître leur compétitivité et de maîtriser les méthodes modernes de management. Les économies et la satisfaction client obtenues de cette manière se traduisent directement en avantages tangibles tels que l'augmentation du profit, le développement du potentiel du personnel et la préservation des emplois.

Selon l'état de l'art (cf. Chapitre I), la méthode Lean Six Sigma est appropriée pour obtenir ces résultats. En effet, elle permet de diminuer les coûts de production, d'améliorer la qualité et de réduire le délai de la réalisation des commandes, ce que confirment les nombreuses réussites obtenues dans les grands groupes. Toutefois, nous avons identifié une lacune de recherches due au manque d'informations au sujet de l'utilisation du LSS par les petites et moyennes entreprises et même un manque d'information sur les besoins que pourraient avoir les PME envers le LSS. Nous avons donc formulé la thèse que les PME de l'industrie manufacturière, vu leurs spécificités, n'ont pas besoin d'utiliser tous les outils du Lean Six Sigma, et seulement une boîte à outils restreinte, mais que, par contre, il est indispensable de leur fournir un apport méthodologique pour leur permettre d'appliquer correctement, rigoureusement et efficacement ces outils du Lean Six Sigma.

Nous avons étudié les besoins, la problématique et les limites de ces PME (cf. Chapitre II). La possibilité de mener des recherches dans les PME est très limitée à cause de leur faible ouverture à la coopération avec des universités et la difficulté de trouver le nombre suffisant de PME qui utilisent du LSS pour effectuer une analyse statistique des bénéfices et des obstacles de fonctionnement de cette méthode dans les petites et moyennes organisations. Nous avons donc mené une étude pilote. Ceci a confirmé notre thèse et l'utilité du concept Lean Six Sigma pour améliorer et développer les PME de production en Pologne et en France.

Nos études ont également révélé une lacune méthodologique à ce sujet. Par conséquent, il était indispensable d'adapter la méthode Lean Six Sigma à la spécificité de ces PME qui se caractérisent principalement par des ressources limitées de connaissances, de compétences, de temps et de moyens financiers. Ainsi nous avons constaté que la boîte à outils traditionnelle du LSS nécessite une adaptation aux besoins et aux limitations des PME. De plus, nous avons évalué la demande en outils LSS selon la taille et la maturité des PME, ce qui nous a montré la nécessité de créer des variantes de la méthodologie selon la taille et la maturité de l'organisation. En nous basant sur l'ensemble de recherches, nous avons défini les critères pour élaborer la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises. Ces critères respectent le nombre minimal d'outils simples, prenant peu de temps et apportant rapidement les résultats attendus sans grands investissements financiers.

Dans le cadre de nos recherches, nous avons également constaté l'attrait pour les méthodes modernes de management des PME polonaises et françaises spécialisées en production et en service de fabrication. Nous n'avons pas trouvé de différences significatives dans le fonctionnement de ces usines entre ces deux pays. Parmi ces PME, nous avons ciblé les entreprises de production ayant une grande motivation pour améliorer constamment leurs performances, pour se développer et pour augmenter leur compétitivité. Dans le cas de ces entreprises, le facteur de motivation pour implémenter les méthodes modernes de management provenait souvent soit de la société mère, soit de la part d'un client clé – un grand groupe qui emploie ces méthodes et souhaite les étendre sur toute sa chaîne logistique.

Nous avons élaboré une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma pour ces PME, que nous avons appelée LSS Plutus (cf. Chapitre III). Elle est dédiée aux petites et moyennes entreprises de production et elle prend en compte leur spécificité. Nous avons créé deux variantes pour mettre en œuvre notre méthodologie qui correspondent à des besoins, capacités et maturités différents des PME. Nous avons également restreint la boîte à outils du LSS destinée à ces organisations.

La méthodologie proposée comprend les éléments suivants : la roue d'amélioration continue DMAICS, les 8 principes de management de la qualité selon ISO 9004, le TQM, le cycle conceptuel en V et la modélisation des processus métiers avec le standard BPMN. Nous avons également élaboré des indicateurs (l'indicateur de la valeur émotionnelle du client, l'indicateur de maturité des PME pour le projet LSS) et les outils (VSM4, la classification des

problèmes d'entreprise, l'arbre de problèmes Six Sigma, l'arbre de décision Six Sigma). Leur efficacité et leur utilité pour appliquer LSS dans les PME-PMI ont été confirmées lors de leur emploi dans deux entreprises tests. Nous avons décidé de renforcer l'efficacité des améliorations, en déployant les actions de planification, de standardisation et de pérennisation des changements. Dans ce but, nous proposons de modifier les critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. pour qu'elles puissent prendre en compte les conditions de fonctionnement de la méthode Lean Six Sigma dans les PME.

Un autre résultat de notre travail consiste à l'élaboration d'un guide d'application de la méthode LSS pour les PME de production (cf. Annexe II). Il décrit rigoureusement les étapes successives de la démarche présentée sous forme de processus avec BPMN. Nous avons également réalisé une version informatique de LSS Plutus en TIBCO pour guider l'utilisateur dans la mise en œuvre de notre méthodologie. Chaque étape est documentée pour guider les procédures et permettre le choix des outils appropriés dans la boîte à outils Lean Six Sigma.

La méthodologie proposée a été vérifiée (cf. Chapitre IV) dans deux PME de production, se différenciant par la taille, le domaine d'activité, la maturité, la culture, les ressources disponibles, la problématique et la localisation (New Bath Allibert à Troyes en France et Raj-Wafel à Pruszcz Gdański en Pologne). Dans ce but, nous sommes intervenue personnellement dans le projet en tant que consultante LSS. Les résultats obtenus ont confirmé l'**utilité** de LSS Plutus, en termes d'amélioration des performances et de développement des organisations. De plus, LSS Plutus a permis de réaliser les objectifs attendus, ce qui a prouvé son **efficacité**. Nous avons également montré que la méthodologie réalise le postulat de son **adaptabilité** dans les conditions des PME.

Ci-dessous, se trouvent les autres conclusions que l'on peut tirer de ce travail et de l'implémentation de la méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma dans les PME :

- Les conclusions provenant de l'état de l'art, la proposition de la méthodologie d'implémentation du concept LSS dans les PME, ainsi que les cas d'entreprises confirment que l'application du LSS dans les PME est profondément justifiée. Le Lean Six Sigma n'est pas un luxe réservé aux grandes entreprises, mais peut être adapté aux PME de production.

- L'application conjointe de deux méthodes complémentaires – Lean Manufacturing et Six Sigma – permet d'avoir plus d'influence sur les facteurs complexes qui déterminent les performances de l'entreprise : la gestion des flux, la productivité, la vitesse de la réalisation des commandes, la qualité, le prix des produits, ainsi que l'assurance de la satisfaction des clients externes et internes.
- Il est plus efficace et plus efficient d'utiliser la méthode Lean Six Sigma pour améliorer les processus des PME-PMI que d'employer séparément Lean et Six Sigma. En effet, ces méthodes sont complémentaires et elles renforcent mutuellement leur impact.
- Le concept LSS est utile et efficace même dans les petites et moyennes firmes de production qui possèdent la chaîne de la valeur maigre. Ceci a été confirmé par la mise en œuvre de la méthodologie proposée dans les deux PME de production. Dans le premier cas testé (l'entreprise New Bath Allibert à Troyes en France), l'entreprise utilisait déjà Lean. Dans l'autre cas (l'entreprise Raj-Wafel à Pruszcz Gdański en Pologne), la petite organisation a rendu maigre instinctivement ses flux et ses processus. Dans ces deux entreprises, nous avons largement employé les outils du Six Sigma et nous avons utilisé la méthode Lean pour réaliser le DFSS, standardiser les solutions Six Sigma et pérenniser l'ensemble des améliorations. La mise en œuvre du Lean Six Sigma selon notre méthodologie et avec notre participation en tant que consultante LSS, a permis d'obtenir des bénéfices tangibles dans les cas des deux entreprises testées. Ainsi la société New Bath a amélioré la qualité de ses produits de 33% et a augmenté ses ventes de 8%, ce qui correspond environ à 820.000 euros de profit annuel supplémentaire. Chez Raj-Wafel nous n'avons pas pu finaliser actuellement toutes les améliorations préconisées à cause du manque de ressources financières de l'entreprise. Néanmoins la mise en œuvre de l'ensemble des changements devrait apporter à Raj-Wafel une croissance de ses capacités de production de 73% et de ses ventes d'au moins 51%, ce qui correspondrait à une augmentation des revenus de la société d'environ 69.000 euros par an. Les résultats obtenus dans les deux entreprises confirment l'utilité d'application pratique de notre méthodologie dans l'industrie.

- La méthodologie LSS Plutus constitue une réponse aux attentes et besoins du secteur des PME concernant l'amélioration des performances, la compétitivité et le développement de ces firmes. Par conséquent, notre méthodologie contient les facteurs clé d'une réussite durable des PME de production :
  - o L'orientation vers la satisfaction du client en termes de prix, de qualité du produit, de délais, de valeur émotionnelle du client et conformité à ses attentes ;
  - o La planification à long terme, y compris une identification correcte des problèmes, une prise de décisions en s'appuyant sur les mesures et l'analyse, ainsi que l'emploi des outils appropriés aux améliorations attendues ;
  - o La gestion des ressources humaines basée sur la pérennisation et le Lean management.
- Notre méthodologie peut être efficacement employée également dans les PME spécialisées en services de fabrication (ou sous-traitants). En effet, elle est ouverte à l'application dans d'autres domaines et elle peut être modifiée, ce qui prouve son **universalité**. Un autre argument pour l'universalité de la méthodologie proposée est le fait qu'elle vise à satisfaire les clients internes et externes, et pas seulement les consommateurs.
- Le niveau de conscience de la qualité est important pour l'efficacité de l'application du LSS. En effet, le certificat ISO possédé, les livraisons aux clients exigeants et l'appartenance à une corporation motivent et favorisent l'implémentation du LSS dans les petites et moyennes entreprises de la production. L'origine de cette situation est une culture supérieure de la qualité, où souvent on trouve l'orientation client, l'approche processus et la faible résistance aux changements. Ainsi le niveau élevé de la conscience de la qualité facilite la mise en œuvre du Lean Six Sigma d'un niveau avancé.

## **6.2.Perspectives**

Les perspectives de recherches dans ce domaine consistent à approfondir la vérification de la méthodologie proposée et à explorer les autres possibilités de son utilisation.

### Etudier l'utilité de la méthodologie proposée pour les organisations en dehors du domaine de recherche

Les études menées jusqu'à présent ont confirmé l'utilité de notre méthodologie pour améliorer les processus des PME-PMI en Pologne et en France.

Nous supposons que la méthodologie pourrait s'appliquer également aux petites et moyennes entreprises spécialisées en service à la fabrication. Ceci nécessite cependant d'être vérifié. En s'appuyant sur l'analyse bibliographique et les autres études, on ne trouve pas de sollicitation pour les méthodes modernes de management parmi les microentreprises spécialisées en production ou services à la fabrication. Néanmoins, notre méthodologie pourrait s'appliquer dans sa version simplifiée.

Les PME polonaises et françaises de service n'ont pas non plus exprimé d'intérêt particulier pour le LSS. Toutefois, nous suggérons d'observer l'évolution et la maturité de ce secteur afin d'identifier ses besoins en Lean Six Sigma. On peut réaliser des analogies entre les PME de production et de service. Par exemple, le nombre des produits semi-finis défectueux pourrait être remplacé par le nombre d'erreurs dans la comptabilité et le temps de fabrication du produit – par le temps de traitement.

Les étapes de définition, de pérennisation et de développement de l'entreprise, ainsi que les outils et les indicateurs que nous proposons, pourraient être également être utilisés dans les grandes organisations de divers domaines d'activité. Cependant, cette hypothèse doit être vérifiée.

Dans cette thèse, nous avons confirmé les avantages provenant d'application du concept LSS dans les PME en France et en Pologne. Or, l'analyse comparative des conditions de fonctionnement dans ces deux pays n'a pas révélé de différences significatives et notre méthodologie pourrait donc être utilisée dans les autre pays d'Europe. Ainsi nous recommandons

d'étudier la spécificité des PME dans les autres pays de l'Union Européenne et d'évaluer les possibilités et les axes d'adaptation de notre méthodologie.

#### Utiliser la méthodologie pour développer les PME de production

A cause de leurs ressources limitées, les PME nécessitent un support externe pour poursuivre leur développement. Nous estimons que la mise en œuvre du LSS dans le cadre d'une action collective représenterait une solution appropriée pour ces entreprises, notamment pour les plus petites et les moins développées. Ainsi il est recommandé d'établir une coopération via un pôle de compétence, des universités ou des consultants et de bénéficier de financement d'état. Ceci permettrait d'utiliser la méthodologie proposée pour améliorer les performances, la compétitivité et le développement des PME en France et en Pologne.

#### Elaborer l'autre support méthodologique pour les PME

Afin de poursuivre l'aide aux PME de production, on pourrait diffuser le guide pratique d'implémentation du LSS que nous avons rédigé (cf. Annexe II). Il serait accompagné par un CD-ROM qui contiendrait une version électronique de la méthodologie en Tibco Business Studio.

Pour pérenniser efficacement les changements, nous proposons une modification du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. qui prend en considération les conditions spécifiques de fonctionnement de la méthode Lean Six Sigma dans le milieu des PME-PMI. Ainsi l'organisation pourrait effectuer une autoévaluation plus juste de sa position par rapport à ses objectifs et mieux concentrer ses efforts sur ses points faibles.

Nous supposons que l'application du concept LSS avec la méthodologie proposée permettrait de préparer les petites et moyennes entreprises de la production à la certification ISO. En effet, la méthodologie proposée s'appuie sur les 8 principes de management de la qualité, en apportant ainsi l'orientation client, l'approche processus ou la culture qualité. Cette hypothèse pourrait ouvrir une nouvelle perspective des recherches futures.

Notre travail contribue à combler les lacunes en recherche et en méthodologie pour les PME-PMI polonaises et française, ainsi que l'application du concept Lean Six Sigma. La méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du LSS dans les PME-PMI que nous proposons, constitue donc une réponse à notre objectif initial : « **Comment introduire et utiliser avec efficacité les éléments du concept moderne de gestion de production – Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises du secteur de la production ?** ».

Les recherches dans ce domaine sont loin d'être terminées, mais les résultats de notre travail contribuent à améliorer, avec efficacité et efficience, les processus de ces entreprises, pour les aider à atteindre leurs objectifs et à augmenter leur compétitivité.



## **7. Glossaire**

5S	Seiri,Seiton,Seiso,Seiketsu, Shitsuke
6σ	Six Sigma
ALP	Améliorer La Performance
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
ANOVA	Analysis Of Variance
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Modeling & Notation
$C_m, C_{mk}$	Indicateurs de capabilité court terme des machines
$C_p, C_{pk}$	Indicateurs de capabilité court terme du procédé
CTQ	Critical-To-Quality
DCOV	Define – Characterise – Optimize – Verify
DFSS	Design For Six Sigma
DMADV	Define – Measure – Analyze – Design – Verify
DMAIC	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
DMAICS	Define – Measure – Analyze – Improve – Control – Standardize
DMEDI	Define – Measure – Explore – Develop – Implement
DOE	Design of Experiments
DPMO	Defects Per Million Opportunities
E.F.Q.M.	European Foundation for Quality Management
FIFO	First-In-First-Out
GMP	Good Manufacturing Practices
GR	Groupe de problèmes
ID	Interrelationship Digraph
ISO	International Organization for Standardization
JAT	Juste-à-temps
LSS	Lean Six Sigma
LSS Plutus	Lean Six Sigma Plutus
MAICS	Measure – Analyze – Improve – Control – Standardize
MCC	Modèle Conceptuel de Communication
MRP II	Manufacturing Resource Planning
MSA	Measurement Systems Analysis
NVA	Non-Valeur Ajoutée
PDCA	Plan – Do – Check – Act
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PME-PMI	Petites et Moyennes Industries
$P_p, P_{pk}$	Indicateurs de performance long terme du procédé
PPJ	Production au Plus Juste
PPM	Parts Per Million
PR	Problème
Projet LSS	Projet Lean Six Sigma
QFD	Quality Function Deployment

R&D	Recherche et Développement
R&R	Répétabilité et Reproductibilité
RTF	Ratio de Tension des Flux
$\sigma$	Sigma
SIPOC	Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
TRS	Taux de Rendement Synthétique
VA	Valeur Ajoutée
VOC	Voice of the Customer
VSM	Value Stream Mapping
VSM4	Value Stream Mapping 4
WIP	Work-In-Process



## **8. Références bibliographiques**

- [1]. Abrunhosa A., Moura E Sá P., Are TQM principles supporting innovation in the Portuguese footwear industry? , *Technovation*, vol. 28, n° 4, 2008, p. 210-211.
- [2]. Abt S., Woźniak H., *Podstawy logistyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1993, p. 208.
- [3]. Alhuraishh I., *Evaluation des pratiques Qualité et Management de la Qualité (Lean, Six sigma...)* tenant compte de l'environnement de la structure de l'entreprise, thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, en cours.
- [4]. Allen D.K., Laure P., *Exploiting Lean Six-Sigma Quality Tools to Improve Test and Other Processes*, Anaheim 18-21/9/2006, IEEE Conference Publication, 2006, p. 509–514.
- [5]. ANFOR, <http://www.anfor.org>, 2012.
- [6]. Antony J., Escamilla J. L., Caine P., *Lean Sigma [production and supply chain management]*, *Manufacturing Engineer*, vol. 82, n° 2, 2003, p. 40-42.
- [7]. Antosz K., *Ocena efektywności funkcjonowania maszyn w wybranych przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego stosujących narzędzia Lean Management*, travail de recherches, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, 2011.
- [8]. Arnheiter E. D., Maleyeff J., *Research and concepts: The integration of lean management and Six Sigma*, *The TQM Magazine*, n° 1, 2005, p. 5-18.
- [9]. Badowska S., *Pomorski klaster rolno-spożywczy. Stan i perspektywy rozwoju, dans Doskonalenie produktu i przedsiębiorstwa na tle problemów towaroznawczych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot, 2010, p. 109-119.
- [10]. Bagiński J., *Zarządzanie Jakością*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2004, p. 385.
- [11]. Ballé M., *Lean attitude - Lean applications often fail to deliver the expected benefits but could the missing link for successful implementations be attitude?*, *Manufacturing Engineer*, vol. 84, n° 2, 2005, p. 14-19.
- [12]. Banaśkiewicz Z., *Rola samodzielnych zespołów w procesie poprawy wyników linii produkcyjnej*, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3-4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 74-75.
- [13]. Bicheno J., *Cause and Effect of JIT: A Pocket Guide*, PICSIE Books, Buckingham, 1989.
- [14]. Bicheno J., *Cause and Effect. Lean Operations, Six Sigma and Supply Chain Essentials, Production and Inventory Control, System and Industrial Engineering Books*, Buckingham, 2000a.
- [15]. Bicheno J., *The Lean Toolbox*, PICSIE Books, Buckingham, 2000b.
- [16]. Bicheno J., *The new Lean Toolbox*, PICSIE Books, Buckingham, 1999.
- [17]. Bicheno J., *The Quality 75. Towards Six Sigma Performance in Service and Manufacturing*, PICSIE Books, Buckingham, 2002.
- [18]. Blaik P., *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania przedsiębiorstwem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1996, p. 153, 174- 177.
- [19]. Blondel F., *Gestion de la production. Comprendre les logiques de gestion industrielle pour agir*, DUNOD, Paris, 1997.
- [20]. Blondel F., *Gestion industrielle. Aide – mémoire de l'ingénieur*, DUNOD, Paris, 2000, p. 480.
- [21]. BPMN, <http://www.bpmn.org/>, 2012.
- [22]. Brandenburg H., Wojtyna J.-P., *L'approche processus : Mode d'emploi*, Editions d'Organisation, 2011, p. 19-44, 116-117.
- [23]. Breyfogle F. W., *Implementing Six Sigma – Smarter Solutions Using Statistical Methods*, Wiley, 1999.

- [24]. Capraro M., Baglin G., L'entreprise étendue et le développement des fournisseurs, PUL, Lyon, 2002, p. 167-182.
- [25]. Castelain E., De Bison Futé à la conduite d'atelier – Indicateurs de performances et modèles macroscopiques, JESA, Hermès, vol. 38, n° 3-4, p. 419-441, 2004.
- [26]. Chowdhury S., Vous avez dit Six Sigma ?! Comprendre la méthode Six Sigma pour améliorer la qualité et augmenter les profits, Dunod, Paris, 2004.
- [27]. Christopher M., Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży. Jak obniżyć koszty i poprawić jakość obsługi, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków, 1998, p. 181-182, 235-236.
- [28]. Cléménçon F., Evolution du management de la qualité, dans l'industrie pharmaceutique : un outil concurrentiel, le Lean Six Sigma, thèse de doctorat, Université de Limoges, Limoges, 2008.
- [29]. Club « L'Aube de l'Excellence Industrielle », <http://www.troyes.cci.fr/pratique/associations-et-clubs/fiches-associations/l-aube-de-l-excellence-industrielle-article6376.html>, 2012.
- [30]. Corbett L. M., Lean Six Sigma: the contribution to business excellence, International Journal of Lean Six Sigma, vol. 2, n° 2, 2011, p. 118-131.
- [31]. Czarski A., Wykorzystanie metod statystycznych w nadzorowaniu i doskonaleniu procesów w metalurgii, odlewnictwie i przeróbce plastycznej, mémoire de master ingénieur, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków, 2010.
- [32]. Czekaj J., Metody organizacji i zarządzania we współczesnych organizacjach, travail de recherches, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków, 2010.
- [33]. Czerska J., Analiza big picture – mapa systemu. Jak uzyskać informacje o procesie i możliwościach jego doskonalenia, dans Zawadzka L., Inżynieria systemów produkcji, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2002a, p. 164-171.
- [34]. Czerska J., Koncepcja Lean Management w podnoszeniu efektywności ekonomicznej produkcji, mémoire de thèse, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2002b.
- [35]. Czerska J., Koncepcja Lean wyzwaniem dla polskich przedsiębiorstw, Stankiewicz J., Nowoczesne zarządzanie przedsiębiorstwem, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 2002c, p. 85-92.
- [36]. Czerska J., Zarządzanie wiedzą pracowników opeacyjnych w aspekcie wdrażania zmian zgodnie z koncepcją Lean Manufacturing, dans Cieśliński W., Przedsiębiorstwa jako świątynie wiedzy, Prace naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości, Wałbrzych, 2002d, p. 45-53.
- [37]. Czerska J., Zastosowanie koncepcji Lean we współczesnym przedsiębiorstwie, dans Zawadzka L., Ilościowe i jakościowe aspekty zarządzania, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2001, p. 112-121.
- [38]. Daly J., Papadopoulos A., The Impact of Employee Attitude on Project Achievement in an IT/IS SME: A case study, International Conference on Small and Medium Sized Enterprises: Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats, 30-31/08/2004, Lefkada, Greece, 2004, p. 56-63.
- [39]. De Toni A., Tonchia S., Lean organization, management by process and performance measurement, International Journal of Operations & Production Management, vol. 16, n° 2, 1996, p. 221-236.
- [40]. DipoJap, <http://dicojapcom.free.fr/index.php?NomPage=Pages/pageKA.php>, 2012.
- [41]. Dobrzyński M., Logistyka, Dział Wydawnictw i Poligrafii Politechniki Białostockiej, Białystok, 1999.
- [42]. Domańska A., Od ISO 9000 do Sześć Sigma ?, Problemy Jakości, n° 6, 2005, p. 14-18.

- [43]. Drumond H., W pogoni za jakością. Total Quality Management, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa, 1998, p. 113-124.
- [44]. Duret D., Pillet M., Qualité en production: De l'ISO 9000 à Six Sigma, Edition d'Organisation, 2005, p. 367-369.
- [45]. Eckes G., General Electric's Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process Into Profits, Wiley, 2000.
- [46]. Eckes G., Making last: managing cultural and technical change, John Wiley and Sons, New York, 2001.
- [47]. EFQM, <http://www.efqm.org>, 2012.
- [48]. Elzinga D. J., Horak T., Chung-Lee L., Bruner C., Business process management: survey and methodology, IEEE Transactions on Engineering Management, n° 2, 1995, p. 119-128.
- [49]. Emiliani B., The Keys to Sustaining Lean Management, The Center For Lean Business Management, Wethersfield, 2008.
- [50]. Fijałkowski M., Toyota przyspiesza ofensywę w USA i Europie, Zarządzanie na świecie, n° 1, 2004, p. 6.
- [51]. Forsberg K., Mooz H., Cotterman H., Visualizing Project Management: A Model for Business and Technical Success, John Wiley and Sons, New York, 2005, p. 108-116, 242-248, 341-360.
- [52]. Franczuk B. P., Doświadczenia Stanley Fastening Systems Poland we wdrażaniu koncepcji Lean Manufacturing na przykładzie metody SMED, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3–4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 47.
- [53]. Gallais M., Instrumentation de gestion, cognition et apprentissage en PME, thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Nancy, 2009.
- [54]. Garcia-Porres J., Ortiz-Posadas M. R., Pimentel-Aguilar A. B., Lean Six Sigma applied to a process innovation in a Mexican health institute's imaging department, Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS 2008, 30th Annual International Conference of the IEEE, 2008, p. 5125-5128.
- [55]. George M. L., Kastle B., Rowlands D., Qu'est-ce que le Lean Six Sigma?, Maxima, Paris, 2006.
- [56]. George M. L., Lean Six Sigma For Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions, Mc-Graw Hill, 2003.
- [57]. George M. L., Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed, The McGraw-Hill Companies, 2002.
- [58]. George M. L., Maxey J., Rowlands D., Upton M., The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 70 Tools for Improving Quality and Speed, Mc-Graw Hill, 2004.
- [59]. Gerard K., Optimisation automatique des incidences des faisceaux par l'algorithme du simplexe et optimisation des contrôles qualité par la Maîtrise Statistique des Processus (MSP) en Radiothérapie Conformationnelle par Modulation d'Intensité (RCMI), thèse de doctorat, INPL, Nancy, 2008.
- [60]. Gierszewska G., Romanowska M., Analiza strategiczna przedsiębiorstwa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2003.
- [61]. Goldratt E. M., Cox J., Cel, Werbel, Warszawa, 2000, p. 177-187.
- [62]. Goldratt E. M., Łańcuch krytyczny, Werbel, Warszawa, 2000, p. 74-233.
- [63]. Gowen C. R., Tallon W. J., Effect of technological intensity on the relationships among Six Sigma design, electronic-business, and competitive advantage: A dynamic capabilities model study, The Journal of High Technology Management Research, n° 1, 2005, p. 59-87.
- [64]. Grant E. L., Leavenworth R. S., Statistical Quality Control, McGraw-Hill, 2000.

- [65]. Gremyr I., Fouquet J.-B., Design for Six Sigma and lean product development, *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 3, n°1, 2012, p. 45-58.
- [66]. Grudowski P., Dębski W., Identyfikacja postaw pracowników jako kluczowy element wdrażania systemu jakości w małym przedsiębiorstwie. Studium przypadku, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P., *Współczesne nurty w Inżynierii Jakości*, Dział Wydawnictw Akademii Morskiej w Gdyni, Gdańsk, 2005, p. 201-206.
- [67]. Grudowski P., Grupowe wdrażanie elementów koncepcji Six Sigma w małych i średnich przedsiębiorstwach regionu pomorskiego, *travail de recherches*, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2011.
- [68]. Grudowski P., Podejście procesowe w systemach zarządzania jakością w małych i średnich przedsiębiorstwach, *Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej*, Gdańsk, 2007, p. 33.
- [69]. Hall E. T., Hall M. R., *Comprendre les Japonais*, Édition du Seuil, 1994.
- [70]. Hallam C., Muesel J., Falnner W., Analysis of the Toyota Production System and the genesis of Six Sigma programs: An imperative for understanding failures in technology management culture transformation in traditional manufacturing companies, *Technology Management for Global Economic Growth PICMET, 20110 Proceedings of PICMET '10*, 2010, p. 1-11.
- [71]. Haouzi H., *Approche méthodologique pour l'intégration des systèmes contrôlés par le produit dans un environnement de juste-à-temps : Application à l'entreprise Trane*, thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Nancy, 2008.
- [72]. Harmol A., Mantura W., *Zarządzanie jakością – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań, 1998, p. 205-206.
- [73]. Harrington H. J., Esseling E. C., Van Nimwegen H., *Business process improvement – documentation, analysis, design and management*, New York, McGraw-Hill, 1997.
- [74]. Harry M., Schroeder R., *Sześć Sigma, wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2001, s. 174.
- [75]. Hines P., Taylor D., *Going Lean*, Lean Enterprise Research Centre, Cardiff, 2000.
- [76]. Ho Y., Chang O., Wang W.: An empirical study of key success factors for Six Sigma Green Belt projects at an Asian MRO company, *Journal of Air Transport Management*, vol. 14, 2008, p. 263-269.
- [77]. Horbaczewski D., Filozoficzne źródła współczesnego pojmowania jakości, *Problemy Jakości*, n° 10, 2009, p. 9-12.
- [78]. Horbal R., Koch T., *Systemy informatyczne w szczupłych łańcuchach tworzenia wartości*, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3–4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 115.
- [79]. Huber Z., *Analiza FMEA procesu*, Internetowe Wydawnictwo Złote Myśli, Gliwice, 2006, p. 11.
- [80]. Imai M., *Gemba Kaizen, A commonsense Low-Cost Approach to Management*, McGraw-Hill, 1997.
- [81]. Institut Lean France, <http://www.institut-lean-france.fr>, 2012.
- [82]. ISO, <http://www.iso.org>, 2012.
- [83]. Jansen R., Hertlein M., *Kurs 2000. Logistyka lat dziewięćdziesiątych – wymogi i rozwiązania*, *Problemy Magazynowania i Transportu*, édition spéciale, 1992, p. 13.
- [84]. Jednoróg A., Olejnik M., Sierżuchła Z., Torczewski K., *Wykorzystanie metod i narzędzi statystycznych w polskich przedsiębiorstwach*, *Problemy Jakości*, n°6, 2005, p. 36-40.
- [85]. Karaszewski R., *Hoshin kanri, metoda kreowania polityki jakości*, *Problemy Jakości*, n° 3, 2006a, p. 8-10.
- [86]. Karaszewski R., *Lean Six Sigma*, *Problemy Jakości*, n° 8, 2006b, p. 4-9.

- [87]. Karaszewski R., Tylko dla liderów Sześć Sigma, *Problemy Jakości*, n°6, 2001, p. 9-11.
- [88]. Karaszewski R., Wykorzystanie TQM i Six Sigma przez największe korporacje świata, *Problemy Jakości*, n° 10, 2004, p. 14-16.
- [89]. Kawecka-Endler A., Warunki pracy – determinantą jakości i efektywności procesów produkcyjnych, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P., *Inżynieria jakości*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2007, p. 227-231.
- [90]. Kaźmierczak M., Sześć Sigma – niezbędne elementy doskonalenia procesów i budowy przewagi rynku, *Problemy Jakości*, n°7, 2002, p. 30-34.
- [91]. Kitzmann H., The Measurement of Success in Small and Medium-sized Enterprises, *International Conference on Small and Medium Sized Enterprises: Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats*, 30-31/08/2004, Lefkada, Greece, 2004, p. 98-104.
- [92]. Koch T., Lean Manufacturing czyli jak wdrażać konkurencyjność, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3–4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 9 – 10.
- [93]. Koch T., Projektowanie systemów demontażu i przetwarzania z zastosowaniem koncepcji Szczupłego Wytwarzania (Lean Manufacturing), *travail de recherches*, Politechnika Wroclawska, Wrocław, en cours.
- [94]. Koch T., Torczewski K., Sześć Sigma – nowe spojrzenie na doskonalenie jakości, *Problemy Jakości*, n° 4, 2003, p. 31-33.
- [95]. Kot S., Podejście Lean sposobem ograniczania kosztów logistycznych, „Kompleksowe zarządzanie logistyczne – Total Logistic Management”, V Międzynarodowa Konferencja Naukowa Ustroń, 10–13/10/2001, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2001, p. 165.
- [96]. Kroker B., Koncepcja Lean Management w łańcuchach dostaw w polskich spółdzielniach mleczarskich, *mémoire de thèse*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 2012.
- [97]. Kroker B., Zastosowanie koncepcji Lean Thinking w łańcuchach dostaw w sektorze spółdzielni mleczarskich w Polsce, *travail de recherches*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 2006.
- [98]. Kunio S, TPM for supervisors, Productivity Press, Portland, 1992.
- [99]. Kwak Y. H., Anbari F. T., Benefits, obstacles, and future of six sigma approach, *Technovation*, vol. 26, n° 5, 2006, p. 708-715.
- [100]. L’art de garder la « Lean », *Le Journal de la Haute-Marne*, 24/09/2008, p. 7.
- [101]. Le portail de l’industrie, [http://www.industrie.gouv.fr/portail/pratique/plan\\_qualite\\_performance\\_2010.html](http://www.industrie.gouv.fr/portail/pratique/plan_qualite_performance_2010.html), 2010.
- [102]. Lean Enterprise Institute Polska, <http://lean.org.pl/>, 2012.
- [103]. Lean Management by ECAM Lyon, <http://www.ecam.fr/lean/-La-recherche-autour-du-Lean-.html>, 2012.
- [104]. Leseure E., Bigand M., Castelain E., Contribution de la modélisation d’entreprise pour améliorer les performances des PME manufacturières avec la méthode Lean Six Sigma, 15e Journées STP du GdR MACS, 17-18/11/2011, Tarbes, 2011.
- [105]. Leseure E., Grudowski P., Bigand M., Castelain E., Adapting Lean Six Sigma methodology to improve SMEs performance: the French experiences, *Journal of Management and Finance*, vol. 10, n° 3, 2012.
- [106]. Leseure E., Grudowski P., Bigand M., Castelain E., Model integracji koncepcji Lean Management i Six Sigma w sektorze MŚP, dans *Doskonalenie produktu i przedsiębiorstwa na tle problemów towaroznawczych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot, 2010, p. 121-130.

- [107]. Leseure E., Grudowski P., Uwarunkowania wdrażania Lean Six Sigma w MŚP sektora produkcyjnego, dans Grudowski P., Dobrzyński M., Preihs J., Waszczur P. Inżynieria Jakości w przedsiębiorstwach produkcyjnych, usługowych i sektorze publicznym, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2009, p. 276-281.
- [108]. Leseure-Zajkowska E., Grudowski P., Wprowadzanie koncepcji Lean Management w sektorze MŚP na podstawie doświadczeń francuskich, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P. Inżynieria Jakości. Teoria, praktyka, dydaktyka, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2007, p. 216-220.
- [109]. Leseure-Zajkowska E., Koncepcja doskonalenia Systemu Zapewnienia Jakości w firmie Mostostal Gdańsk S.A., mémoire d'ingénieur, Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2002.
- [110]. Leseure-Zajkowska E., Synchronizacja przepływów materiałowych na przykładzie wydziału montażu w firmie Eaton Truck Components S.A., mémoire de master ingénieur, Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2004a.
- [111]. Leseure-Zajkowska E., Wdrażanie wymagań specyfikacji technicznej ISO/TS 16949 w firmie Eaton Truck Components S.A., mémoire de master ingénieur, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2004b.
- [112]. Levallet A., Le lean et l'industrie pharmaceutique : les outils de gestion de production sont-ils applicables à l'industrie pharmaceutique ?, thèse de doctorat, Université de Caen, Caen, 2012.
- [113]. Liker J. K. Becoming lean, Free Press, New York, 1996.
- [114]. Liker J. K., The Toyota way – 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York, 2004.
- [115]. Linderman K., Schroeder R. G., Zaheer S., Choo A. S., Six Sigma: a goal-theoretic perspective, Journal of Operations Management, n° 2, 2003, p. 193-203.
- [116]. Lyonnet B., Amélioration de la performance industrielle : vers un système de production Lean adapté aux entreprises du pôle de compétitivité Arve Industries Haute-Savoie Mont-Blanc, thèse de doctorat, Ecole Polytechnique de l'Université de Savoie, Chambéry, 2010.
- [117]. Mader D.M., Design for Six Sigma, Quality Progress, n° 6, 2002, p. 82–86.
- [118]. Masaaki I., Gemba kaizen: a common sense, low cost approach to management, McGraw-Hill, NY, 1997.
- [119]. Matuszak L., Maleszka A., Różne systemy identyfikacji zagrożeń w łańcuchu żywnościowym, dans Jakość i bezpieczeństwo produktu oraz ochrona środowiska w sektorze rolno-spożywcym, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot, 2010, p. 91-103.
- [120]. Mazur A., Gołaś H., Zarządzanie jakością w małym przedsiębiorstwie produkcyjnym, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P., Współczesne nurty w Inżynierii Jakości, Dział Wydawnictw Akademii Morskiej w Gdyni, Gdańsk, 2005, p. 179-186.
- [121]. Meherzi A., Lean manufacturing et application à l'industrie pharmaceutique, thèse de doctorat, Université François Rabelais, Tours, 2009.
- [122]. Melton T., The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, Chemical Engineering Research and Design, vol. 83, n° 6, 2005, p. 662-673.
- [123]. Montgomery D. C., Introduction to Statistical Quality Control, Wiley, USA, 2005.
- [124]. Muhlemann A. P., Oakland J. S., Lockyer K. G., Zarządzanie. Produkcja i usługi, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1995.
- [125]. Nauka Polska, <http://nauka-polska.pl>, 2012.
- [126]. Oakland J. S., Statistical Process Control, Elsevier, 2008.
- [127]. Ohno T., L'esprit Toyota, Masson, Paris, 1989.

- [128]. Ohno T., Setsuo M., *Just-In-Time for Today and Tomorrow*, Productivity Press, Portland, 1988.
- [129]. Ohno T., *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Portland, 1988.
- [130]. Olivier F., *L'approche Lean : méthodes et outils appliqués aux ateliers de production pharmaceutique*, thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 2009.
- [131]. Ostrowski B., Konkurencyjność polskich firm lotniczych w warunkach globalizacji przemysłu lotniczego, *Przegląd Organizacji*, n°5, 2002, p. 22.
- [132]. Ostrowski B., *Zastosowanie koncepcji lean management w procesie restrukturyzacji przedsiębiorstwa*, mémoire de thèse, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 2004.
- [133]. Pajor Ł., Model Doskonałości EFQM 2010, *Problemy Jakości*, n° 2, 2011, p. 2-6.
- [134]. Pande P. S., Neuman R., Cavanagh R. R., *The way. How GE, Motorola and other top companies are honing their performance*, McGraw-Hill, New York, 2000.
- [135]. Panizzolo R., Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management, *International Journal of Production Economics*, vol. 55, n° 3, 1998, p. 223-240.
- [136]. Parandowski J., *Mitologia. Wierzenia i podania Greków i Rzymian*, Czytelnik, Warszawa, 1990, p. 161.
- [137]. Pardi T., *La révolution qui n'a pas eu lieu : les constructeurs japonais en Europe (1970-2010)*, thèse de doctorat, École des hautes études en sciences sociales, Paris, 2011.
- [138]. Parysiewicz W., *Metodologia doskonalenia procesu - Metoda 6 sigma - jako narzędzie doskonalące systemy zarządzania*, travail de recherches, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2005.
- [139]. Pérez M. P., Sánchez A. M., Lean production and supplier relations: a survey of practices in the Aragonese automotive industry, *Technovation*, vol. 20, n° 12, 2000, p. 665-676.
- [140]. Pillet M., *Six Sigma. Comment l'appliquer*, Éditions d'Organisation, Paris, 2008.
- [141]. Piński A., Trębski K., Koń japoński. Uczeń Toyota przerósł trzech wielkich nauczycieli z Detroit, *Wprost*, n° 10, 2004, p. 50 – 54, 70 – 78, 171 – 172.
- [142]. PN-EN ISO 9004:2010, Polski Komitet Normalizacyjny, 2010.
- [143]. Poznańska K., Factors of Innovations Increase of Small and Mediums Firms in Poland, *International Conference on Small and Medium Sized Enterprises: Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats*, 30-31/08/2004, Lefkada, Greece, 2004, p. 79-90.
- [144]. Quillerou-Grivot E., *Fonction psychologique et sociale du collectif pour la santé au travail : le cas de l'activité d'opérateurs de montage automobile*, thèse de doctorat, CNAM, Paris, 2011.
- [145]. Real R., Pralus M., Pillet M., Guizzi L., A study of supporting programs for small and medium enterprises: a first stage going to "Lean", *IEEE International Conference on 2-4 December 2007, Industrial Engineering and Engineering Management*, 2007, p. 515-519.
- [146]. Rogala P., Model Doskonałości EFQM – wersja 2010, *Problemy Jakości*, n° 2, 2010, p. 4-6.
- [147]. Rosa K., Rola motywacji w zarządzaniu jakością w średnich przedsiębiorstwach, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P., *Współczesne nurty w Inżynierii Jakości*, Dział Wydawnictw Akademii Morskiej w Gdyni, Gdańsk, 2005, p. 193-200.
- [148]. Rother M., Shook J., *Learning to see. Value stream mapping to create value and eliminate muda*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, Massachusetts, 1999.
- [149]. Salah S., Rahim A., Carretero J. A., The integration of Six Sigma and lean management, *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 1, n° 3, 2010, p. 249–274.

- [150]. Sarjusz – Wolski Z., Skowronek Cz., Logistyka. Poradnik praktyczny, Centrum Informacji Menadzera, Warszawa, 1995, p. 27 – 259.
- [151]. Scharry P. B., Skjøtt – Larsen T., Kompendium wiedzy o logistyce, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002a.
- [152]. Scharry P. B., Skjøtt – Larsen T., Zarządzanie globalnym łańcuchem podaży, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002b.
- [153]. Schroeder R. G., Linderman K., Liedtke C., Choo A. S., Six Sigma: Definition and underlying theory, Journal of Operations Management, vol. 26, n° 4, 2008, p. 536-554.
- [154]. Schulze P., Metodyka wdrażania lean production w małych i średnich przedsiębiorstwach budowy maszyn, mémoire de thèse, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2002.
- [155]. Sekine K., Kanban. Gestion de production à stock zéro, Édition Hommes et Techniques, Boulogne – Billancourt, 1983, p. 60 – 67.
- [156]. Shingo Sh., Le système POKA-YOKE, zéro défaut = zéro contrôle, Édition d'Organisation, Paris, 1987.
- [157]. Shingo Sh., Maîtrise de la production et méthode Kanban. Le cas Toyota, Édition d'Organisation, Paris, 1983.
- [158]. Sielicka E., Korzyści ze zdrowego rozsądku, Dziennik Bałtycki, n° 261, 2001, p. 6.
- [159]. Skowronek Cz., Sarjusz – Wolski Z., Logistyka w przedsiębiorstwie, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1995, p. 257 – 259.
- [160]. Smith K., Six Sigma at Ford Revisited, Quality Digest, n°6, 2003.
- [161]. Snee R. D., Lean Six Sigma – getting better all the time, International Journal of Lean Six Sigma, vol. 1, n° 1, 2010, p. 9-29.
- [162]. Sobczyk T., Wspomaganie podejmowania decyzji o zmianach w systemie wytwarzania zorientowanych na Lean Manufacturing z wykorzystaniem metod analizy kosztów, mémoire de thèse, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2006.
- [163]. Szanda M., Opracowanie zasad sterowania procesami metodą sześć sigma dla wybranych procesów odlewniczych, travail de recherches, Instytut Odlewnictwa, Kraków, 2011.
- [164]. Szkolnicki M., Wontor S., Program wdrażania TPM w Sauer – Danfoss Sp. z o.o. we Wrocławiu, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3–4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 122.
- [165]. Szymańska-Bralkowska M., Wykorzystanie narzędzi Lean w doskonaleniu działalności środowiskowej przedsiębiorstwa, travail de recherches, Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2011.
- [166]. Tarczyńska A. S., Białkowska M., Walidacja procesu technologicznego, jako narzędzie doskonalenia Zintegrowanego Systemu Zarządzania, Doskonalenie produktu i przedsiębiorstwa na tle problemów towaroznawczych, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot, 2010, p. 207-214.
- [167]. The Productivity Press Development Team, 5S for Operators, Productivity Press, Portland, Oregon, 1998a.
- [168]. The Productivity Press Development Team, Cellular Manufacturing. One-Piece Flow for Workteams, Productivity Press, New York, 1999.
- [169]. The Productivity Press Development Team, Just In Time for Operators, Productivity Press, Portland, Oregon, 1998b.
- [170]. The Productivity Press Development Team, Kanban for the Shopfloor, Portland, Oregon, 2002a.
- [171]. The Productivity Press Development Team, Standard Work for the Shopfloor, Productivity Press, New York, 2002b.
- [172]. TIBCO, <http://www.tibco.com>, 2012.

- [173]. Touzet I., LEAN MANAGEMENT et SIX SIGMA ou comment concilier amélioration de la qualité et performance industrielle : application des méthodes SMED et AMDEC au conditionnement pharmaceutique, thèse de doctorat, Université de Rouen, Rouen, 2006.
- [174]. Trzebiatowski W., Wdrażanie wybranych elementów szczupłej produkcji w średnim przedsiębiorstwie produkcyjnym, mémoire de master ingénieur, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2011.
- [175]. Twaróg J., Tworzenie struktury procesowej, Problemy Jakości, n° 11, 2002, p. 19.
- [176]. Tybulczuk J., Wykorzystanie metodologii "sześć sigma" w działalności Instytutu poprzez nowe podejście do kultury organizacyjnej oraz zasad formułowania projektów, definiowania celów i ocenę jakości przy pomocy wskaźników DPO i DPMO, mémoire de master ingénieur, Instytut Odlewnictwa, Kraków, 2006.
- [177]. Urbaniak M., Narzędzia doskonalenia operacyjnego wykorzystywane przez przedsiębiorstwa działające na polskim rynku, dans Grudowski P., Dobrzyński M., Preihs J., Waszczur P., Inżynieria jakości w przedsiębiorstwach produkcyjnych, usługowych i sektorze publicznym, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2009, p. 243-246.
- [178]. Walczak A., Identyfikacja źródeł marnotrawstwa w małym przedsiębiorstwie na przykładzie procesu produkcji paneli okrętowych, mémoire d'ingénieur, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2012.
- [179]. Walentynowicz P., Metodyka wdrażania Lean Management w polskich przedsiębiorstwach - finalizacja badań, travail de recherches, Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2010.
- [180]. Wasik W., Jak nauczyć się ciągłego doskonalenia – studium przypadku, II Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław 3–4/6/2002, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2002, p. 83–88.
- [181]. Wawak S., Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka, Helion, Gliwice, 2006.
- [182]. WHO, <http://www.who.int/bloodproducts/gmp/en/>, 2012.
- [183]. Wikipedia, <http://fr.wikipedia.org/wiki/OECD>, 2012a.
- [184]. Wikipedia, [http://pl.wikipedia.org/wiki/Klasyfikacja\\_dziedzin\\_i\\_dyscyplin\\_naukowych\\_w\\_Polsce](http://pl.wikipedia.org/wiki/Klasyfikacja_dziedzin_i_dyscyplin_naukowych_w_Polsce), 2012b.
- [185]. Wikipedia, [http://pl.wikipedia.org/wiki/Systematyka\\_nauk\\_wed%C5%82ug\\_OECD](http://pl.wikipedia.org/wiki/Systematyka_nauk_wed%C5%82ug_OECD), 2012c.
- [186]. Wiśniewska M., House of Quality jako narzędzie planowania i rozwoju stanowiska pracy, Problemy Jakości, n° 6, 2006, p. 20-26.
- [187]. Wodecka-Hyjek A., Walczak M., Wykorzystanie technik poka-yoke przy wdrażaniu metody Six Sigma, Problemy Jakości, n° 1, 2006, p. 13-17.
- [188]. Wolniak R., Modele ciągłego doskonalenia w Sześć Sigma, Problemy Jakości, n° 5, 2005, p. 15-20.
- [189]. Womack J. P., Jones D. T., Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon and Schuster, London, 1996.
- [190]. Zymonik J., Możliwości doskonalenia zarządzania jakością w małych organizacjach, dans Grudowski P., Preihs J., Waszczur P., Współczesne nurty w Inżynierii Jakości, Dział Wydawnictw Akademii Morskiej w Gdyni, Gdańsk, 2005, p. 165-172.

## **9. Annexe I**

## RESULTATS DE L'ETUDE PILOTE DANS LES PME POLONAISES ET FRANÇAISE DANS LE CONTEXTE DU LSS

Tableau 9 - 1. Besoins et attentes de l'application des éléments du LSS

	PME au total	Localisation		Taille			Domaine d'activité			Certificat de la qualité		Éléments du LSS	
		Pologne	France	micro	petite	moyenne	production	service de fabrication	service	ISO	manque d'ISO	éléments du LSS	manque du LSS
Répondre aux exigences des clients – des grands groupes	83%	44%	39%	0%	33%	50%	33%	33%	17%	75%	14%	40%	23%
Répondre aux exigences de la société mère	67%	56%	61%	0%	17%	50%	33%	33%	0%	25%	21%	60%	8%
Réduire les coûts	67%	67%	67%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	78%	100%	77%
Améliorer la compétitivité	61%	56%	67%	0%	100%	83%	67%	67%	50%	100%	100%	100%	46%
Améliorer la qualité des produits ou des services	50%	44%	56%	0%	50%	100%	50%	67%	33%	100%	36%	100%	31%
Améliorer la gestion de l'entreprise	44%	44%	44%	0%	67%	67%	67%	50%	17%	75%	36%	80%	31%
Augmenter la productivité	44%	56%	33%	17%	67%	50%	83%	50%	0%	75%	36%	100%	23%
Volonté d'utiliser les méthodes employées par des grands groupes	33%	22%	44%	0%	33%	67%	50%	33%	17%	100%	14%	80%	15%
Réduire les stocks	33%	33%	33%	0%	33%	67%	50%	50%	0%	75%	21%	80%	15%
Sollicitation du Lean Production	33%	33%	33%	0%	50%	50%	50%	50%	0%	75%	21%	100%	8%
Réduire le temps de la réalisation de commande	28%	33%	22%	0%	17%	67%	33%	50%	0%	50%	21%	80%	8%
Obtenir les fonds pour le développement	28%	11%	44%	0%	50%	33%	50%	33%	0%	50%	21%	40%	23%
Coopération en pôle de compétitivité	22%	11%	33%	0%	33%	33%	33%	33%	0%	50%	14%	40%	15%

**Tableau 9 - 2. Barrières à l'implémentation des éléments du LSS**

	PME au total	Localisation		Taille			Domaine d'activité			Certificat de la qualité		Eléments du LSS	
		Pologne	France	micro	petite	moyenne	production	service de fabrication	service	ISO	manque d'ISO	éléments du LSS	manque du LSS
Ressources financières insuffisantes	94%	89%	100%	100%	100%	83%	100%	100%	83%	100%	92%	100%	92%
Coûts élevés de formation et du consulting	94%	100%	89%	100%	100%	83%	83%	100%	100%	75%	100%	80%	100%
Faible motivation du personnel	78%	78%	78%	100%	67%	67%	50%	83%	100%	25%	92%	40%	92%
Résistance aux changements	67%	67%	67%	100%	67%	33%	67%	50%	83%	25%	78%	0%	92%
Manque de connaissances des outils LSS	61%	67%	56%	100%	50%	33%	50%	50%	83%	0%	78%	0%	84%
Manque de temps pour les améliorations	39%	44%	33%	50%	50%	17%	33%	50%	33%	25%	43%	60%	31%

**Tableau 9 - 3. Résultats de l'application des éléments du LSS**

	PME au total	Localisation		Taille			Domaine d'activité			Certificat de la qualité	
		Pologne	France	micro	petite	moyenne	production	service de fabrication	service	ISO	manque d'ISO
Application des outils peu compliqués	100%	100%	100%	–	100%	100%	100%	100%	–	50%	100%
Application des outils prenant peu du temps	100%	100%	100%	–	100%	100%	100%	100%	–	0%	100%
Difficultés à pérenniser les changements	100%	100%	100%	–	100%	100%	100%	100%	–	50%	100%
Manque d'actions correctives	100%	100%	100%	–	100%	100%	100%	100%	–	50%	100%
Manque de contrôle basé sur les mesures et l'analyse	100%	100%	100%	–	100%	100%	100%	100%	–	50%	67%
Application erronée des outils du Lean ou du Six Sigma	80%	67%	100%	–	100%	67%	67%	100%	–	0%	100%
Amélioration de la qualité des biens ou des services	60%	67%	50%	–	50%	67%	67%	50%	–	100%	67%
Processus critiques du point de vue du client sous contrôle statistique	60%	67%	50%	–	0%	100%	67%	50%	–	100%	33%
Flux maigres	60%	67%	50%	–	100%	33%	67%	50%	–	50%	33%
Amélioration de la satisfaction client	40%	33%	50%	–	50%	33%	67%	0%	–	100%	33%
Réduction des stocks	40%	33%	50%	–	0%	100%	33%	50%	–	100%	33%
Amélioration de l'engagement du personnel	40%	33%	50%	–	50%	33%	33%	50%	–	100%	33%



## **10. Annexe II**

## **GUIDE METHODOLOGIQUE DE LSS PLUTUS A L'USAGE DES PME DE PRODUCTION**

Nous allons maintenant décrire de manière détaillée les étapes à suivre pour réaliser notre proposition de projet d'amélioration continue des PME basé sur la méthodologie Lean Six Sigma. Le projet LSS est disponible également sur un CD-ROM qui contient une version en logiciel TIBCO Business Studio pour une utilisation pratique.

### **1. Etape I « D – Projet LSS » – Définir le but du projet LSS**

La réalisation du projet LSS commence par l'étape D – Projet LSS qui doit permettre principalement d'établir l'objectif de la démarche. Le but du projet doit viser à satisfaire les attentes du client du projet, en respectant à la fois la voix du consommateur, ainsi que les besoins, les capacités et l'environnement de l'entreprise. Par la suite, cet objectif forme une base pour effectuer les actions d'amélioration avec la méthode Lean Six Sigma.

Dans le Tableau 10 - 1, nous avons présenté une description détaillée des processus qui composent l'étape « Define ». Le tableau contient l'explication du rôle du cycle en V lors de l'exécution de certaines opérations. Sont indiqués également les méthodes, les techniques, les outils et les indicateurs du domaine du LSS, de la gestion des processus, ainsi que nos propres indicateurs qui ont été employés dans l'étape D – Projet LSS. De plus, pour chaque processus, nous avons regroupé les outils appropriés selon leur appartenance à la Zone 1 (pour les entreprises qui réalisent un projet du niveau élémentaire) et à la Zone 2 (pour les organisations qui possèdent une plus grande maturité pour le projet LSS). On trouvera, par la suite, des tableaux similaires décrivant les autres étapes de la démarche.

Tableau 10 - 1. Caractéristique de l'étape D – Projet LSS

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Phase D – Lean Six Sigma 	<b>I – 1. Constituer un groupe de travail pour réaliser le projet LSS</b>	–	–	–	–
	<b>I – 1.1. Identifier la culture de l'entreprise</b>	–	–	–	–
	<b>I – 1.2. Choisir les membres du groupe LSS</b>	–	–	–	–
	<b>I – 1.3. Définir les règles de fonctionnement du groupe LSS</b>	–	Zone 1 : Lean Management Zone 2 : zone 1 <sup>15</sup>	Zone 1 : gestion des ressources humaines Zone 2 : zone 1	–
	<b>I – 1.4. Expliquer les bases de la philosophie LSS</b>	–	Zone 1 : Lean Thinking, niveau de sigma du processus Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>I – 2. Définir le but du projet LSS</b>	–	–	–	–
	<b>I – 2.1. Effectuer un modèle général de l'entreprise</b>	–	–	–	–
	I – 2.1.1. Elaborer un modèle conceptuel de communication MCC	–	–	–	–
	I – 2.1.2. Représenter l'entreprise en forme d'un macro-processus	–	–	–	–
	I – 2.1.3. Elaborer une cartographie générale des processus	–	Zone 1 : SIPOC Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>I – 2.2. Définir CTQ du client</b>	–	–	–	–
	I – 2.2.1. Définir les attentes et les limites de l'entreprise	–	–	–	–
	I – 2.2.2. Définir l'environnement de l'entreprise	–	–	–	–

<sup>15</sup>Zone 1 – Boîte à outils d'un projet LSS de niveau élémentaire. Zone 2 – Boîte à outils d'un projet LSS de niveau avancé. « Zone 2 : zone 1 » - Boîte à outils d'un projet LSS de niveau avancé contient les outils de la zone 1.

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	I – 2.2.2.1. Identifier les exigences juridiques et du secteur d'activité	–	–	–	–
	I – 2.2.2.2. Définir la coopération et les contrats	–	–	–	–
	I – 2.2.2.3. Se comparer avec la concurrence	–	Zone 1 : benchmarking externe Zone 2 : zone 1	–	–
	I – 2.2.2.4. Identifier les exigences du client du projet et CTQ du consommateur avec évaluation de leur satisfaction	–	Zone 1 : VOC, diagramme CTQ Zone 2 : zone 1, QFD	Zone 1 : taux de retour client, indicateur de clients fidèles, volume de vente Zone 2 : zone 1	Zone 1 : indicateur de la valeur émotionnelle du client Zone 2 : zone 1
	I – 2.2.3. Autoévaluer l'entreprise	–	–	–	–
	I – 2.2.3.1. Evaluer la maturité de fonctionnement de l'entreprise	–	–	–	–
	I – 2.2.3.2. Evaluer la maturité de l'entreprise pour réaliser le projet LSS	–	–	–	Zone 1 : indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS Zone 2 : zone 1
	I – 2.2.4. Choisir CTQ du client	–	–	–	–
	<b>I – 2.3. Fixer le but du projet : DMAIC ou DFSS</b>	–	–	–	–
	<b>I – 2.4. Vérifier la conformité du but du projet avec le CTQ du consommateur</b>	cycle en V interne pour vérifier la justesse du choix du but du projet au sein de l'étape D – Projet LSS	–	–	–



Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<b>I – 2.5. Corriger éventuellement le CTQ du client</b>	–	–	–	–
	<b>I – 2.6. Valider le but du projet et commencer le projet LSS</b>	cycle en V interne pour valider le but du projet au sein de l'étape D – Projet LSS 	–	–	–
	<b>I – 3. Obtenir l'implication de la direction</b>	–	–	–	–

### 1.1. Phase D – Lean Six Sigma

Au sein de la phase D – Lean Six Sigma, on doit principalement définir le but approprié du projet LSS (I – 2), mais également assurer une préparation organisationnelle de la démarche, ce qui nécessite la constitution d'un groupe de travail pour réaliser les améliorations (I – 1) et obtenir le soutien et l'implication de la direction (I – 3).

Le premier processus de la démarche est *I – 1. Constituer un groupe de travail pour réaliser le projet LSS*. Ceci vise à engager durablement les membres du groupe et à leur accorder une responsabilité en matière de Lean Six Sigma. Le rôle essentiel du « groupe LSS » consiste à exécuter les plans d'action délégués par la direction et qui concernent la transformation Lean Six Sigma dans l'organisation (I – 3).

Dans un premier temps, il faut identifier la culture existante de l'entreprise par rapport (I – 1.1) :

- à la connaissance de la méthode Lean Six Sigma, de l'orientation client et des normes ISO,
- à la conscience de la qualité,
- à la résistance au changement et à la peur de réduction d'emplois,
- au rôle du personnel dans l'amélioration continue,

- aux échanges de connaissances avec l'équipe et avec l'ensemble de l'entreprise,
- à la facilité et la rapidité de communication,
- au système de motivation,
- au type de la structure organisationnelle,
- aux conditions de travail,
- au besoin d'autoréalisation du personnel.

La maturité de la culture d'organisation joue un rôle important pour fixer l'élan du projet LSS. En effet, dans une société de faible maturité culturelle, il faut commencer par l'application des outils basiques du Lean Six Sigma et plutôt se focaliser sur les démarches qui aident à créer l'engagement du personnel, à vaincre leur résistance au changement et à les familiariser avec l'orientation client, la réduction du gaspillage et le concept « zéro défauts ».

Le pas suivant du projet consiste à choisir les membres du groupe LSS (I – 1.2), en respectant la règle de créer un groupe multidisciplinaire (Huber, 2006). Ses participants doivent donc se spécialiser en domaines différents afin d'assurer un échange de connaissances riche et d'avoir un regard sur les problèmes traités dans le contexte de l'usine entière et non seulement d'un département. Par conséquent, la coopération des membres du groupe multidisciplinaire peut apporter des améliorations plus efficaces et plus efficientes. On recommande particulièrement la participation des représentants des services suivants : Production, Qualité, Maintenance, Bureau d'études, Logistique et Service client. En nommant les membres du groupe LSS, il faut éviter le choix des supérieurs parce que leur présence pourrait intimider les autres participants et freiner une communication ouverte. De plus, il est pertinent d'impliquer également les opérateurs dans le cadre des améliorations effectuées sur leurs postes de travail. Le groupe LSS doit être dirigé par un leader – un coordinateur qui est responsable du projet devant la direction. A cause de la structure simplifiée des PME et de la plus grande facilité de communication par rapport aux grands groupes industriels, il n'est pas nécessaire dans les plus petites usines d'organiser le système des « belts » typique de la méthode Six Sigma.

Quand le groupe LSS est établi, il faut ensuite définir ses règles de fonctionnement (I – 1.3). En ce qui concerne la gestion de groupe, c'est à son leader qu'appartient la responsabilité de diriger, coordonner et surveiller le travail d'équipe, de libérer le potentiel humain, de gérer les conflits et de partager les connaissances du domaine du Lean Six Sigma. Les réunions du groupe LSS doivent se dérouler régulièrement et avec la participation de son

leader, en conduisant à des échanges libres dans une ambiance de respect mutuel. Les réunions doivent se terminer par un compte-rendu et par l'attribution des responsabilités des tâches à réaliser. La clôture du projet doit être accompagnée par les félicitations et la célébration des améliorations apportées.

Ensuite, il faut familiariser les employés avec l'orientation client, les bases du Lean Thinking, la notion de gaspillage, le niveau de sigma du processus et le concept « zéro défauts » (I – 1.4). Ceci est indispensable pour impliquer le personnel et commencer à vaincre sa peur des changements. Il faut en particulier insister sur le fait que la méthode Lean n'est pas synonyme de réduction d'emploi.

Par la suite, avec la participation du groupe LSS, on peut établir le processus fondamental de la phase « Define », soit le processus *I – 2. Définir le but du projet LSS*.

Cette action doit commencer par un modèle général de l'entreprise (I – 2.1) afin de rappeler à tous et d'esquisser les informations générales concernant la société. Ainsi l'organisation peut être représentée sous la forme d'un modèle conceptuel de communication MCC (I – 2.1.1) qui est ensuite élargi au macro-processus (I – 2.1.2) afin de décrire l'entreprise en forme d'une cartographie générale de processus qui comprend les relations avec son environnement (I – 2.1.3).

Le lancement du projet LSS est une réponse à l'apparition de nouvelles attentes du client du projet. Par conséquent, il est indispensable de définir ses exigences critiques, soit le CTQ du client du projet (I – 2.2). Dans un premier temps, il faut donc identifier les attentes et les limites de l'entreprise en tant qu'objectifs, mission, vision, stratégie de la société ou Hoshin Kanri (Karaszewski, 2006a) (I – 2.2.1). Par la suite, l'environnement de l'entreprise doit être analysé (I – 2.2.2), y compris les exigences juridiques et du secteur d'activité (I – 2.2.2.1), la coopération et les contrats avec les fournisseurs, les clients, les partenaires de business, les universités et autres (I – 2.2.2.2), la comparaison avec la concurrence (I – 2.2.2.3), ainsi que l'identification des exigences du client du projet et de la voix du consommateur avec l'évaluation de leur satisfaction (I – 2.2.2.4). Lors de l'étude du CTQ du client et du CTQ du consommateur, on peut se servir des outils du domaine de Six Sigma tels que VOC, le diagramme CTQ, QFD et de l'indicateur de la valeur émotionnelle du client que nous avons défini. Le taux de retour client, l'indicateur de clients fidèles ou le volume de vente peuvent servir pour évaluer la satisfaction du client et du consommateur.

Suite à l'analyse approfondie de l'environnement de l'organisation, on peut procéder à une auto-évaluation de l'entreprise (I – 2.2.3) selon deux axes. Le premier consiste à évaluer la maturité de fonctionnement de la société (I – 2.2.3.1), en désignant les processus clés que l'on identifie comme les plus immatures, transversaux, moteurs et stratégiques. Le second est une estimation de sa maturité pour réaliser le projet LSS (I – 2.2.3.2), où nous recommandons d'employer notre proposition de « l'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS ».

Désormais, en prenant en compte les conditions externes et internes de fonctionnement de la société, on peut effectuer le choix optimal du CTQ du client (I – 2.2.4).

La réalisation du processus I – 2.2 provient de l'identification du CTQ du client et du CTQ du consommateur qui forment une base pour fixer le but du projet (I – 2.3) : DMAIC pour améliorer les produits existants et le fonctionnement de l'entreprise, ou bien DFSS pour concevoir un nouveau produit ou processus.

Ensuite les actions planifiées sont vérifiées avec le cycle interne en V au sein de l'étape D – Projet LSS (I – 2.4). Ainsi on examine la conformité du but de la démarche à la voix du consommateur parce que le volume de vente et les revenus de l'entreprise dépendent fortement de sa satisfaction. Dans le cas d'une évaluation défavorable, une correction du CTQ du client (I – 2.5) est indispensable afin qu'il respecte les exigences du consommateur. Un exemple de situation où le CTQ du client interfère avec le CTQ du consommateur est le cas, où une grande chaîne de supermarchés, étant le client du projet, attend une baisse de prix des produits alimentaires. La réalisation de cette condition signifie des économies sur les composants au détriment de la qualité, du goût et des valeurs nutritionnelles du produit. Par conséquent, ce changement pourrait décourager les consommateurs à acheter d'où une baisse des demandes client. Dans cette situation, il faudrait obtenir un compromis entre le CTQ du client et la voix du consommateur. Par contre, si l'objectif du projet a été accepté, on peut valider le but de la démarche selon le cycle en V et ouvrir le projet LSS (I – 2.6).

Après avoir constitué le groupe LSS et défini le but du projet, on peut entamer le pas suivant de la démarche qui est une des bases de la réussite du projet LSS. Ceci consiste à obtenir l'implication de la direction à mener la transformation Lean Six Sigma (I – 3) en termes de :

- plan stratégique orienté sur la satisfaction client, la réduction du gaspillage et le concept « zéro défauts »,
- structure organisationnelle adaptée à la stratégie de la société

- la réorganisation de l’usine qui permet de mettre en œuvre le flux continu
  - le plan de réimplantation des machines dans l’ordre du flux du produit fabriqué, y compris les cellules de production en U,
  - l’organisation des postes du travail en cellules avec le flux en pièce-à-pièce ou par petits lots,
  - la fabrication en cellules qui optimise l’équilibrage des charges de travail entre les employés et qui est orientée sur le produit et non sur la productivité,
- l’assurance de conditions de travail conformes aux règles d’ergonomie et de sécurité, ainsi que l’équilibrage des charges sur les postes de travail,
- l’utilisation du concept « zéro défauts », en concevant les processus et en organisant les postes du travail afin d’éviter l’apparition des défauts,
- culture d’entreprise favorable à l’atteinte des objectifs, au développement du potentiel humain selon le concept Lean Six Sigma et création d’une organisation capable d’auto-apprentissage et d’auto-amélioration
  - la relation « supérieurs – employés » basée sur le respect et la confiance mutuels,
  - le leadership orienté sur le soutien et l’encouragement du personnel à améliorer l’organisation du travail et le bien ou le service,
  - la formation (sur le Lean Thinking, le concept des six sigmas, l’orientation client et la prévention, ainsi que sur l’emploi pratique des outils Lean Six Sigma) dans le but :
    - d’acquérir des connaissances,
    - de surmonter la résistance au changement,
    - de faire comprendre aux employés le rôle qu’ils jouent dans la transformation Lean (les spécialistes de ces processus),
    - de stimuler leur créativité,
  - la transformation continue des connaissances tacites en connaissances explicites grâce
    - à l’autonomisation du travail, à la délégation des pouvoirs, au travail en équipe, à la polyvalence,
    - au partage des connaissances avec l’équipe et au travers de l’organisation,

- au système de motivation, aux félicitations et au maintien de l'engagement,
- l'engagement durable de tous les employés envers l'amélioration continue, y compris la direction, par
  - le développement de la culture d'organisation basée sur l'amélioration continue, la délégation des pouvoirs, la coopération, la félicitation et la motivation,
  - l'intérêt et l'implication visibles de la direction pour l'amélioration continue,
  - la création du groupe Kaizen et du système de suggestions du personnel,
  - la communication aux employés des résultats de la mise en œuvre des idées du personnel, ainsi que la diffusion des performances d'organisation dans l'entreprise, en utilisant les techniques du Visual Management (le manque d'information est considéré comme manque de progrès),
  - les récompenses pour les améliorations réalisées suite au travail du groupe Kaizen et des suggestions du personnel.

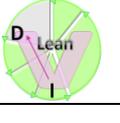
## 2. Etape II « MAI – Projet LSS » – Mener des actions d’amélioration avec LSS

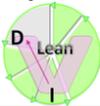
En se basant sur le but du projet défini dans D – Projet LSS et sur les facteurs clé de réussite de la démarche du point de vue du client du projet et du consommateur, on peut commencer la partie pratique de la réalisation du projet. Ceci consiste à exécuter des actions d’amélioration avec Lean Six Sigma lors des sous-étapes MAICS – Lean et MAICS – 6S, ce qui est présenté sur le Tableau 10 - 2.

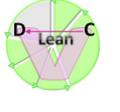
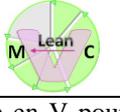
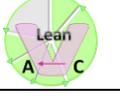
**Tableau 10 - 2. Caractéristique de l’étape MAI – Projet LSS**

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Sous-étape MAICS – Lean 	<i>II Lean – 1. Effectuer les mesures Lean</i>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 1.1. Effectuer les mesures Lean pour DMAIC</b>	–	–	–	–
Phase M – Lean 	II Lean – 1.1.1. Présenter l’état actuel du processus de production dans le temps et dans l’espace	–	Zone 1 : schéma du processus de production, diagramme Spaghetti Zone 2 : zone 1	–	–
	II Lean – 1.1.2. Collecter et ranger des données	–	Zone 1 : surface du magasin, rotation des stocks, takt time, temps de cycle, TRS, diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	Zone 1 : temps de travail effectif Zone 2 : zone 1	–
	II Lean – 1.1.3. Modéliser les processus et les flux	–	Zone 1 : lead time, VA, NVA Zone 2 : zone 1	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	Zone 1 : VSM4 de l’état actuel, Zone 2 : zone 1
	<b>II Lean – 1.2. Effectuer les mesures Lean pour DFSS</b>	–	–	–	–

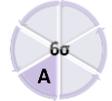
Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	II Lean – 1.2.1. Elaborer un projet d'un nouveau produit et d'un processus avec une éventuelle réorganisation de la production	–	–	–	–
	II Lean – 1.2.2. Prévenir les conséquences des défauts lors de la conception	–	Zone 1 : AMDEC du processus, AMDEC du produit, brainstorming, diagramme de Pareto, 5 why Zone 2 : zone 1, diagramme d'Ishikawa	–	–
	II Lean – 1.2.3. Corriger éventuellement le projet DFSS	–	Zone 1 : AMDEC du processus, AMDEC du produit Zone 2 : zone 1	–	–
	II Lean – 1.2.4. Remodéliser les processus et les flux	–	Zone 1 : lead time, VA, NVA Zone 2 : zone 1	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	Zone 1 : VSM4 planifié Zone 2 : zone 1
Sous-étape MAICS – Lean  Phase A – Lean 	<b>II Lean – 2. Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean</b>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 2.1. Analyser la valeur ajoutée</b>	–	Zone 1 : lead time, VA, NVA Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 2.2. Analyser le gaspillage</b>	–	Zone 1 : schéma du processus de production, diagramme Spaghetti, surface du magasin, rotation des stocks, NVA, TRS Zone 2 : zone 1	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	–
	<b>II Lean – 2.3. Identifier les goulots d'étranglement</b>	–	Zone 1 : takt time, temps de cycle, diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 3. Désigner les processus d'entreprise à améliorer</b>	–	–	–	–

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Sous-étape MAICS – Lean  Phase I – Lean 	<b>II Lean – 4. Proposer les solutions Lean</b>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 4.1. Rechercher des solutions et choisir les outils Lean</b>	–	Zone 1 : brainstorming Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 4.2. Assurer les améliorations Lean correctes</b>	–	Zone 1 : – Zone 2 : AMDEC du projet	–	–
	<b>II Lean – 4.3. Effectuer une simulation des solutions Lean</b>	cycle en V pour la phase I – Lean pour vérifier l'efficacité des changements Lean proposés par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Lean et valider les améliorations Lean  	Zone 1 : schéma du processus de production, diagramme Spaghetti, surface du magasin, rotation des stocks, takt time, temps de cycle, lead time, VA, NVA, 5S, flux continu (équilibrage de ligne, cellules en U, one-piece-flow), TPM, TRS, SMED, système tiré (système Kanban – carte Kanban, supermarché, file d'attente FIFO; Heijunka; JAT), Poka-Yoke, contrôle visuel, diagramme de Gantt, AMDEC du processus Zone 2 : zone 1, entonnoir de variété de la production	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	Zone 1 : VSM4 proposé Zone 2 : zone 1
	<b>II Lean – 4.4. Vérifier la conformité des solutions Lean avec CTQ du client</b>	cycle en V pour la phase I – Lean pour vérifier les solutions Lean par rapport aux CTQ du client défini dans l'étape D – Projet LSS  	–	–	–

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<b>II Lean – 4.5. Corriger éventuellement le plan d'action Lean</b>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 4.6. Vérifier la conformité des solutions Lean avec CTQ du consommateur</b>	cycle en V pour la phase I – Lean pour vérifier les solutions Lean par rapport aux CTQ du consommateur défini dans l'étape D – Projet LSS 	–	–	–
	<b>II Lean – 5. Mettre en œuvre les solutions Lean</b>	–	Zone 1 : 5S, flux continu (équilibrage de ligne, cellules en U, one-piece-flow), TPM, SMED, système tiré (système Kanban – carte Kanban, supermarché, file d'attente FIFO; Heijunka; JAT), tournée du laitier, Poka-Yoke, contrôle visuel, feuille de contrôle, $P_p$ , $P_{pk}$ Zone 2 : zone 1	–	–

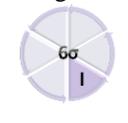
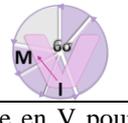
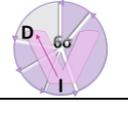
Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Sous-étape MAICS – Lean  Phase C – Lean 	<b>II Lean – 6. Analyser les résultats Lean</b>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 6.1. Evaluer les résultats Lean par rapport au D-Projet LSS</b>	cycle en V pour la phase C – Lean pour vérifier les résultats Lean par rapport aux paramètres critiques du projet définis dans l'étape D – Projet LSS (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur)	–	–	–
	II Lean – 6.1.1. Comparer les résultats Lean avec le but du projet		–	–	–
	II Lean – 6.1.2. Vérifier la conformité des résultats Lean avec CTQ du client		–	–	–
	II Lean – 6.1.3. Vérifier la conformité des résultats Lean avec CTQ du consommateur		–	–	–
	<b>II Lean – 6.2. Comparer les résultats avec M-Lean</b>	cycle en V pour la phase C – Lean pour vérifier l'efficacité des changements Lean par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Lean	 Zone 1 : schéma du processus de production, diagramme Spaghetti, surface du magasin, rotation des stocks, takt time, temps de cycle, lead time, VA, NVA, TRS, diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	Zone 1 : VSM4 après les changements Zone 2 : zone 1
	<b>II Lean – 6.3. Comparer les résultats avec A-Lean</b>	cycle en V pour la phase C – Lean pour vérifier l'efficacité des changements Lean par rapport aux résultats d'analyse effectuée dans la phase A – Lean	 Zone 1 : schéma du processus de production, diagramme Spaghetti, surface du magasin, rotation des stocks, takt time, temps de cycle, lead time, VA, NVA, TRS, diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	Zone 1 : RTF Zone 2 : zone 1	–

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<i>II Lean – 7. Surveiller les améliorations Lean</i>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 7.1. Contrôler automatiquement le volume de la production, si nécessaire</b>	–	Zone 1 : carte Kanban Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 7.2. Contrôler automatiquement le volume des stocks, si nécessaire</b>	–	Zone 1 : supermarché, file d'attente FIFO Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 7.3. Prévenir des défauts, si nécessaire</b>	–	Zone 1 : 5S, Poka-Yoke, contrôle visuel Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II Lean – 7.4. Assurer l'efficacité des machines et des équipements</b>	–	Zone 1 : TPM Zone 2 : zone 1	–	–
Sous-étape MAICS – Lean	<i>II Lean – 8. Simplifier les améliorations Lean</i>	–	–	–	–
	<b>II Lean – 8.1. Standardiser le travail</b>	–	Zone 1 : 5S, contrôle visuel, standardisation du travail (takt time, séquence de travail standard, carte de standardisation du travail, WIP standard) Zone 2 : zone 1	–	–
Phase S – Lean	<b>II Lean – 8.2. Assurer la sécurité et l'organisation du lieu du travail</b>	–	Zone 1 : 5S, contrôle visuel Zone 2 : zone 1	–	–
	<i>II Lean – 9. Continuer les améliorations Lean par le groupe Kaizen</i>	–	Zone 1 : Kaizen Zone 2 : zone 1	–	–

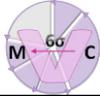
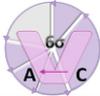
Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Sous-étape MAICS – Six Sigma  Phase M – Six Sigma 	<b>II 6S – 1. Identifier le problème avec la traduction du CTQ du client en défaut</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 2. Effectuer les mesures 6S</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 2.1. Assurer la précision du système de mesure</b>	–	Zone 1 : – Zone 2 : R&R	–	–
	<b>II 6S – 2.2. Présenter l'état actuel</b>	–	–	–	–
	II 6S – 2.2.1. Rassembler et ranger les données sur les défauts	–	Zone 1 : feuille de contrôle Zone 2 : zone 1	–	–
	II 6S – 2.2.2. Evaluer le niveau de qualité de l'entreprise	–	Zone 1 : PPM, DPMO, niveau de sigma d'entreprise Zone 2 : zone 1	–	–
	II 6S – 2.2.3. Evaluer le niveau de qualité des familles de produits	–	Zone 1 : PPM, DPMO Zone 2 : zone 1, niveau de sigma de famille des produits	–	–
II 6S – 2.2.4. Identifier les types et la répartition des défauts	–	–	–	–	
Sous-étape MAICS – Six Sigma  Phase A – Six Sigma 	<b>II 6S – 3. Analyser le fonctionnement de l'entreprise selon les critères 6S</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 3.1. Identifier les principaux défauts</b>	–	–	–	–
	II 6S – 3.1.1. Identifier les relations entre les types de défauts	–	Zone 1 : – Zone 2 : diagramme des relations	–	–
II 6S – 3.1.2. Sélectionner les types de « top défauts » <sup>16</sup>	–	Zone 1 : brainstorming Zone 2 : zone 1	–	–	

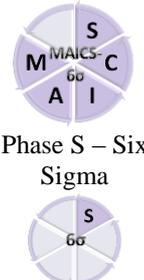
<sup>16</sup> Dans le cadre de ce travail, les principaux défauts qui influent fortement sur CTQ du client portent le nom de « top défauts ».

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	II 6S – 3.1.3. Identifier les « top défauts »	–	Zone 1 : diagramme de Pareto-ABC Zone 2 : zone 1	–	–
	II 6S – 3.1.4. Associer les « top défauts » aux postes de travail / aux processus où ces défauts sont créés	–	–	–	–
	<b>II 6S – 3.2. Identifier les causes d'apparition des « top défauts »</b>	–	Zone 1 : brainstorming, 5 why, histogramme Zone 2 : zone 1, diagramme d'Ishikawa	–	–
	<b>II 6S – 3.3. Analyser la stabilité et les capacités des processus qui sont les causes racines des « top défauts »</b>	–	–	–	–
	II 6S – 3.3.1. Examiner la précision du système de mesure et l'efficacité des machines	–	Zone 1 : feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, $C_m$ , $C_{mk}$ Zone 2 : zone 1, R&R	–	–
	II 6S – 3.3.2. Mesurer la stabilité et la capacité des processus	–	Zone 1 : feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , PPM, DPMO, niveau de sigma du processus, $P_p$ , $P_{pk}$ Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II 6S – 3.4. Identifier les sources et les interactions entre les variabilités</b>	–	Zone 1 : brainstorming, feuille de contrôle Zone 2 : zone 1, diagramme d'Ishikawa, analyse de la corrélation, DOE, ANOVA	–	–
	<b>II 6S – 4. Indiquer les paramètres du processus à améliorer</b>	–	Zone 1 : – Zone 2 : –	–	Zone 1 : arbre de problèmes Six Sigma Zone 2 : zone 1

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Sous-étape MAICS – Six Sigma  Phase I – Six Sigma 	<b>II 6S – 5. Proposer les solutions 6S</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 5.1. Rechercher des solutions et choisir les outils 6S</b>	–	Zone 1 : brainstorming, arbre de décisions Zone 2 : zone 1	–	Zone 1 : arbre de décisions Zone 2 : zone 1
	<b>II 6S – 5.2. Assurer les améliorations 6S correctes</b>	–	Zone 1 : – Zone 2 : AMDEC du projet	–	–
	<b>II 6S – 5.3. Effectuer une simulation des solutions 6S</b>	cycle en V pour la phase I – Six Sigma pour vérifier l'efficacité des changements 6S proposés par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Six Sigma et valider les améliorations 6S 	Zone 1 : AMDEC du processus, AMDEC du produit, feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , $P_p$ , $P_{pk}$ , PPM, DPMO, niveau de sigma du processus, niveau de sigma d'entreprise Zone 2 : zone 1, niveau de sigma de famille des produits, DOE, ANOVA	–	–
	<b>II 6S – 5.4. Vérifier la conformité des solutions 6S avec CTQ du client</b>	cycle en V pour la phase I – Six Sigma pour vérifier les solutions 6S par rapport aux CTQ du client défini dans l'étape D – Projet LSS 	–	–	–
<b>II 6S – 5.5. Corriger éventuellement le plan d'action 6S</b>	–	–	–	–	

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<b>II 6S – 5.6. Vérifier la conformité des solutions 6S avec le CTQ du consommateur</b>	cycle en V pour la phase I – Six Sigma pour vérifier les solutions 6S par rapport aux CTQ du consommateur défini dans l'étape D – Projet LSS 	–	–	–
	<b>II 6S – 6. Mettre en œuvre les solutions 6S</b>	–	Zone 1 : feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , $P_p$ , $P_{pk}$ , 5S, carte de standardisation du travail, TPM, SMED, Poka-Yoke, contrôle visuel Zone 2 : zone 1, DOE, ANOVA	–	–
Sous-étape MAICS – Six Sigma  Phase C – Six Sigma 	<b>II 6S – 7. Analyser les résultats 6S</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 7.1. Evaluer les résultats 6S par rapport au D-Projet LSS</b>	cycle en V pour la phase C – Six Sigma pour vérifier les résultats 6S par rapport aux paramètres critiques du projet définis dans l'étape D – Projet LSS	–	–	–
	II 6S – 7.1.1. Comparer les résultats 6S avec le but du projet	cycle en V pour la phase C – Six Sigma pour vérifier les résultats 6S par rapport aux paramètres critiques du projet définis dans l'étape D – Projet LSS (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur)	–	–	–
	II 6S – 7.1.2. Vérifier la conformité des résultats 6S avec CTQ du client	–	–	–	–
	II 6S – 7.1.3. Vérifier la conformité des résultats 6S avec CTQ du consommateur		–	–	–

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<b>II 6S – 7.2. Comparer les résultats avec M-6σ</b>	cycle en V pour la phase C – Six Sigma pour vérifier l'efficacité des changements 6S par rapport aux mesures effectuées dans la phase M – Six Sigma 	Zone 1 : feuille de contrôle, PPM, DPMO, niveau de sigma d'entreprise Zone 2 : zone 1, niveau de sigma de famille des produits	–	–
	<b>II 6S – 7.3. Comparer les résultats avec A-6σ</b>	cycle en V pour la phase C – Six Sigma pour vérifier l'efficacité des changements 6S par rapport aux résultats d'analyse effectuée dans la phase A – Six Sigma 	Zone 1 : feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , $P_p$ , $P_{pk}$ , PPM, DPMO, niveau de sigma du processus Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II 6S – 8. Surveiller les améliorations 6S</b>	–	–	–	–
	<b>II 6S – 8.1. Assurer le suivi de production, si nécessaire</b>	–	Zone 1 : diagramme de Pareto-ABC, feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, cartes de contrôle, $C_p$ , $C_{pk}$ , $P_p$ , $P_{pk}$ , PPM, DPMO, niveau de sigma du processus Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II 6S – 8.2. Prévenir les défauts, si nécessaire</b>	–	Zone 1 : Poka-Yoke, contrôle visuel Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>II 6S – 8.3. Assurer la précision du système de mesure et l'efficacité des machines</b>	–	Zone 1 : feuille de contrôle, test de Shapiro-Wilk, $C_m$ , $C_{mk}$ Zone 2 : zone 1, R&R	–	–
Sous-étape MAICS – Six Sigma	<b>II 6S – 9. Pérenniser les améliorations 6S</b>	–	Zone 1 : carte de standardisation du travail, contrôle visuel Zone 2 : zone 1	–	–

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
 <p>Phase S – Six Sigma</p>	<p><i>II 6S – 10. Continuer les améliorations 6S par le groupe Kaizen</i></p>	–	<p>Zone 1 : Kaizen Zone 2 : zone 1</p>	–	–

Les conditions indispensables pour réussir les améliorations au sein de l'étape MAI – Projet LSS comprennent : le respect d'une rigueur méthodologique, le choix des outils appropriés et les mesures fiables des performances d'entreprise. En effet, les mesures qui s'appuient sur des données réelles constituent une base pour analyser correctement le fonctionnement de l'organisation et entreprendre les plans d'actions adéquats. De plus, elles permettent d'évaluer l'efficacité lors de la phase « Control ».

## **2.1. Phase M – Lean**

La phase M – Lean sert à collecter des données et effectuer des mesures qui sont indispensables pour atteindre l'objectif du projet avec le management maigre (II Lean – 1). Par conséquent, le choix des types de mesures Lean à établir dépend du but de la démarche – soit l'amélioration des processus, soit la conception d'un nouveau produit ou processus. Ainsi les mesures Lean peuvent être effectuées selon ces deux axes : évaluer l'état actuel du fonctionnement de l'entreprise selon le modèle d'amélioration continue DMAIC (II Lean – 1.1) ou bien recueillir des informations afin de concevoir un nouveau produit ou processus avec Design For Six Sigma (II Lean – 1.2). Les mesures Lean basées sur DMAIC forment une base pour étudier correctement le fonctionnement de l'entreprise, planifier les changements et introduire un nouveau produit ou processus dans la fabrication. Dans le cas où le but du projet exige d'élaborer un nouveau produit ou processus et d'établir une ligne de production convenable, les mesures Lean doivent comprendre également DFSS.

Dans le cadre des mesures Lean pour DMAIC, le processus actuel de la production est présenté préalablement dans le temps et l'espace (II Lean – 1.1.1), ce qui comprend le plan de l'usine, les itinéraires sur les postes de travail, les longueurs des routes de transport entre les stocks et les postes de production, ainsi que les durées des quatre types d'opération principaux : la fabrication, le transport, la contrôle qualité et le stock avec le temps d'attente. Ensuite, on collecte et on range les données plus détaillées concernant le déroulement de la production (II Lean – 1.1.2) afin de visualiser la chaîne de la valeur pour chaque famille de produits (II Lean – 1.1.3) avec VSM4.

Dans le cas du lancement d'un nouveau produit ou processus (II Lean – 1.2), les mesures supplémentaires Lean sont indispensables. Elles doivent s'appuyer sur le modèle d'amélioration continue Design For Six Sigma pour concevoir le nouveau produit ou processus et réorganiser éventuellement l'usine afin d'adapter la ligne de production actuel à la nouvelle fabrication (II Lean – 1.2.1). Eu égard au risque d'apparition d'erreurs lors de la conception, on entreprend d'anticiper les types et les conséquences des défauts potentiels. Ainsi, si nécessaire, on devrait effectuer les actions préventives (II Lean – 1.2.2) qui comprennent la correction du projet DFSS (II Lean – 1.2.3). Dans le but d'éviter les conséquences des défauts dus à la conception erronée d'un nouveau processus ou produit, on doit utiliser convenablement l'AMDEC du processus ou l'AMDEC du produit. De cette manière l'AMDEC du processus permet d'empêcher la création d'un processus qui pourrait dérégler les flux et déséquilibrer la ligne de la production. D'autre part, l'AMDEC du produit permet d'éviter le lancement de produits qui ne correspondent pas aux réelles attentes des clients. Dans la réalisation de l'AMDEC, le brainstorming est utile pour imaginer les défauts. Dans le cas d'un grand nombre de défauts potentiels, on peut se servir du diagramme de Pareto afin de sélectionner ceux qui sont les plus importants. Ensuite, une analyse causes-effets peut être effectuée avec 5 why ou le diagramme d'Ishikawa. Les données obtenues sont ensuite intégrées dans l'analyse AMDEC pour permettre d'estimer la nécessité des actions correctives. Dans le cas de corrections, il faut recalculer le risque d'apparition des défauts et inclure ces résultats dans les dernières colonnes du formulaire AMDEC.

Dans le but de visualiser la chaîne de la valeur pour le produit ou le processus concerné, il faut se procurer une nouvelle cartographie des processus et des flux (II Lean – 1.2.4). Dans ce cas, il suffit de compléter le précédent modèle VSM4 avec le flux d'un nouveau produit ou processus.

Par la suite, toutes les mesures Lean obtenues sont transmises à la partie suivante du projet : la phase A – Lean.

## **2.2. Phase A – Lean**

En se basant sur les mesures Lean obtenues à la phase M – Lean, on peut effectuer une analyse du fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean (II Lean – 2), ce qui comprend une analyse de la valeur ajoutée (II Lean – 2.1), une analyse du gaspillage (II Lean – 2.2) et une identification des goulots d'étranglement (II Lean – 2.3). L'analyse doit apporter des informations concernant notamment l'emploi de l'espace dans l'usine, ainsi que la gestion du temps et des stocks.

Cette analyse permet d'identifier les types d'opérations qui existent dans les chaînes de valeur de l'entreprise. Dans un premier temps, on sélectionne les processus et les tâches qui apportent de la valeur ajoutée selon le client du projet et pour lesquels il accepte de payer. Ces opérations représentent généralement quelques pourcents dans toute l'activité de l'entreprise et elles devraient être améliorées constamment.

Grâce à l'analyse du fonctionnement de l'entreprise selon les critères du Lean on peut également désigner les autres opérations nommées gaspillage ou muda. Elles consistent en actions qui se déroulent dans toute l'usine ou sur l'ensemble de la chaîne logistique et qui utilisent les moyens sans créer de la valeur ajoutée du point de vue du client du projet. Selon la fonction dans l'entreprise, on peut identifier trois types du gaspillage :

- « muda de type I » – les actions indispensables qui maintiennent l'infrastructure et aident à exécuter les commandes afin de réaliser les opérations qui apportent de la valeur ajoutée – à réduire,
- « muda de type II » (Ohno et Setsuo, 1988) – les opérations inutiles dues à une organisation de la production incorrecte et aux défauts de qualité – à éliminer,
- « nouveau muda » (Bicheno, 2000b) – en tant que déploiement du gaspillage de type II – à éliminer.

Le client du projet aperçoit ces trois types de muda comme des opérations inutiles qui ont un impact négatif sur le prix du produit et sur le délai de livraison. Par conséquent, les mudas sont destinés à être éliminés ou réduits.

Une action supplémentaire pour analyser de fonctionnement de l'entreprise consiste à détecter les goulots d'étranglement des processus ou des postes de travail qui dérèglent les flux à travers toute l'organisation. Le goulot d'étranglement est l'élément le plus lent de la chaîne logistique, le temps de travail du goulot d'étranglement donne donc la cadence à l'usine entière en cas de saturation du système de production. De cette manière le goulot d'étranglement contribue à créer le gaspillage additionnel de type II sous forme d'attente et de stocks excessifs et il augmente également le temps de réalisation de la commande.

Le pas suivant du projet LSS consiste à utiliser les résultats de l'analyse de fonctionnement de l'entreprise pour désigner les processus d'organisation qui nécessitent le perfectionnement (II Lean – 3) : les opérations apportant de la valeur ajoutée à améliorer, le gaspillage à réduire, les goulots d'étranglement à rendre plus performants. Il faut focaliser les améliorations sur ces processus qui possèdent une importance particulière pour le client du projet et qui ont un impact significatif sur la réalisation du but de la démarche, en utilisant le tableau de classification des problèmes.

Une fois qu'on a identifié les processus de l'entreprise à améliorer, on détermine parmi eux les problèmes possibles à résoudre avec la boîte à outils Lean dans la phase suivante I – Lean. Les problèmes qui ne peuvent pas être résolus avec le management maigre, passent directement dans la sous-étape MAICS – Six Sigma pour être traités avec les outils statistiques et les techniques de résolution de problèmes.

### **2.3. Phase I – Lean**

L'objectif de la phase I – Lean est de trouver (II Lean – 4) et de mettre en œuvre (II Lean – 5) des solutions appropriées en réponse aux problèmes identifiés par suite de l'analyse Lean.

Au sein du processus II Lean – 4.1, on recherche des solutions et on choisit des outils Lean pour réduire le gaspillage identifié. Dans ce cas, on peut se servir du brainstorming qui est un outil à la fois simple et créatif.

Pour limiter le risque d'un emploi inapproprié des ressources, ainsi que d'apparition d'erreurs pendant la planification des améliorations du domaine du Lean (II Lean – 4.2), les entreprises qui réalisent la démarche d'un niveau avancé peuvent aussi utiliser l'analyse AMDEC du projet.

Le pas suivant du projet LSS consiste à effectuer une simulation des solutions Lean (II Lean – 4.3), en favorisant les propositions à la fois efficaces, simples et rapides à appliquer. Les plans d'actions, qui concernent l'arrangement des machines, le flux continu, le temps de réalisation de la commande ou le système Kanban, peuvent être calculés préalablement sur le papier. Cependant, la vérification finale de l'efficacité de toutes les solutions se déroule seulement suite à la mise en œuvre pilote sur des postes ou des cellules tests au sein du processus II Lean – 4.3 ou directement II Lean – 5. En dehors des outils, qui servent à réduire le gaspillage et à accélérer les flux, on peut également se servir de l'analyse d'entonnoir de variété de la production pour rendre le processus de fabrication plus flexible. En effet, cette analyse permet d'indiquer l'endroit dans la production où tous les processus en amont peuvent travailler avec peu de stock (consommation rapide de produits semi-finis homogènes et standardisés). De plus, dans le cas d'une réorganisation importante de la ligne de production, il est recommandé d'effectuer une analyse AMDEC du processus afin d'éviter de déséquilibrer les charges du travail, ce qui pourrait provoquer des retards dans le système et des stocks excessifs. Un autre exemple d'utilisation des outils du domaine du Six Sigma lors de l'implantation du Lean est le diagramme de Gantt qui est utile pour planifier l'équilibrage de la ligne de production. La simulation consiste à évaluer les solutions proposées à la phase M – Lean, et de vérifier et valider les améliorations.

Ensuite, conformément au cycle en V, toutes les solutions Lean proposées sont examinées par rapport à leur conformité au CTQ du client (II Lean – 4.4) et à la voix du consommateur (II Lean – 4.6) définis dans l'étape D – Projet LSS. Si ce n'est pas conforme, il faut éventuellement corriger le plan d'action Lean (II Lean – 4.5).

Désormais, les solutions Lean acceptées peuvent être appliquées au sein du processus II Lean – 5. Dans le cadre d'implantation du management maigre lors du projet LSS, on peut employer tous les outils Lean pour réorganiser les processus, gérer les flux et les stocks, ainsi que surveiller la qualité produits. Cependant, le choix final des outils LSS à appliquer est particulier à chaque entreprise et dépend surtout de la complexité des processus existants. Par

conséquent, il n'y a pas besoin d'entreprendre des solutions étendues du domaine du Lean dans le cas des processus maigres, notamment dans les petites entreprises. Dans cette situation, le système 5S, les cartes de standardisation du travail ou la TPM simplifiée sont suffisants la plupart du temps. Généralement pour les organisations de taille moyenne, il est pertinent de rechercher et éliminer le gaspillage avec les outils de la zone adéquate (zone 1 ou zone 2). Néanmoins, toutes les entreprises appartenant au secteur des PME peuvent se servir de la majorité de la boîte à outils Six Sigma conforme à ces organisations pour leur permettre de perfectionner leurs produits et leurs performances.

Notamment dans les moyennes entreprises, qui possèdent de nombreux processus et une production répétitive, une solution efficace et de sécurité consiste à intégrer les flux tirés dans MRP II. Ainsi l'emploi du système Kanban avec la méthode de lissage de la production Heijunka apporte de nombreux avantages : le planning de montage basé sur les commandes client, les cellules de production liées au montage par le flux tiré, la production synchronisée avec la cadence des demandes clients, la suppression de la surproduction, la réaction rapide aux changements de demandes, l'impact atténué des fluctuations de commandes client sur la stabilité de la production. D'autre part, MRP II assure le planning global de production et les besoins en composants à long terme (Muhlemann et al., 1995).

L'application du système tiré exige la mise en œuvre préalable du flux continu dans l'usine. Toutefois, le fonctionnement efficace du flux continu doit être accompagné par le système 5S, la standardisation du travail, les changements de série rapides avec SMED et l'assurance de l'efficacité des machines avec TPM.

La prochaine étape, qui suit l'implantation du flux continu et du système Kanban avec Heijunka, peut consister à déployer le système tiré ou tendu (Castelain, 2004) avec les fournisseurs et les clients grâce à la stratégie de gestion des stocks Juste-à-Temps.

Si la mise en œuvre de solutions Lean proposées est accompagnée par une réorganisation importante de l'usine, la nécessité d'engager des grands moyens financiers ou la peur de changements, les améliorations doivent commencer soit par une mise en œuvre pilote sur une partie de la ligne de production, soit par l'application des quelques outils basiques comme 5S, la carte de standardisation du travail ou éventuellement aussi l'équilibrage de ligne, les cellules en U et la TPM. Les autres changements seront réalisés lors de la prochaine roue MAICS – Lean ou même d'un autre projet LSS distinct. Pour surmonter la résistance au changement, il faut

impliquer les propriétaires des processus modifiés. Il est pertinent de leur faire comprendre le rôle qu'ils jouent dans la transformation Lean en tant que spécialistes de leur processus qui doivent partager leurs compétences avec leur équipe et même avec l'entreprise toute entière. Les entreprises qui possèdent une culture de qualité avancée et qui ont appliqué certains outils Lean peuvent mettre en œuvre le système tiré, Poka-Yoke ou le contrôle visuel conformément à leurs besoins.

Si le projet DFSS a été effectué et qu'il en résulte une modification tangible du processus de production, les organisations d'une grande maturité peuvent étudier la capacité du produit ou d'un paramètre du processus sur une présérie avec  $P_p$  et  $P_{pk}$ .

#### **2.4. Phase C – Lean**

Le rôle principal des phases C – Lean et C – Six Sigma est d'évaluer l'efficacité d'application des améliorations au sein de chaque de ces méthodes (II Lean – 6). Ainsi en utilisant le modèle du cycle V, on examine l'impact des changements sur les performances d'entreprise et sur l'état de réalisation du but du projet LSS. Le rôle supplémentaire de la phase « Control » pour ces deux méthodes consiste à s'assurer de l'aspect bénéfique des changements (II Lean – 7).

La réalisation de la phase « Control » commence par l'analyse des résultats d'application du Lean (II Lean – 6.1) par rapport à l'étape D – Projet LSS. On évalue donc le niveau d'obtention du but de la démarche (II Lean – 6.1.1), ainsi que la conformité des améliorations au CTQ du client (II Lean – 6.1.2) et à la voix du consommateur (II Lean – 6.1.3). Ensuite, en se basant sur le cycle en V et sur la nouvelle version du modèle Value Stream Mapping, il faut comparer les mesures obtenues (II Lean – 6.2) et l'analyse (II Lean – 6.3) avant et après les améliorations (Tableau 10 - 2). L'ensemble des informations est donc recueilli puisque la phase de contrôle évalue les résultats Lean à la fois par rapport aux phases de définition, de mesure et d'analyse.

Dans le but d'éviter de maintenir les changements défavorables décelés par cette vérification, il faut corriger les solutions Lean erronées. Ainsi, il faut utiliser un feedback pour retourner au début de la sous-étape MAICS – Lean, soit au processus « II Lean – 1. Effectuer les mesures Lean » dans la phase M – Lean, et réaliser à nouveau les phases « Measure »,

« Analyze », « Improve » et « Control » jusqu'à obtenir des résultats satisfaisants. Ceci permet également d'éviter d'exécuter les plans d'actions au sein de la sous-étape MAICS – Six Sigma, où les améliorations seraient basées sur les processus et les flux qui exigent d'être préalablement équilibrés et réorganisés. Grâce au feedback immédiat, les corrections peuvent empêcher d'une part la mise en œuvre de la maîtrise statistique du procédé sur la ligne de production mal équilibrée, et d'autre part le perfectionnement d'une opération qui représente le gaspillage et qui devrait en fait être éliminée du processus de la fabrication.

Ainsi la répétition éventuelle de la roue d'amélioration continue avec Lean permet de préparer l'ensemble de la chaîne logistique en termes de stabilisation des processus et des flux avant de passer aux améliorations des procédés cibles au sein de la sous-étape MAICS – Six Sigma. L'action finale d'analyse des résultats Lean avec les corrections éventuelles devrait être la pérennisation des changements obtenus.

Toutes les améliorations mises en œuvre exigent une surveillance et une pérennisation pour fonctionner correctement et durablement. Toutefois, certaines solutions du management maigre sont gérées automatiquement grâce aux outils Lean relativement simples et destinés à toutes les PME. Ainsi, dans le cas d'application du système tiré, la carte Kanban assure une fabrication uniquement en volume demandé et au bon moment (II Lean – 7.1), ce qui empêche la surproduction et les stocks excessifs. De même, le contrôle du volume des stocks dans le système Kanban se déroule grâce aux stocks en forme de supermarché ou de file d'attente FIFO qui ont une capacité maximale prédéfinie (II Lean – 7.2). Dans le but de prévenir les erreurs de manipulation lors de l'exécution des opérations, on peut utiliser le système Poka-Yoke (II Lean – 7.3). Pour éviter les erreurs de tous les types, on peut mettre en œuvre le contrôle visuel. Le contrôle visuel utilise également le signal sonore et le signal visuel qui renforcent les solutions de type Poka-Yoke ou alertent d'un dérèglement du procédé. Dans le but d'assurer l'efficacité des machines et des équipements (II Lean – 7.4), on peut implémenter le système Total Productive Maintenance pour obtenir des produits de bonne qualité et éviter les perturbations des flux dues aux pannes. En effet, la TPM permet de contrôler et entretenir l'équipement de production, prévoir l'usure d'un outil et prévenir les pannes. L'ensemble des actions de surveillance aide à éviter la surproduction et les simples erreurs, ainsi qu'à maintenir les flux harmonisés à travers de toute l'usine.

Quand l'analyse des résultats de l'application du management maigre est terminée, les corrections éventuelles effectuées et les changements favorables validés, on peut procéder à la standardisation des améliorations au sein de la phase S – Lean.

## **2.5. Phase S – Lean**

La mise en œuvre des plans d'amélioration devrait être constamment suivie par le maintien de changements. Dans le cas du Lean, la méthode la plus efficace à cet effet est la standardisation à laquelle la phase S – Lean est consacrée.

En effet, la standardisation facilite la pérennisation des nouvelles méthodes de travail et empêche les perturbations de la production dues au remplacement d'un opérateur pendant le processus. Ainsi grâce aux procédures et séquences prédéfinies pour chaque processus et chaque opération, un nouvel employé pourrait effectuer les tâches plus facilement et éviter des erreurs. En décrivant clairement les méthodes de travail, la standardisation favorise la productivité élevée et la sécurité, réduit les coûts et aide à impliquer réellement le personnel en performances de son entreprise, en augmentant leurs qualifications. De plus, les standards forment une base de la qualité et d'amélioration continue. Ils permettent également d'appliquer efficacement Lean Manufacturing, notamment le flux continu (Bicheno, 2002; Ohno, 1988).

Dans la première période qui suit la mise en œuvre des solutions, les standards aident à respecter les nouvelles procédures et méthodes de travail et facilitent à effectuer les tâches modifiées correctement. Toutefois, avec le temps, les employés acquièrent de l'expérience et s'habituent au nouveau fonctionnement. Dans ce cas, l'excès des procédures peut devenir gênant au point de les conduire à retourner à leurs vieilles habitudes. Il est préférable de simplifier l'utilisation des solutions Lean (II Lean – 8), en gardant néanmoins un équilibre entre leur facilité et leur efficacité.

Les actions de maintien des changements au sein de la phase S – Lean doivent commencer par la standardisation du travail (II Lean – 8.1) pour ensuite améliorer les conditions du travail en termes de sécurité, de confort et d'humanisation (II Lean – 8.2). Désormais, quand la justesse et la répétabilité d'opérations sont assurées, on peut procéder à une simplification des solutions Lean.

Sur les postes, la standardisation doit commencer par le rangement et l'assurance de visibilité et de sécurité sur le lieu de travail grâce à l'implémentation du système 5S. Cet outil joue également un rôle pour le personnel dans la pérennisation des améliorations parce qu'il aide à vaincre la résistance au changement. En effet, les meilleures conditions du travail, la performance du processus plus élevée et le sentiment d'utilité pour l'organisation grâce à la réorganisation de son poste du travail personnel encouragent les employés à respecter le nouvel ordre et les stimulent à continuer les améliorations. De plus, le fait de suivre le cinquième élément du système 5S, qui est nommé « *shitsuke* » et signifie l'autodiscipline, crée l'habitude chez le personnel de maintenir une nouvelle organisation du poste du travail. Ainsi les changements sont pérennisés d'une manière simple. Les actions du domaine du 5S peuvent être renforcées par les symboles visuels appartenant au contrôle visuel afin de conserver le rangement et de trouver plus facilement, plus rapidement et sans erreur les pièces et les outils.

Par la suite, sur les postes de travail, on peut appliquer un autre outil du domaine du management maigre – la standardisation du travail qui, dans le système de production Toyota, est décrit ainsi : « Ce sont les gens eux-mêmes, sur leur lieu de travail, qui doivent écrire les opérations standards, car si l'on veut faire comprendre quelque chose aux autres, il faut d'abord bien le comprendre soi-même » (Shingo, 1983).

Suite à la réalisation des phases MAIC – Lean, on obtient les opérations où le gaspillage a été réduit. Désormais, il faut établir les conditions qui permettent de reproduire la nouvelle méthode de fabrication, en élaborant une carte de standardisation du travail pour chaque poste. Cette carte représente une instruction qui désigne clairement la meilleure façon d'effectuer l'opération. Dans le but d'assurer l'exécution des tâches d'une manière correcte, la carte de standardisation du travail doit contenir des informations concernant le takt time, la séquence de travail standard, le stock en-cours standard nommé Work-In-Process WIP (Bicheno, 2000a; Ohno, 1989; Shingo, 1983; The Productivity Press Development Team, 2002b).

Pour renforcer l'implication du personnel, les cartes de standardisation du travail doivent être élaborées par les opérateurs sur leur poste de travail. Il faut également engager un spécialiste du Lean Six Sigma pour aider à réaliser ces cartes, en apportant ses connaissances du domaine de gestion des flux, ainsi que du contrôle qualité. Les cartes complètes doivent être révisées par un technologue et un ergonomiste afin d'obtenir les conditions du travail à la fois optimales,

confortables, de sécurité et conformes aux exigences technologiques. Le fait d'établir la carte de standardisation du travail par l'opérateur lui-même crée une situation où :

- le travail est compris de la même manière par chaque opérateur,
- la formation des nouveaux employés devient plus facile,
- l'employé est obligé d'élaborer une méthode de fabrication qui permet de réaliser une opération dans le délai plus court que le takt time et connaissant son poste de travail, il peut effectuer une analyse plus approfondie que son supérieur,
- l'employé se sent responsable pour les standards qu'il a créés et est plus motivé pour continuer les améliorations dans son travail (Bicheno, 2002).

En conséquence de la mise en œuvre des cartes de standardisation du travail, l'organisation améliore ses performances en termes de qualité, de délai et de motivation. Les cartes de standardisation du travail contribuent directement à l'amélioration de la qualité des produits parce qu'elles augmentent la répétabilité de leur fabrication par des opérateurs différents. Elles influent également sur la réduction du délai de production grâce à la rigueur du temps imposée sur les postes. Un autre avantage de l'implémentation des cartes de standardisation du travail consiste à accroître l'engagement en amélioration continue.

Une solution Lean utile pour maintenir les changements est une intégration des techniques de standardisation du travail avec le système 5S et le contrôle visuel. Cette démarche permet de les compléter et de renforcer leur impact sur la pérennisation des améliorations apportées.

Quand les améliorations sont pérennisées et leur emploi constant et juste est assuré, on peut approfondir les aspects de sécurité et d'organisation des postes. Même si les conditions appropriées de travail ont été implémentées auparavant, c'est en utilisant longtemps le nouveau rangement que l'on peut découvrir les autres dangers et les opérations excessivement fatigantes. Ceci arrive surtout dans le cas de réorganisation des postes selon Lean avec une mise en œuvre de l'arrangement des cellules en U. Dans cette situation, il est recommandé de réutiliser le système 5S, le contrôle visuel et les solutions ergonomiques afin de créer des conditions de travail plus adaptées.

Dès que l'utilisation constante des solutions est assurée, on peut rechercher systématiquement de nouvelles améliorations dans tous les aspects de fonctionnement de

l'organisation. La boîte à outils Lean dispose à cet effet d'un groupe Kaizen qui réunit les représentants des services différents. Le rôle de cette structure à quelques personnes consiste à mener des rencontres régulières et cycliques dans le but de continuer les changements (II Lean – 9) en termes de réduction du gaspillage, d'harmonisation des flux, ainsi que d'amélioration des conditions de travail et des performances de l'entreprise.

## **2.6. Phase M – Six Sigma**

Au début de la sous-étape MAICS – Six Sigma, on doit identifier les trois éléments indispensables pour entamer les améliorations avec la méthode Six Sigma. Ceci comprend le but du projet et le CTQ du client formulés dans l'étape D – Projet LSS, ainsi bien que les défauts définis en tant que non-conformités aux attentes du client. Par conséquent, le premier pas de cette sous-étape consiste à identifier les problèmes à résoudre sous forme de défauts ou d'écarts du CTQ du client (II 6S – 1).

Par la suite, on peut commencer la partie essentielle de la phase M – Six Sigma qui comprend une réalisation des mesures pour les améliorations Six Sigma (II 6S – 2). Ainsi il faut d'abord assurer la précision du système de mesure, où les entreprises d'une grande maturité pour le projet peuvent se servir de l'analyse R&R (II 6S – 2.1). Ensuite, on doit présenter l'état actuel par rapport aux défauts existants (II 6S – 2.2). Il faut donc rassembler et ranger les données sur les défauts des produits finis et les défauts associés aux postes de travail ou aux processus (II 6S – 2.2.1), évaluer le niveau de qualité de l'entreprise (II 6S – 2.2.2) et le niveau de qualité des familles de produits (II 6S – 2.2.3), ainsi que classer les défauts selon leur répartition (II 6S – 2.2.4). Par conséquent, le processus II 6S – 2.2 doit mener à identifier les types de défauts les plus fréquents afin de les transmettre dans la phase A – Six Sigma pour rechercher les moyens de les éliminer durablement.

## **2.7. Phase A – Six Sigma**

La phase A – Six Sigma consiste à rechercher la source des causes d'apparition des défauts les plus importants (II 6S – 3), ainsi qu'à indiquer les paramètres du processus qui provoquent ces défauts (II 6S – 4).

Dans un premier temps, il faut déterminer des défauts de la plus grande importance (II 6S – 3.1), soit ceux qui influent fortement sur CTQ du client portant le nom « top défauts » dans la méthodologie LSS Plutus. Il faut définir à cet effet les relations entre les types de défauts (II 6S – 3.1.1) qui ont été identifiés au sein du processus (II 6S – 2.2.4). Suite à leur rangement, on peut sélectionner les types de « top défauts » (II 6S – 3.1.2) afin d'assigner les plus importants parmi eux avec le diagramme de Pareto-ABC (II 6S – 3.1.3). Ensuite les « top défauts » peuvent être associés aux postes de travail ou aux processus de leur origine (II 6S – 3.1.4).

Pour les « top défauts », on peut identifier les causes de leur apparition (II 6S – 3.2), en employant un outil simple 5 why ou plus avancé – le diagramme d'Ishikawa. De plus, la recherche des causes peut être approfondie par l'utilisation de l'histogramme pour ranger les données et trouver les relations causes-effets grâce à la forme graphique. Néanmoins, les données sur l'histogramme doivent avoir une distribution normale pour tirer de bonnes conclusions.

Le pas suivant consiste à étudier si les processus, qui sont à l'origine de causes des « top défauts », fonctionnent correctement. On effectue donc une analyse de leur stabilité et capacité (II 6S – 3.3). Ceci commence par une vérification de la précision du système de mesure avec R&R pour les entreprises du projet LSS avancé, ainsi que par l'évaluation de l'efficacité des machines selon les indicateurs de capacité  $C_m$  et  $C_{mk}$  avec l'étude de la distribution normale (II 6S – 3.3.1). Ensuite, on peut examiner les processus cibles (II 6S – 3.3.2). Néanmoins, il est pertinent d'utiliser le test de Shapiro-Wilk pour étudier la normalité des données dans la feuille de contrôle à chaque fois avant d'effectuer les cartes de contrôle et l'évaluation de capacité procédé  $C_p$  et  $C_{pk}$ .

Par la suite, on doit se servir des critères de position et des critères de dispersion pour élaborer les cartes de contrôle qui peuvent être interprétées avec les tests de contrôle de Shewhart. Puis, on évalue le niveau de qualité du processus selon PPM, DPMO et le niveau de sigma du procédé. En outre, les entreprises d'une grande maturité pour le projet LSS peuvent étudier la performance longue terme du procédé avec les indicateurs  $P_p$  et  $P_{pk}$ .

Ensuite, les sources et les interactions entre les variabilités doivent être identifiées (II 6S – 3.4). Selon ses besoins, les entreprises, qui emploient les outils de la Zone 2, peuvent approfondir l'analyse avec le diagramme d'Ishikawa, l'analyse de la corrélation, le plan d'expériences DOE ou l'analyse de la variance ANOVA. Dans le cas d'application du DOE,

nous recommandons uniquement les plans d'expériences de deux ou trois facteurs à deux niveaux parce qu'ils se caractérisent par une grande efficacité et ils nécessitent moins de qualifications et peu de moyens financiers et du temps.

En se basant sur les résultats de l'analyse, on peut sélectionner les paramètres des processus à améliorer. Afin de le faciliter, on devrait se servir de notre arbre de problèmes Six Sigma.

## **2.8. Phase I – Six Sigma**

En réponse aux paramètres des processus à perfectionner qui proviennent de la phase A – Six Sigma, il faut élaborer une proposition de solutions avec la méthode Six Sigma (II 6S – 5). Par conséquent, la phase « Improve » doit être entamée par la recherche des améliorations et le choix des outils Six Sigma appropriés avec l'arbre de problèmes Six Sigma pour réduire la variabilité et résoudre les problèmes (II 6S – 5.1).

Dans le but de minimiser le risque de commettre des erreurs lors de la planification des améliorations du domaine du  $6\sigma$  (II 6S – 5.2), les entreprises qui exécutent le projet avancé peuvent utiliser l'analyse AMDEC du projet. Ceci permet d'éviter la mise en œuvre des solutions  $6\sigma$  inappropriées et l'emploi des moyens en vain.

Il est difficile de réaliser la simulation d'application de solutions Six Sigma proposées (II 6S – 5.3) parce qu'elle comprend rarement la mise en œuvre pilote et elle s'appuie généralement sur les estimations sur le papier concernant la stabilité, la capabilité et le niveau de qualité. De plus, les entreprises d'une grande maturité pour le projet LSS peuvent se servir des outils comme DOE ou ANOVA pour planifier le nouveau réglage des paramètres du procédé. Dans le but de renforcer la justesse de solutions, on peut utiliser l'analyse AMDEC du processus ou l'AMDEC du produit. Ceci permettrait d'éviter l'impact négatif du projet de changements erroné convenablement sur la stabilité et capabilité du procédé ou sur la qualité produit. A la fin de la simulation, il faut comparer les résultats attendus avec les mesures de la phase M – Six Sigma.

Analogiquement à la phase I – Lean et conformément au cycle en V, les propositions de changements Six Sigma doivent être vérifiées par rapport au CTQ du client (II 6S – 5.4) et à la voix du consommateur (II 6S – 5.6) afin d'être éventuellement corrigées (II 6S – 5.5).

Après avoir validé les solutions proposées, on peut procéder à leur application au sein du processus II 6S – 5. On utilise à cet effet surtout les techniques statistiques de maîtrise des procédés qui sont généralement basées sur les cartes de contrôle et sur les indicateurs de capabilité court terme du procédé  $C_p$  et  $C_{pk}$ . Le type de carte de contrôle recommandé pour le secteur des PME est la carte pour les variables quantitatives  $\bar{X} - R$  (moyenne – étendue), en étant à la fois la plus simple et aussi efficace et suffisante. Or, dans le cas d'une forte demande de la part du client clef, on peut mettre en œuvre la maîtrise statistique des procédés, en employant les cartes plus compliquées pour les attributs : p, np, c, u. De plus, les organisations, qui réalisent le projet d'un niveau avancé, peuvent étudier la capabilité du processus sur une présérie avec  $P_p$  et  $P_{pk}$ , s'il y avait un changement de fournisseur ou de matière première, ou bien un changement important des paramètres du procédé. Les entreprises qui ont préparé le plan de changements avec DOE et ANOVA dans le processus II 6S – 5.3 peuvent alors effectuer les expériences afin de les implémenter, si leurs résultats se révèlent satisfaisants.

Un support supplémentaire pour le processus II 6S – 5, consiste à employer les outils du domaine du Lean pour maintenir la stabilité et la capabilité des procédés. Ainsi le système 5S, les cartes de standardisation de travail, SMED, Poka-Yoke ou le contrôle visuel aident à éviter des simples erreurs lors d'exécution des opérations, ce qui contribue à atténuer l'impact des causes communes et spéciales. De plus, la TPM permet de réduire l'impact des causes spéciales dues aux pannes et à la salissure des machines, ainsi qu'à l'usure excessive des outils. Les techniques de contrôle visuel, notamment le signal sonore ou visuel, peuvent également servir à alerter d'un dérèglement imminent du procédé.

## **2.9. Phase C – Six Sigma**

Le rôle de la phase C – Six Sigma consiste à évaluer l'efficacité des améliorations Six Sigma apportées par rapport au but du projet LSS et à mettre les changements bénéfiques sous surveillance.

La phase « Control » pour Six Sigma commence par une analyse approfondie des résultats obtenus grâce à l'application des solutions avec la boîte à outils Six Sigma (II 6S – 7). Analogiquement au processus « II Lean – 6. Analyser les résultats Lean » appartenant à la phase de contrôle des performances liées au management maigre, le processus « II 6S – 7. Analyser les

résultats 6S » dans C – Six Sigma utilise également le modèle du cycle en V pour vérifier l'efficacité des améliorations du domaine du Six Sigma par rapport aux données qui précèdent l'implémentation de changements. Ainsi les résultats Six Sigma sont d'abord examinés à l'égard des paramètres critiques du projet définis au sein de l'étape D – Projet LSS (II 6S – 7.1) : le but du projet, le CTQ du client et la voix du consommateur (II 6S – 7.1.1., II 6S – 7.1.2., II 6S – 7.1.3). Par la suite, les mesures effectuées après les changements (II 6S – 7.2) et détaillées dans le Tableau 10 - 2, ainsi que leur analyse (II 6S – 7.3) sont comparées avec les données provenant des phases « Measure » et « Analyze » pour Six Sigma.

Dans le cas où les changements sont basés sur les mesures erronées ou sur la mauvaise analyse, ils peuvent s'avérer impropres au fonctionnement de l'entreprise et avoir un impact négatif sur la réalisation du but de la démarche, l'accomplissement des exigences du client du projet ou la satisfaction du consommateur. Dans cette situation, la vérification permet de révéler que les résultats obtenus ne répondent pas aux attentes définies au sein de l'étape D – Projet LSS. Il est donc indispensable de mener des actions correctives avant de pérenniser ces changements. La correction est effectuée grâce au feedback immédiat sur le processus « II 6S – 1. Identifier le problème avec la traduction du CTQ du client en défaut » situé dans la phase M – Six Sigma afin d'exécuter à nouveau des phases de mesure, d'analyse, d'implantation et de contrôle au sein de la sous-étape MAICS – Six Sigma jusqu'au moment d'obtention des résultats satisfaisants. Ainsi le projet LSS utilise à la fois le modèle du cycle en V et le concept de la roue d'amélioration continue, en assurant la justesse des solutions apportées.

Dans la partie suivante de la phase C – Six Sigma, les améliorations Six Sigma approuvées sont mises sous surveillance (II 6S – 8) pour garantir leur utilisation correcte et durable.

Si au sein de la phase « Improve » pour Six Sigma les outils statistiques ont été appliqués pour maîtriser les procédés, il faut donc assurer leur suivi permanent (II 6S – 8.1). Ceci comprend l'emploi de la boîte à outils Six Sigma ci-dessous : la feuille de contrôle, le test de Shapiro-Wilk, les cartes de contrôle, les critères de position, les critères de dispersion, les tests de contrôle de Shewhart, les indicateurs de capacité du procédé  $C_p$  et  $C_{pk}$ , les indicateurs du niveau de qualité PPM et DPMO, ainsi que le niveau de sigma du processus. La surveillance et le contrôle des procédés avec ces outils et ces indicateurs est disponible aussi bien pour les petites que les moyennes entreprises qui doivent choisir parmi eux les plus appropriés en terme de leurs

besoins. De plus, les organisations d'une grande maturité pour le projet LSS peuvent se servir des indicateurs de performance du procédé  $P_p$  et  $P_{pk}$  pour évaluer la capabilité du processus à long terme et estimer la réelle qualité des produits livrés aux clients.

Entre autres, toutes les PME peuvent utiliser l'analyse Pareto-ABC pour déterminer le niveau actuel de défauts qui influent fortement sur le CTQ du client du projet.

Il est recommandé d'appliquer des simples solutions adaptées à toutes les PME dans le cas où l'analyse de fonctionnement de l'entreprise dans la phase A – Six Sigma a révélé des simples erreurs, notamment des erreurs de manipulation (II 6S – 8.2), ou bien une réaction tardive sur la perte de capabilité du procédé qui résulte généralement en produits défectueux. A cause du manque d'outils Six Sigma appropriés à cet effet, il faut employer le système anti-erreurs Poka-Yoke et le contrôle visuel qui appartient à la boîte à outils du management maigre.

Dans le but d'appliquer correctement les améliorations Six Sigma, notamment les outils statistiques, il est indispensable d'assurer la précision et l'efficacité d'équipement de mesure et de fabrication (II 6S – 8.3). Toutes les entreprises du secteur des PME peuvent se servir à cet effet des indicateurs de capabilité de machines  $C_m$  et  $C_{mk}$  afin d'examiner l'efficacité des machines et d'équipement à court terme. De plus, selon les besoins, surtout plus grandes organisations d'une bonne maturité peuvent également étudier la précision du système de mesure avec l'analyse de répétabilité et de reproductibilité R&R pour les processus identifiés dans la phase A – Six Sigma en tant que causes racines des « top défauts ».

Suite à l'évaluation des solutions du domaine du Six Sigma, aux corrections éventuelles et à la mise les changements sous la surveillance, on peut commencer les actions de pérennisation dans la phase S – Six Sigma.

## **2.10. Phase S – Six Sigma**

L'application des solutions du domaine du Six Sigma n'exige pas d'actions de standardisation aussi complexes que dans le cas du management maigre. Toutefois, dans le cadre d'une pérennisation efficace des améliorations (II 6S – 9), il ne faut abandonner la maîtrise méthodique de la qualité des procédés et de retourner aux vieilles habitudes. Dans le cas d'emploi des outils statistiques, la carte de standardisation du travail représente une aide suffisante pour rappeler d'une part la séquence des actions qui surveillent et corrigent la qualité

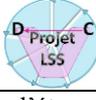
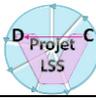
des processus, et d'autre part leur interprétation. De plus, les nombreuses techniques de contrôle visuel se révèlent utiles pour maintenir les diverses améliorations Six Sigma. Ainsi le contrôle visuel apporte une information rapide et claire concernant les non-conformités, ce qui permet d'entreprendre immédiatement les actions correctives et maintenant les changements. De même que dans S – Lean, le dernier élément de la phase S – Six Sigma consiste à continuer les améliorations au sein du groupe Kaizen (II 6S – 10).

Les cartes de standardisation du travail, le contrôle visuel, aussi bien que le groupe Kaizen appartiennent à la boîte à outils du concept Lean. Cependant, ils sont efficacement employés pour pérenniser les améliorations du domaine du Six Sigma parce que cette méthode ne dispose pas d'outils appropriés à cet effet. Ceci confirme également l'intérêt de l'application conjointe du management maigre et du Six Sigma au sein d'hybride Lean Six Sigma permet à ces méthodes de se compléter et renforcer.

### 3. Etape III « C – Projet LSS » – Evaluer les résultats du projet LSS

L'étape « Control » présentée en détail dans le Tableau 10 - 3 est consacrée à vérifier et valider les résultats obtenus du projet LSS, en s'appuyant sur le cycle en V.

Tableau 10 - 3. Caractéristique de l'étape C – Projet LSS

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs du domaine de la gestion des processus à réaliser les processus
Phase C – Lean Six Sigma 	<b>III – 1. Analyser les résultats et clôturer le projet LSS</b>	–	–
	<b>III – 1.1. Evaluer les résultats du projet par rapport au D-Projet LSS</b>	cycle en V pour l'étape C – Projet LSS pour vérifier les résultats du projet LSS par rapport aux paramètres critiques de la démarche définis dans l'étape D – Projet LSS (but du projet, CTQ du client, CTQ du consommateur) 	–
	III – 1.1.1. Comparer les résultats du projet LSS avec le but du projet		–
	III – 1.1.2. Vérifier la conformité des résultats du projet LSS avec CTQ du client		–
	III – 1.1.3. Vérifier la conformité des résultats du projet LSS avec CTQ du consommateur		–
	<b>III – 1.2. Evaluer à nouveau la satisfaction du client du projet et du consommateur</b>		cycle en V pour l'étape C – Projet LSS pour vérifier l'impact des résultats du projet LSS sur la satisfaction du client du projet et du consommateur définis dans l'étape D – Projet LSS 
	<b>III – 1.3. Valider les résultats et clôturer le projet LSS</b>	cycle en V pour l'étape C – Projet LSS pour valider les résultats du projet LSS par rapport aux attentes définies dans l'étape D – Projet LSS 	–

### **3.1. Phase C – Lean Six Sigma**

Dans le but de vérifier et de valider les améliorations, les résultats obtenus sont analysés (III – 1). Leur comparaison avec les attentes précisées au sein de l'étape « Define » (III – 1.1) comprend à la fois une estimation du degré de réalisation des objectifs du projet (III – 1.1.1) et une vérification que les voix du client du projet et du consommateur ont été respectées lors d'exécution de la démarche (III – 1.1.2., III – 1.1.3). Il est pertinent de vérifier les résultats avec le CTQ du client et le CTQ du consommateur parce que la simple application des solutions Lean Six Sigma, qui sont correctes et avantageuses pour l'entreprise, ne garantit pas une réussite du projet LSS. Ceci peut arriver dans le cas où les améliorations apportées provoquent un mécontentement des consommateurs, ou bien si elles diffèrent du motif du lancement de cette démarche : la réalisation des exigences du client du projet. Dans ce cas, avec les outils Lean Six Sigma, on peut aussi bien obtenir de meilleures performances en termes de délais, de productivité ou de qualité des processus jugés inutiles pour les clients, que concevoir des produits ou des processus qui ne répondent pas à leurs attentes.

Dans le but d'examiner la justesse et l'efficacité des changements apportés d'une manière plus précise, on peut évaluer la satisfaction du client du projet et des consommateurs, en s'appuyant sur les données réelles telles que le taux de retour client, le nombre de clients fidèles et le volume de vente (III – 1.2). Suite à une analyse approfondie des résultats de la démarche, les changements bénéfiques peuvent être standardisés et diffusés, où le projet s'achève (III – 1.3).

#### **4. Etape IV « S – Projet LSS » – Pérenniser les améliorations LSS obtenues et poursuivre le développement de l'entreprise**

Dans le cadre du projet LSS, on réalise les trois roues de l'amélioration continue : MAICS – Lean, MAICS – Six Sigma et DMAICS – Projet LSS (cf. Figure III - 4). Conformément au concept du perfectionnement constant, chacune des roues doit être répétée cycliquement jusqu'à obtenir une amélioration satisfaisante. Dans le cas des roues pour Lean et Six Sigma, les phases « Control » évaluent les résultats obtenus et, si nécessaire, elles conduisent à recommencer respectivement MAICS – Lean ou MAICS – Six Sigma. Toutefois, la répétition de la roue DMAICS – Projet LSS en réponse à une évaluation négative des résultats dans le C – Projet LSS exige d'être reportée. Ceci est recommandé parce qu'un nouvel emploi de moyens financiers, humains et de temps pour refaire la démarche nécessite un accord de la part de la direction et une attribution des ressources appropriées. De plus, un changement éventuel d'environnement de l'entreprise ou l'acquisition de nouvelles compétences du domaine du Lean Six Sigma pourrait rendre les actions correctives plus efficaces dans l'avenir. Pour cette raison, parmi toutes les solutions appliquées, on doit maintenir et diffuser seulement les changements favorables au sein du processus « Développer la méthode d'application du LSS » (IV – 1.1). Or les autres solutions devraient être mentionnées dans les perspectives et les plans de développement de l'entreprise (IV – 1.2), où on pourrait donner des consignes pour établir les meilleures propositions dans le cadre du projet LSS suivant et distinct. Ainsi on exécute à la fois la roue d'amélioration continue DMAICS – Projet LSS, la vérification et la validation des résultats de cette démarche avec le cycle en V.

La réalisation de l'étape « Standardise » du projet LSS est présentée de façon détaillée dans le Tableau 10 - 7.

Tableau 10 - 4. Caractéristique de l'étape S – Projet LSS

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
Phase S – Lean Six Sigma 	<b>IV – 1. Pérenniser les améliorations LSS</b>	–	–	–	–
	<b>IV – 1.1. Développer la méthode d'application du LSS</b>	–	–	–	–
	IV – 1.1.1. Effectuer une formation	–	–	–	–
	IV – 1.1.2. Propager les meilleures pratiques	–	Zone 1 : benchmarking interne Zone 2 : zone 1	Zone 1 : best practices, Knowledge Management Zone 2 : zone 1	–
	IV – 1.1.3. Simplifier l'application des outils LSS	–	–	–	–
	<b>IV – 1.2. Définir les perspectives et les plans de développement de l'entreprise</b>	–	Zone 1 : diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	–	–
	<b>IV – 1.3. Développer la culture d'organisation</b>	–	–	–	–
	IV – 1.3.1. Appliquer l'autonomisation du travail	–	Zone 1 : Lean Management, cross training Zone 2 : zone 1	Zone 1 : Knowledge Management Zone 2 : zone 1	–
	IV – 1.3.2. Transformer les connaissances tacites en connaissances explicites	–	Zone 1 : Lean Management Zone 2 : zone 1	Zone 1 : Knowledge Management Zone 2 : zone 1	–
	IV – 1.3.3. Apprendre l'autonomie en amélioration	–	Zone 1 : Lean Management Zone 2 : zone 1	Zone 1 : Knowledge Management Zone 2 : zone 1	–
IV – 1.3.4. S'auto-améliorer	–	Zone 1 : diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	Zone 1 : E.F.Q.M. Zone 2 : zone 1, audit interne ISO	Zone 1 : indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS Zone 2 : zone 1	

Localisation du processus dans le projet LSS	Nom du processus appartenant au projet LSS	Emploi du cycle en V lors de la réalisation du processus	Méthodes, techniques, outils et indicateurs à réaliser les processus		
			du domaine du LSS	du domaine de la gestion des processus	nos propres propositions
	<b>IV – 1.4. Maintenir l’engagement efficacement</b>	–	Zone 1 : diagramme de Gantt Zone 2 : zone 1	–	–
	IV – 1.4.1. Maintenir l’engagement durable des tous les employés, y compris la direction	–	–	Zone 1 : gestion des ressources humaines Zone 2 : zone 1	–
	IV – 1.4.2. Maintenir le système de motivation	–	Zone 1 : Lean Management, Kaizen, système de suggestions du personnel Zone 2 : zone 1	Zone 1 : système de motivation basé sur les récompenses, gestion des ressources humaines Zone 2 : zone 1, système de motivation basé sur l’évolution de carrière	–
	IV – 1.4.3. Communiquer les changements aux propriétaires des processus modifiés	–	Zone 1 : carte de standardisation du travail, Visual Management Zone 2 : zone 1	–	–
	IV – 1.4.4. Communiquer les résultats	–	Zone 1 : Visual Management Zone 2 : zone 1	–	–

#### **4.1. Phase S – Lean Six Sigma**

Dans le cas où des résultats satisfaisants ont été obtenus dans l’étape C – Projet LSS, on peut commencer les actions de standardisation et de développement par le maintien des performances apportées. Dans ce but, on doit utiliser le processus du développement de la méthode d’application du LSS (IV – 1.1) qui comprend les formations adéquates (IV – 1.1.1), la diffusion des meilleures pratiques (IV – 1.1.2) et la simplification d’application des outils LSS (IV – 1.1.3).

Les formations, étant le premier élément qui renforce les améliorations, constituent un pas indispensable pour acquérir des compétences et surmonter la résistance au changement. Ainsi il faut assurer la connaissance du concept et des outils Lean Six Sigma dans la mesure appropriée à la fonction dans la société. Dans un premier temps, il faut entreprendre les

formations externes pour les chefs de la production afin qu'ils puissent transmettre les connaissances acquises aux autres employés à l'intérieur de l'usine. Dans une entreprise en pleine croissance, la diffusion des meilleures pratiques est également un excellent moyen de développement. Ainsi, en s'appuyant sur les règles du benchmarking interne, les simples échanges des best practices et les bases de Knowledge Management, on réussit un partage fructueux de compétences entre les employés de services différents qui font face aux problèmes similaires.

Après les phases S – Lean et S – Six Sigma, on a donc élaboré les standards d'utilisation des solutions Lean Six Sigma qui constituent la base des critères de qualité et d'efficacité dans l'organisation. Or on peut traiter pratiquement l'intégralité du fonctionnement de l'entreprise comme objet de standardisation. Donc, les standards sont un élément très important pour régler les responsabilités dans la zone de pré-production, de production et de post-production. Cependant, une standardisation malmenée peut provoquer un résultat négatif sous forme de surcharge bureaucratique. Ceci signifie une standardisation trop détaillée et omniprésente dont l'exécution est surveillée excessivement (Harmol et Mantura, 1998). Par conséquent, il est pertinent d'implémenter les actions qui peuvent simplifier l'utilisation des outils LSS (IV – 1.1.3) et actualiser les standards suite au progrès technique et aux changements dans l'usine.

Quand les changements favorables sont consolidés et diffusés dans l'entreprise, on peut proposer de les approfondir et de les améliorer lors du processus des perspectives et des plans de développement de la société (IV – 1.2). On peut alors également reconsidérer d'appliquer les autres bonnes solutions dans l'avenir. Ceci concerne les plans d'actions qui sont bénéfiques, mais dont l'implémentation n'a pas eu lieu à cause de moyens financiers limités, du manque de compétences suffisantes ou de la faible importance par rapport aux exigences actuelles du client du projet. Dans ce cas, on peut se servir du diagramme de Gantt afin de planifier les actions futures (Goldratt, 2000).

La pérennisation des améliorations (IV – 1) ne sera pas réussie sans le développement approprié de la culture d'organisation (IV – 1.3), ni sans le maintien intense de l'engagement et des efforts en amélioration continue de la part de tous les employés (IV – 1.4) (Leseure-Zajkowska et Grudowski, 2009). Ceci constitue également les facteurs favorables au développement d'organisation. C'est une conséquence du fait que les outils employés par Lean Six Sigma pour augmenter la qualité et l'efficacité des processus d'entreprise, sont basés

également sur la gestion des ressources humaines. Par conséquent, on recommande d'utiliser les éléments du Lean Management et du Knowledge Management qui favorisent le développement du potentiel humain et encouragent le personnel à s'impliquer en amélioration d'organisation.

Parmi les facteurs qui déterminent la réussite de la démarche Lean Six Sigma, il y a la pérennisation efficace et durable des changements, la compréhension du cœur du concept, l'implication de tous les employés et l'apprentissage de l'autonomie. Dans le but de maintenir les changements efficacement, il faut tenir compte du fait que les systèmes basés sur les hommes se caractérisent par une capacité d'évoluer grâce aux efforts du personnel, mais également susceptibles d'échouer à cause du manque d'intérêt de ses principaux acteurs. Pour cette raison, il faut éviter de considérer les programmes du type de LSS comme des actions temporaires. Les autres clefs de réussite de la démarche consistent également en un engagement constant de la direction et en une motivation du personnel à participer au projet. En outre, il faut créer une culture d'organisation qui répond au concept d'auto-amélioration. En effet, l'entreprise, qui possède une certaine autonomie et la connaissance, est capable de faire preuve de créativité et d'ingéniosité en amélioration continue.

Le processus « Développer la culture d'organisation » vise à entreprendre les actions qui pourraient mener l'entreprise à devenir auto-apprenante et auto-améliorante, en s'appuyant sur la gestion des ressources humaines et sur le développement du potentiel du personnel avec le Lean Management. La base de cette démarche consiste à libérer et à exploiter des compétences inconnues des employés, ainsi qu'à les encourager à les partager. Dans ce but, la direction, qui emploie le Lean Management, doit accorder plus de confiance et plus de liberté à ses salariés dans l'exécution de leurs tâches afin qu'ils deviennent « les spécialistes de leurs processus », plus de compétences et de valeur. Par conséquent, il faut effectuer l'autonomisation du travail (IV – 1.3.1) avec la délégation des pouvoirs et accroître le sentiment de responsabilité. Une autonomisation réussie doit être renforcée par le cross training (The Productivity Press Development Team, 1999) qui permet aux employés d'obtenir la polyvalence. Le personnel encouragé et autorisé de cette manière peut se montrer ingénieux, en proposant des méthodes plus efficaces pour l'exécution des tâches et pour l'amélioration des conditions de travail tout en augmentant la qualité des produits. Dans cette situation, il s'agit de transformer des connaissances tacites en connaissances explicites (IV – 1.3.2) qui peuvent être échangées au sein de l'équipe ou diffusées sur les postes similaires.

Sur la base du respect et de la confiance mutuels, de la délégation des pouvoirs et de l'écoute des idées du personnel, il devient finalement possible d'entreprendre les étapes suivantes de développement d'organisation : l'amélioration en autonomie (IV – 1.3.3) et l'auto-amélioration (IV – 1.3.4).

La première action pour apprendre à mener des projets d'amélioration d'une manière autonome consiste à acquérir des connaissances grâce aux formations et au consulting concernant la philosophie Lean Thinking, le concept des six sigmas et l'emploi des outils Lean Six Sigma. Dans cette situation, il est fortement recommandé de limiter le rôle du consultant LSS à soutenir et non à effectuer les améliorations à la place des employés. En effet, c'est uniquement de cette manière qu'on peut préparer l'organisation au management autonome qui permet d'apprendre à définir et à résoudre les problèmes, à gérer les flux, à maîtriser la qualité des procédés et à employer les outils appropriés. Par conséquent, l'entreprise devrait acquérir la capacité d'apprentissage et développer sa créativité et son autonomie (Real et al., 2007).

Le fait d'acquérir une capacité de mener un projet LSS d'une manière autonome est un pas vers l'auto-amélioration d'organisation. Néanmoins, pour pérenniser correctement les changements apportés avec le concept Lean Six Sigma, il est indispensable de gérer l'évolution de cette démarche, ce qui permet de planifier les solutions adéquates et de protéger le projet de la stagnation. A cause de difficulté de maintenir la discipline nécessaire pour conserver le projet, il est recommandé d'envisager d'appliquer les actions d'auto-amélioration basées sur l'auto-évaluation. Pour cela, on peut utiliser d'une part le diagramme de Gantt pour planifier la surveillance régulière, et d'autre part, les audits internes ISO pour en effectuer le contrôle. Une autre solution consiste à faciliter l'auto-évaluation d'organisation grâce à notre proposition d'indicateur de maturité d'une PME pour le projet LSS qui a été décrit au sein de l'étape D – Projet LSS. Conformément à son rôle principal, l'indicateur proposé désigne l'élan du projet le plus adapté aux conditions de fonctionnement de l'entreprise. Cependant, il peut être également utilisé en tant qu'un outil d'auto-évaluation de la société, en indiquant ses points faibles à traiter lors du prochain projet d'amélioration.

De plus, dans le cadre de ce travail, nous proposons de compléter l'auto-évaluation du fonctionnement et des résultats d'entreprise avec une modification appropriée du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 qui prend en compte la méthodologie Lean Six Sigma pour les

PME. La modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. et les actions d'améliorations recommandées se trouvent dans le Tableau 10 - 8.

**Tableau 10 - 5. Proposition de modification des critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. 2010 qui prend en compte Lean Six Sigma pour les PME et les actions d'amélioration**

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
Facteurs / Critère 3. Personnel	<b>3f. Culture d'organisation favorable à développement du potentiel humain selon le concept Lean Six Sigma</b>	-
	Connaissance basique de la philosophie Lean Thinking et du concept des six sigmas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation</li> </ul>
	Capacité d'employer les outils Lean Six Sigma sur le terrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation</li> </ul>
	Transformation continue des connaissances tacites en connaissances explicites	<ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• motivation, félicitation, maintien de l'engagement</li> </ul>
	Engagement durable de tous les employés pour l'amélioration continue, y compris la direction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• culture d'amélioration continue, de délégation des pouvoirs, de coopération, de valorisation et de motivation,</li> <li>• intérêt et implication visibles en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Fonctionnement du groupe Kaizen dans l'entreprise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• création du groupe Kaizen et du système de suggestions du personnel,</li> </ul>
	Fonctionnement du système de suggestions du personnel dans l'entreprise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• motivation, valorisation,</li> <li>• récompenses pour les performances,</li> <li>• communication des résultats</li> </ul>
	Autonomisation du travail avec délégation des pouvoirs et augmentation du sentiment de responsabilité pour les tâches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• exécution de la transformation Lean par la direction</li> </ul>
	Autonomisation du travail renforcée par le cross training intragroupe pour permettre d'obtenir la polyvalence aux employés	
	Coopération dans les équipes autonomes orientées sur le processus et dans les groupes de travail dans les cellules en U	
	Echanges de connaissances avec l'équipe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transformation des connaissances tacites en connaissances explicites,</li> <li>• travail en équipe, cross training</li> </ul>
	Diffusion des bonnes pratiques sur les postes similaires à travers de l'usine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transformation des connaissances tacites en connaissances explicites,</li> <li>• benchmarking interne</li> </ul>
	Communiquer aux employés les résultats des actions auxquelles ils se sont engagés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• informations sur l'importance pour l'entreprise de la prise en compte des idées du personnel</li> </ul>
	Communiquer les performances simplifiées de l'usine, les techniques de Visual Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>• valorisation et intérêt visibles pour les efforts des employés en amélioration continue</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Développement de la culture d'organisation par la direction, en se basant sur une relation de confiance, du respect, de valorisation, de motivation et d'échange	<ul style="list-style-type: none"> <li>• exécution de la transformation Lean par la direction</li> </ul>
	Création d'une organisation auto-apprenante et auto-améliorante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transformation des connaissances tacites en connaissances explicites,</li> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• échanges de connaissances avec l'équipe,</li> <li>• apprentissage à mener les projets d'amélioration continue d'une manière autonome,</li> <li>• système de motivation, maintien durable de l'engagement</li> </ul>
	Capacité de mener un projet d'amélioration continue basé sur Lean Six Sigma d'une manière autonome	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation, connaissance de la philosophie Lean Thinking et du concept des six sigmas, capacité d'employer les outils Lean Six Sigma sur le terrain,</li> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• échanges de connaissances avec l'équipe,</li> <li>• système de motivation, maintien durable de l'engagement</li> </ul>
	Valorisation et intérêt porté aux résultats du travail du groupe Kaizen et du programme d'idées du personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• création d'une culture d'amélioration continue basée sur Lean Six Sigma,</li> <li>• récompenses pour les performances,</li> <li>• communication des résultats,</li> <li>• intérêt et implication visibles en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Récompenses pour les améliorations appliquées par la suite du travail du groupe Kaizen et du programme d'idées du personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système de motivation basé sur les prix, les récompenses financières et matérielles et sur l'évolution de carrière</li> </ul>
Facteurs / Critère 5. Processus, Produits et Services	<b>5f. Processus, produits et services basés sur Lean Six Sigma</b>	–
	<b>5f-1. Système maigre de fabrication</b>	–
	Production variée et flexible aux changements de la demande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flux continu avec minimalisation de la taille de lot,</li> <li>• système Kanban,</li> <li>• équilibrage du programme de fabrication avec Heijunka,</li> <li>• évitement du gaspillage, notamment la surproduction,</li> <li>• élargissement du système tiré ou tendu sur toute la chaîne logistique</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Production accordée à la cadence des demandes clients et évitement de la surproduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• production à la commande qui donne plus de flexibilité, ce qui permet d'augmenter la diversification de fabrication,</li> <li>• réalisation des opérations uniquement en réponse à la demande, sans chercher la productivité maximale du personnel et des machines,</li> <li>• flux continu avec le système Kanban et Heijunka</li> </ul>
	Réaction rapide aux changements de demandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode de lissage de la production Heijunka</li> </ul>
	Impact atténué des fluctuations de commandes client sur la stabilité de la production	<ul style="list-style-type: none"> <li>• équilibrage du volume de la production, en diminuant la taille de lot et en utilisant le système Kanban avec la méthode de lissage de la production Heijunka</li> </ul>
	Synchronisation des flux physiques à la même cadence déconnectée des arrêts et des stocks en-cours	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assurance du flux de la valeur sans perturbations grâce à la réalisation des opérations, qui apportent de la valeur ajoutée au bien ou au service, avec le flux continu et en évitant défauts, attentes et pauses (file d'attente, pannes, long délais de changement de série),</li> <li>• évitement des stocks d'en-cours grâce à la mise en œuvre du flux continu et à l'élimination du gaspillage,</li> <li>• mise en œuvre d'organisation des postes de travail 5S,</li> <li>• développement des compétences des employés,</li> <li>• maintien des relations partenaires avec les fournisseurs</li> </ul>
	Productivité élevée des goulots d'étranglement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identification des goulots d'étranglement de la chaîne de la valeur (analyse de la chaîne de la valeur pour chaque famille de produits),</li> <li>• élimination du gaspillage sur le poste du goulot d'étranglement,</li> <li>• assurance du travail constant sur le poste du goulot d'étranglement</li> </ul>
	Utilisation des supermarchés et des files d'attentes pour gérer la production des processus impossibles à unir en un système à flux continu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système Kanban</li> </ul>
	Utilisation du planning de la demande pour diriger le montage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système Kanban avec la méthode de lissage de la production Heijunka</li> </ul>
	Maintien d'un en-cours faible de production Work-In-Process (WIP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en œuvre du flux continu,</li> <li>• évitement des stocks en-cours excessifs,</li> <li>• production à la commande</li> </ul>
	Minimalisation de la taille de lot de production	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en œuvre du flux continu,</li> <li>• production à la commande</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Contrôle strict du volume des stocks	<ul style="list-style-type: none"> <li>nombre de composants à fabriquer indiqué par la carte Kanban (système Kanban),</li> <li>volume maximal de stock des produits semi-finis limité par la capacité du supermarché ou de la file d'attente FIFO (système Kanban)</li> </ul>
	Niveau bas de stock en-cours	<ul style="list-style-type: none"> <li>cellules de production en U (flux continu),</li> <li>petit lot de production ou flux pièce-à-pièce (flux continu),</li> <li>limite du volume de stock par la capacité de file d'attente FIFO (système Kanban)</li> </ul>
	Niveau bas de stock des produits semi-finis	<ul style="list-style-type: none"> <li>production à la commande,</li> <li>éviter de la surproduction grâce au flux continu, au système Kanban et à l'équilibrage du programme de fabrication avec Heijunka,</li> </ul>
	Niveau bas de stock des produits finis	
	Rotation de stocks élevée	
	Surface minimale des stocks	<ul style="list-style-type: none"> <li>minimalisation du stock des matières premières, des produits semi-finis et des produits finis,</li> <li>réduction des stocks en cours,</li> <li>production à la commande</li> </ul>
	Délais court de stockage des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> <li>coopération avec les fournisseurs localisés dans les environs de l'usine,</li> <li>livraisons fréquentes,</li> <li>exploitation totale des capacités de production des fournisseurs,</li> <li>orientation sur la qualité des livraisons</li> </ul>
	Temps minimal du transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>éviter des déplacements inutiles des pièces, des hommes et d'informations,</li> <li>optimisation du transport</li> <li>éviter de double manipulation</li> </ul>
	Temps minimal d'attente d'un employé à la fin d'opération en amont	<ul style="list-style-type: none"> <li>équilibrages des charges sur la ligne de production et des cellules en U (flux continu),</li> <li>production en petits lots ou flux pièce-à-pièce (flux continu),</li> <li>réduction des stocks en cours,</li> </ul>
	Temps minimal d'attente d'un employé à la fin du travail de machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>équilibrages des charges sur la ligne de production (flux continu),</li> <li>production en petits lots ou flux pièce-à-pièce (flux continu)</li> </ul>
	Evitement des tâches inutiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>éviter d'excéder les spécifications client pour ne pas augmenter les coûts et ne pas ralentir la fabrication,</li> <li>emploi des outils et procédures appropriés,</li> <li>éviter des défauts</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Emploi optimal des matières premières, des moyens de production et du temps sur chaque poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évitement de la surproduction, des tâches inutiles, des stocks excessifs, du transport excessif, d'attente, des mouvements inutiles,</li> <li>• production à la commande,</li> <li>• orientation sur le niveau de qualité des six sigmas</li> </ul>
	Organisation des postes du travail sans mouvements inutiles de l'employé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• organisation des postes du travail basée sur le système 5S et les solutions ergonomiques,</li> <li>• approche des pièces difficiles à accéder,</li> <li>• évitement des déplacements excessifs d'employé entre les opérations (diagramme Spaghetti),</li> <li>• évitement de déballage excessif</li> </ul>
	Plan d'arrangement des machines dans l'ordre du flux du produit fabriqué, y compris les cellules de production en U	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réorganisation de l'usine qui permet de mettre en œuvre le flux continu</li> </ul>
	Organisation des postes du travail en cellules avec le flux pièce-à-pièce ou le flux par petits lots	
	Fabrication en cellules qui optimise l'équilibre des charges du travail entre les employés et qui est orientée sur le type de produit et non sur la productivité	
	Accessibilité des outils nécessaires et efficaces sur le poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TPM</li> </ul>
	Court délai de changement de série des machines et d'équipement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en œuvre du SMED avec la standardisation des changements de série et les symboles du contrôle visuel,</li> </ul>
	Maintenance des machines basée sur l'entretien, la prévention, les prévisions d'usure et des pannes, et non sur les réparations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entretien des machines au sein du système 5S,</li> <li>• activités d'entretien et de réparation primaires par les employés sur leurs postes du travail,</li> <li>• TPM,</li> <li>• étude de l'efficacité des machines (analyse de capacité de machines)</li> </ul>
	Transparence et clarté dans la description des outils	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système 5S, standardisation, symboles du contrôle visuel</li> </ul>
	Utilisation des cartes de standardisation du travail sur les postes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• élaboration des cartes de standardisation du travail par les employés sur leurs postes du travail,</li> <li>• engagement des employés en amélioration continue</li> </ul>
	Répartition claire de responsabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en œuvre de l'équilibrage des charges sur la ligne avec les cartes de standardisation du travail,</li> <li>• simplification des flux physiques</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Rangement, sécurité et solutions ergonomiques sur les postes du travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système 5S,</li> <li>• réalisation des opérations et de leur sécurité conforme aux instructions comprises dans les cartes de standardisation du travail,</li> <li>• symboles du contrôle visuel</li> </ul>
	Prévention d'une panne imminente ou des zones dangereuses pour la santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• emploi des techniques du contrôle visuel et du système Poka-Yoke</li> </ul>
	<b>5f-2. Orientation sur le niveau de qualité des 6 sigmas et sur le client</b>	–
	Actions systématiques pour améliorer la qualité des produits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• emploi du MSP pour surveiller les processus et maîtriser leur qualité,</li> <li>• résolution des problèmes avec la méthode Six Sigma,</li> <li>• emploi des solutions simples du domaine du Lean pour réduire le nombre d'erreurs (système 5S, carte de standardisation du travail, contrôle visuel, système Poka-Yoke),</li> <li>• réduction de complexité grâce à la simplification des processus et des flux,</li> <li>• diffusion des bonnes pratiques sur les postes similaires à travers de l'usine,</li> <li>• revues d'actualité des procédures,</li> <li>• formations</li> </ul>
	Action corrective immédiate au cas d'apparition des défauts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• détection rapide des défauts et feedback rapide sur le processus étant à leur source (fabrication en petits lots dans les cellules en U, système Poka-Yoke – contrôle au poste suivant),</li> <li>• contrôle des défauts sur les opérations le plus en amont qui peuvent résulter en défauts ; feedback immédiat concernant les non-conformités (Poka-Yoke – contrôle à la source),</li> <li>• capacité de réaliser un contrôle à 100% des processus importants (système Poka-Yoke)</li> </ul>
	Evitement de transmettre les défauts aux postes en aval	<ul style="list-style-type: none"> <li>• arrêt de passage d'un composant défectueux au poste en aval grâce à l'arrêt de machine ou du processus dans le cas de risque de fabrication de rebuts (Poka-Yoke – contrôle automatique)</li> </ul>
	Diffusion dans l'entreprise des informations et feedbacks concernant une source de défauts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• structure organisationnelle aplatie,</li> <li>• meilleure communication,</li> <li>• groupe Kaizen,</li> <li>• analyse des sources de variabilité des processus clés avec la méthode Six Sigma</li> </ul>
	Orientation sur l'état de fabrication du « zéro défauts »	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réalisation correcte dès la première fois des opérations nécessaires (système Poka-Yoke)</li> </ul>
	Orientation sur le niveau de qualité des six sigmas dans les processus clé pour le client définis en tant que Critical-To-Quality (CTQ du client)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• emploi de la boîte à outils Six Sigma pour améliorer radicalement la qualité,</li> <li>• élimination du gaspillage</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Mesures du niveau de qualité des processus clés, de l'entreprise et des familles des produits	<ul style="list-style-type: none"> <li>étude du niveau de qualité du processus qui est une cause racine des défauts qui influent sur le CTQ du client (PPM, DPMO, niveau de sigma du processus),</li> <li>étude du niveau de qualité d'entreprise (PPM, DPMO, niveau de sigma d'entreprise),</li> <li>étude du niveau de qualité de famille des produits (PPM, DPMO, niveau de sigma de famille des produits)</li> </ul>
	Connaissance et réalisation du CTQ du client, soit des exigences critiques du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>identification du CTQ du client avec l'étude de la voix du client (VOC, diagramme CTQ, QFD, taux de retour client),</li> <li>adaptation de l'offre aux CTQ du client grâce à la livraison, dans un court délai et à un prix attractif, d'un produit qui répond aux besoins du client : remplit les caractéristiques critiques pour client, possède une bonne qualité et exempt d'éléments inutiles et coûteux,</li> </ul>
	Connaissance des défauts les plus importants qui influent sur le CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>brainstorming, diagramme des relations, diagramme de Pareto</li> </ul>
	Connaissance des causes d'apparition des défauts qui influent sur le CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyse causes-effets avec brainstorming, 5 why, histogramme, diagramme d'Ishikawa</li> </ul>
	Analyse de capacité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>mesures de capacité des procédés et interprétation de la variabilité</li> </ul>
	Connaissance des causes de variabilité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>brainstorming, diagramme d'Ishikawa</li> </ul>
	Connaissance des facteurs responsables pour la variabilité des processus qui sont les causes racines des défauts qui influent sur le CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>brainstorming, diagramme des relations, analyse de la corrélation, DOE, ANOVA</li> </ul>
	Assurance de la stabilité et de la capacité des processus	<ul style="list-style-type: none"> <li>emploi du MSP,</li> <li>maintenance avec la TPM,</li> <li>réalisation des opérations facilitée grâce au système 5S, aux cartes de standardisation du travail, et au contrôle visuel</li> </ul>
	Assurance de la précision du système de mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyse R&amp;R</li> </ul>
	Prévention des conséquences des erreurs lors de la conception d'un nouveau produit ou processus	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyse AMDEC</li> </ul>
	Contrôle de la qualité des livraisons	<ul style="list-style-type: none"> <li>contrôle de réception</li> </ul>
	Adaptation de l'offre d'entreprise (qualité, prix, délais, éléments du bien ou du service) au CTQ du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>orientation de l'organisation de gestion sur la réalisation des exigences critiques du client (CTQ du client) en termes de qualité, de temps et de prix,</li> <li>conception et fabrication des biens ou des services selon les attentes réelles du client</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Actions d'amélioration basées sur les critères d'efficacité, de simplicité, de rapidité et d'engagement minimum de ressources financières	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adaptation des actions d'amélioration aux besoins et capacités réels de l'entreprise</li> </ul>
Résultats / Critère 6. Résultats pour les Clients	<b>6c. Mesures de satisfaction client dans le contexte des paramètres clefs du Lean Six Sigma</b>	-
	Satisfaction client en termes de délais de réalisation de commande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• synchronisation des flux physiques (flux continu, système Kanban),</li> <li>• production flexible,</li> <li>• évitement de la surproduction,</li> <li>• production selon les commandes client,</li> <li>• niveau bas des stocks</li> </ul>
	Satisfaction client en termes de qualité d'un bien ou d'un service livré	<ul style="list-style-type: none"> <li>• étude des cause de la mauvaise qualité (choix inapproprié ou faible qualité des matières premières, endommagement pendant le transport, erreurs d'opérateur, procédé instable, procédures erronées),</li> <li>• actions correctives appropriées (maîtrise statistique des procédés, système Poka-Yoke, contrôle visuel, revue d'actualité des procédures, formation)</li> </ul>
	Satisfaction client en termes de prix d'un bien ou d'un service livré	<ul style="list-style-type: none"> <li>• évitement du gaspillage selon le management maigre,</li> <li>• recherche des économies avec Six Sigma,</li> </ul>
	Biens ou services exempts des éléments qui dépassent les exigences du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• conception et fabrication des biens ou des services selon les réelles attentes du client</li> </ul>
	Livraison des biens ou des services conformes au CTQ du client, soit aux exigences critiques du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• étude des besoins du client, identification du CTQ du client,</li> <li>• adaptation de l'offre aux CTQ du client grâce à la livraison, dans un délai court et à un prix attractif, d'un produit qui répond aux besoins du client : remplit les caractéristiques critiques pour client, possède une bonne qualité et exempt d'éléments inutiles, coûteux,</li> </ul>
Faible niveau de retour client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prévention des défauts,</li> <li>• protection des produits finis d'endommagement pendant le stockage (système 5S, ordre de consommation des stocks First-In-First-Out, réduction du volume de stocks) et le transport (évitement d'un déplacement des produits transportés grâce au système Poka-Yoke, minimalisation du transport avec la méthode de la tournée du laitier),</li> <li>• montage facilité pour le client (instructions claires, système de montage équipé des solutions Poka-Yoke)</li> </ul>	

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Nouveaux clients et fidélisation des clients existants	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adaptation de l'offre aux exigences du client par rapport au délai, au prix et à la qualité,</li> <li>• livraison des biens ou services conformes au CTQ du client,</li> <li>• orientation sur l'excellence à l'égard des paramètres critiques pour le client</li> </ul>
Résultats / Critère 7. Résultats pour le Personnel	<b>7c. Résultats pour le personnel d'organisation managé avec Lean Six Sigma</b>	-
	Soin du poste de travail dans le cadre du système 5S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation,</li> <li>• audits internes,</li> <li>• analyse des conditions de travail et des charges,</li> <li>• travail en équipe, participation au groupe Kaizen et au programme d'idées du personnel,</li> <li>• système de motivation,</li> <li>• intérêt et implication visibles en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Satisfaction des employés envers l'organisation du poste, l'équilibrage des charges et la polyvalence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analyse des conditions de travail et des charges de la ligne de production</li> </ul>
	Nombre de maladies professionnelles et d'accidents sur le lieu de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assurance de la sécurité et du confort sur le poste du travail avec le système 5S, les solutions ergonomiques et le contrôle visuel,</li> <li>• réduction de pénibilité grâce à l'équilibrage du travail, la polyvalence et l'humanisation du travail</li> </ul>
	Manque de résistance au changement Lean Six Sigma de la part du personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation du domaine du Lean Six Sigma,</li> <li>• mise en œuvre du système 5S,</li> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• système de motivation</li> </ul>
	Durabilité des améliorations Lean Six Sigma dans le temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• création d'une culture d'amélioration continue basée sur Lean Six Sigma,</li> <li>• système de motivation,</li> <li>• récompenses pour les performances,</li> <li>• communication des résultats,</li> <li>• engagement de tous les employés en améliorations Lean Six Sigma,</li> <li>• intérêt et implication visibles en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Participation dans le groupe Kaizen et le programme d'idées du personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> </ul>
	Sentiment de valorisation et d'appréciation des employés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• motivation, valorisation,</li> </ul>
Sentiment d'autoréalisation des employés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• récompenses pour les performances,</li> </ul>	
Sentiment d'intégration des employés dans leur équipe et l'organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• communication des résultats,</li> <li>• maintien de l'engagement,</li> </ul>	

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Nombre d'améliorations appliquées grâce au travail du groupe Kaizen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intérêt et implication visibles en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Nombre d'améliorations appliquées grâce au système de suggestions du personnel	
	Impact du système de suggestions du personnel et du groupe Kaizen sur les économies, la réduction de délai et des pannes des machines, les méthodes du travail plus efficaces, l'amélioration de la qualité des produits et sur les conditions de travail ergonomiques et de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomisation du travail, délégation des pouvoirs, travail en équipe, polyvalence,</li> <li>• échanges de connaissances avec l'équipe, diffusion des bonnes pratiques sur les postes similaires à travers de l'usine</li> </ul>
Résultats / Critère 9. Résultats clés	<b>9c. Résultats clés du Lean Six Sigma</b>	–
	Profit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des coûts de production, du stockage, du transport et de la non-qualité,</li> <li>• réduction du temps de la réalisation de commande client,</li> <li>• biens ou services adaptés aux attentes du client</li> </ul>
	Volume de ventes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• orientation sur les besoins du marché et le CTQ du client,</li> <li>• conception et fabrication des biens ou services selon les attentes réelles des clients,</li> <li>• adaptation de l'offre aux CTQ du client grâce à la livraison, dans un délai court et à un prix attractif, d'un produit qui répond aux besoins du client : remplit les caractéristiques critiques pour client, possède une bonne qualité et exempt d'éléments inutiles et coûteux,</li> <li>• production variée et flexible aux changements des demandes</li> </ul>
	Prix des biens ou des services	<ul style="list-style-type: none"> <li>• réduction des coûts dus à la faible qualité, à la surproduction, aux tâches inutiles et incorrectes, au temps d'attente, au stockage et transport excessifs et à la fabrication des biens et des services qui ne répondent pas aux besoins des consommateurs</li> </ul>
	Coûts des rebuts et des retours client	<ul style="list-style-type: none"> <li>• amélioration des niveaux de sigma,</li> <li>• protection des produits finis d'endommagement pendant le stockage (système 5S, ordre de consommation des stocks First-In-First-Out, réduction du volume de stocks) et le transport (éviter d'un déplacement des produits transportés grâce au système Poka-Yoke, minimalisation du transport avec la méthode de la tournée du laitier),</li> <li>• montage facilité pour le client (instructions claires, système de montage équipé des solutions Poka-Yoke)</li> </ul>
	Economies dues au travail du groupe Kaizen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• système de motivation du personnel,</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Economies dues au système de suggestions du personnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>valorisation et intérêt visibles pour les efforts des employés en amélioration continue de la part de la direction</li> </ul>
	Temps de la réalisation de commande client	<ul style="list-style-type: none"> <li>mise en œuvre de la production flexible,</li> </ul>
	Niveau de livraisons client dans le délai	<ul style="list-style-type: none"> <li>fabrication selon les commandes clients,</li> <li>réduction du gaspillage</li> </ul>
	Répartition du temps, qui apporte de la valeur ajoutée, dans le cycle de production (à partir du fournisseur jusqu'au client)	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyse de la chaîne de la valeur, y compris l'analyse de la valeur ajoutée, du gaspillage et l'identification des goulots d'étranglement,</li> </ul>
	Répartition du temps, qui apporte de la valeur ajoutée, dans la chaîne logistique (à partir du fournisseur jusqu'au client final)	<ul style="list-style-type: none"> <li>réduction du gaspillage selon le management maigre,</li> <li>élimination des tâches inutiles qui n'apportent pas de la valeur ajoutée</li> </ul>
	Temps de cycle de conception d'un nouveau bien ou service	<ul style="list-style-type: none"> <li>conception et fabrication de biens ou de services selon les attentes réelles du client qui ont été identifiées avec l'étude du marché, l'analyse de retour client, les interviews avec les clients clefs et le CTQ du client,</li> <li>éviter de concevoir les éléments d'un bien ou d'un service qui sont considérés comme inutiles par le client,</li> <li>réduction du gaspillage lors de la conception,</li> <li>emploi des plans d'expériences DOE pour accélérer la réalisation des tests</li> </ul>
	Temps de lancement d'un nouveau bien ou service au marché	<ul style="list-style-type: none"> <li>système Kanban</li> </ul>
	Nombre de pannes de l'équipement	<ul style="list-style-type: none"> <li>formation au sujet d'une exploitation correcte de l'équipement,</li> <li>formation et autorisation du personnel à pour les actions d'entretien et de réparation primaires sur son poste du travail,</li> <li>mise en œuvre du TPM</li> </ul>
	Niveau de sigma du processus	<ul style="list-style-type: none"> <li>surveillance et maîtrise de la qualité des procédés avec Six Sigma,</li> </ul>
	Niveau de sigma de famille des produits	<ul style="list-style-type: none"> <li>emploi des techniques de résolution des problèmes et d'analyse de la chaîne de la valeur pour chaque famille de produits,</li> </ul>
	Niveau de sigma d'entreprise	<ul style="list-style-type: none"> <li>mise en œuvre des solutions simples du domaine du Lean pour réduire le nombre d'erreurs (système 5S, carte de standardisation du travail, contrôle visuel, système Poka-Yoke),</li> <li>stratégie d'amélioration continue Kaizen,</li> <li>participation de tous les employés pour atteindre la qualité totale</li> </ul>

Groupes de critères /critères du Modèle E.F.Q.M.	Sous-critères du Modèle E.F.Q.M. proposés	Actions d'amélioration recommandées
	Nombre de salariés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• répartition optimale de charges et responsabilités (équilibre de la ligne de production, cellules en U),</li> <li>• utilisation du temps libre des opérateurs pour ranger leur poste du travail, entretenir l'équipement, participer au groupe Kaizen et au programme des idées du personnel, échanger les bonnes pratiques avec l'équipe et à travers de l'usine</li> </ul>
	Niveau bas d'accidents sur le lieu de travail, de maladies professionnelles et d'absences	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assurance de la sécurité et du confort sur les postes du travail avec le système 5S, les solutions ergonomiques et les symboles du contrôle visuel,</li> <li>• réduction de la pénibilité par l'équilibre des charges, la polyvalence et l'humanisation du travail</li> </ul>

Pendant le processus d'auto-amélioration, il faut éviter de mettre en œuvre les outils du domaine du LSS qui sont inutiles pour les besoins d'une organisation donnée. En effet, l'emploi des méthodes modernes de management doit être strictement adapté aux réelles attentes de chaque entreprise en particulier, comme soutenir et faciliter le fonctionnement efficient de l'organisation. Par conséquent, pendant l'amélioration des PME, il faut respecter les critères d'efficacité, de simplicité et d'engagement de peu de ressources humaines, financières et de temps.

En plus du développement de la culture de la société, un autre élément indispensable pour pérenniser effectivement les améliorations constitue la prise de conscience que Lean Six Sigma exige le système de motivation approprié et l'engagement durable pour réussir la transformation. Ainsi il est pertinent de s'ouvrir à une démarche durable d'amélioration au sein du projet LSS. C'est également une base pour appliquer Lean Six Sigma dans une entreprise de production, indépendamment de sa taille et de son secteur d'activité. Une telle démarche exige une connaissance pratique du Lean Six Sigma et une réelle implication de tous les employés, y compris la direction (IV – 1.4.1) (Ballé, 2005). En effet, lors de la création d'une nouvelle culture d'organisation, le rôle essentiel appartient à la direction. Selon les principes de gestion du Lean Management (Womack et Jones, 1996) et du Knowledge Management, la direction doit mener la transformation Lean et gérer l'évolution de la méthode Lean Six Sigma. Par conséquent, la direction doit être capable d'établir une relation de confiance, de respect et

d'encouragement. Sur cette base la direction peut fonder une structure d'amélioration continue qui motive les employés à partager leurs connaissances. De cette manière, l'organisation auto-apprenante peut transformer les connaissances tacites en connaissances explicites et obtenir l'augmentation du potentiel des connaissances qui appartient à l'entreprise. Ainsi la nécessité d'établir une relation fortement positive entre la direction et les salariés, basée sur l'ambiance de partage des compétences, l'autonomisation et l'engagement mutuel en projet Lean Six Sigma, devient une condition clef de réussite de cette démarche (Ho et al., 2008).

Le système de motivation (IV – 1.4.2) favorable à l'amélioration continue doit avant tout être basé sur la création de la culture de coopération, d'échange, du respect et de félicitation conformément aux principes du Lean Management. Par conséquent, le travail en équipe devient la chose essentielle qui permet d'intégrer les employés, de partager les connaissances avec le groupe et de mieux comprendre l'importance de son processus pour la ligne de production.

Dans le cas des entreprises d'une faible maturité pour l'amélioration continue, le système de motivation doit s'appuyer surtout sur le système de suggestions du personnel et le groupe Kaizen. Le rôle de ces techniques consiste à stimuler leur activité et leur créativité pour résoudre les problèmes concernant les économies, le délai, l'amélioration de la qualité des produits, la réduction des pannes des machines et la création des conditions de travail ergonomiques et de sécurité. Le système de suggestions du personnel et le groupe Kaizen visent également à intégrer les employés dans l'organisation, en leur expliquant leur grande importance pour le bon fonctionnement de l'usine. Le groupe Kaizen peut apporter son aide pour élaborer les idées du personnel. Ainsi la participation des spécialistes de domaines différentes peut servir à perfectionner les propositions des employés afin de les mettre en œuvre. Il est recommandé que toutes les améliorations trouvent la valorisation de la part de la direction. La meilleure façon d'apprécier les efforts du personnel et l'utilité de ses idées consiste à développer les actions de valorisation comme les prix, les félicitations publiques ou la photographie dans le journal de l'usine. Dans le cas d'application des améliorations issues du système de suggestions du personnel, on peut également prévoir des récompenses financières ou matérielles.

Dans le but d'approfondir la motivation, les entreprises plus développées peuvent également organiser le groupe Kaizen et le système de suggestions du personnel, et inciter le personnel à participer au projet LSS afin de faire évoluer sa carrière.

La dernière des actions de motivation consiste à communiquer régulièrement : les changements aux propriétaires des processus modifiés (IV – 1.4.3), l'importance pour l'entreprise des améliorations proposées et appliquées par les employés, les performances d'usine (IV – 1.4.4). Dans ce but, on peut utiliser les techniques de Visual Management, notamment le tableau d'informations. Le fait de communiquer les résultats d'actions, dans lesquelles les employés se sont impliqués, les stimule à proposer d'autres améliorations, donne du sens et de l'importance à leurs efforts et crée le sentiment de valorisation et d'intégration avec l'organisation.

Même si l'étape de standardisation des performances est souvent sous-estimée, elle joue un rôle très important dans la pérennisation des améliorations apportées. Elle s'est basée sur la standardisation, le développement de la culture d'organisation et le maintien durable de l'engagement du personnel dans l'amélioration continue. Le premier résultat tangible du projet LSS consiste à réaliser les attentes du client du projet, à rendre le fonctionnement de l'usine plus performant et plus économique, ainsi qu'à augmenter radicalement la qualité des produits. De plus, le projet LSS effectué correctement devrait apporter le développement du potentiel humain qui conduit les employés à l'autoréalisation et permet d'atteindre un niveau plus élevé de maturité organisationnelle et qualitative de l'entreprise.



## **11. Annexe III**

## PRIMITIVES DE VALUE STREAM MAPPING 4

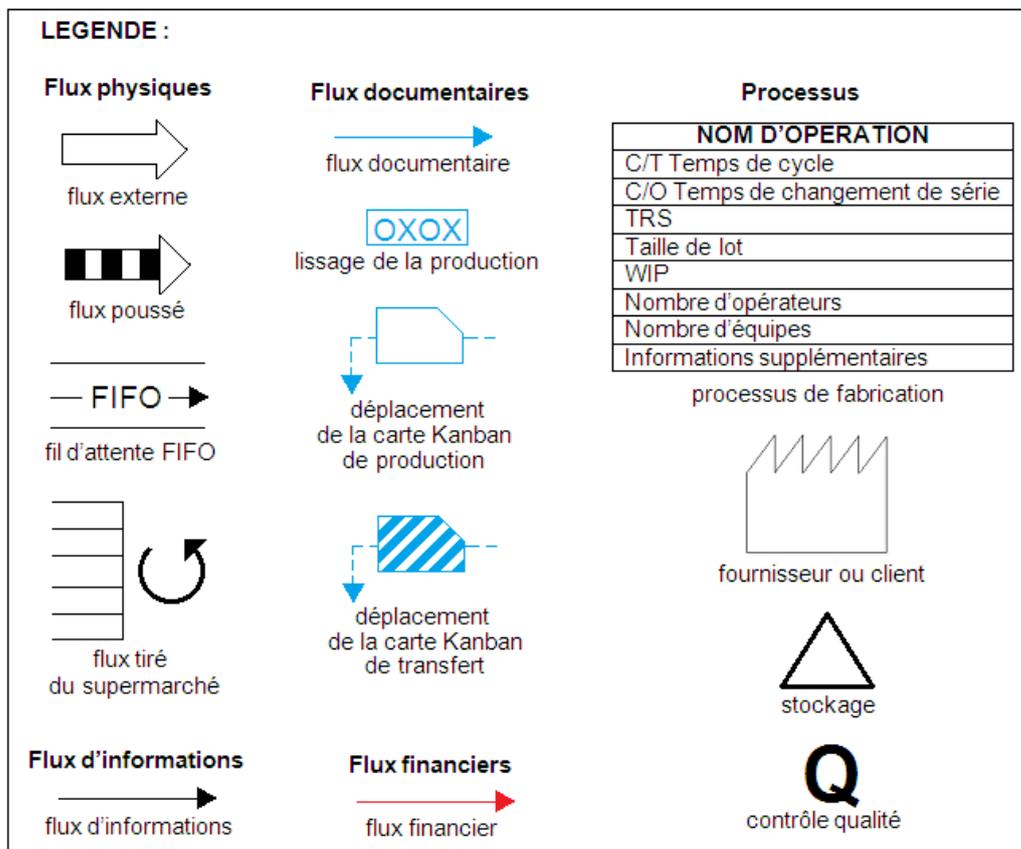


Figure 11 - 1. Légende pour VSM4



## **Titre : Contribution à l'implantation de la méthode Lean Six Sigma dans les Petites et Moyennes Entreprises pour l'amélioration des processus**

**Résumé :** A l'image des grands groupes, les petites et moyennes entreprises souhaitent, elles aussi, profiter des méthodes modernes de management pour améliorer leurs processus, leurs performances et leur compétitivité. L'intérêt du secteur des PME se porte sur les éléments du concept Lean Six Sigma qui leur semblent appropriés pour réaliser ces objectifs. Après avoir constaté une lacune dans les recherches sur ce sujet et une lacune méthodologique concernant l'implémentation du LSS dans les petites et moyennes entreprises, nous proposons une méthodologie de conception, de contrôle et d'amélioration du Lean Six Sigma pour ces PME, que nous avons appelée LSS Plutus. Elle est dédiée aux petites et moyennes entreprises de la production et elle prend en compte leur spécificité. Dans ce but, nous avons restreint la boîte à outils traditionnelle du LSS utilisée dans les grands groupes. Nous avons également créé deux variantes pour mettre en œuvre notre méthodologie qui correspondent aux besoins, capacités et maturités différents des PME. Nous avons élaboré des indicateurs, des outils, ainsi qu'un guide d'application de la méthode LSS pour les PME de production et sa version informatique en TIBCO. Nous avons décidé de renforcer l'efficacité des améliorations, en déployant les actions de planification, de standardisation et de pérennisation des changements. Dans ce but, nous proposons de modifier les critères du Modèle d'Excellence E.F.Q.M. pour qu'il puisse prendre en compte les conditions de fonctionnement de la méthode Lean Six Sigma dans les PME. La méthodologie proposée a été vérifiée dans deux PME de production en Pologne et en France, ce qui a confirmé son **utilité** et son **efficacité** en termes d'amélioration des performances et de développement des organisations.

**Mots-clefs :** Lean Six Sigma, PME, BPM, BPMN, amélioration continue, E.F.Q.M.

---

## **Title: Contribution to the implantation of the Lean Six Sigma method in the Small and Medium Enterprises to improve the process**

**Abstract:** As well as the large companies, also the small and medium-sized enterprises desire to take advantage of modern management methods to improve their process, their performances and competitiveness. The interest of the SMEs is focused on the elements of the Lean Six Sigma concept that seem to be appropriate to achieve these goals. As we have identified a gap in the research on this topic and a methodological gap about the LSS implementation in the small and medium companies, we propose a methodology that we called LSS Plutus to design, control and improve Lean Six Sigma in the SMEs. It is dedicated to the small and medium production enterprises and it takes into account their specificity. For this purpose, we have limited the traditional LSS toolbox used by the large companies. We have also created two variants to apply our methodology according to the different needs, capacities and maturities of the SMEs. We have developed indicators, tools, as well as a practical guide for applying the LSS for the production SMEs and its computerized version in TIBCO. To enhance the effectiveness of the improvements, we have deployed the planning, standardization and sustainability of the changes. For this purpose, we propose to modify the criteria of the EFQM Excellence Model in order to adapt it to the operating conditions of the Lean Six Sigma method in the SMEs. The proposed methodology has been verified in two production SMEs in Poland and in France that confirmed its **utility** and **effectiveness** in terms of performance improvement and organizational development.

**Key words:** Lean Six Sigma, SMEs, BPM, BPMN, continuous improvement, EFQM