Contribution à la modélisation de la Supply Chain pour le pilotage, l'évaluation de la performance et l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 : Application au cas automobile de PSA Maroc

Yousra El Kihel

▶ **To cite this version:**

Yousra El Kihel. Contribution à la modélisation de la Supply Chain pour le pilotage, l'évaluation de la performance et l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 : Application au cas automobile de PSA Maroc. Automatique / Robotique. Université de Bordeaux; Université Sidi Mohamed ben Abdellah (Fès, Maroc), 2021. Français. NNT : 2021BORD0194 . tel-03916740

HAL Id: tel-03916740
https://theses.hal.science/tel-03916740

Submitted on 31 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE EN COTUTELLE PRÉSENTÉE

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR DE

L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ET DE L'UNIVERSITÉ USMBA DE FÉS

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGÉNIEUR UBX

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGENIEUR USMBA

SPÉCIALITÉ PRODUCTIQUE & GÉNIE INDUSTRIEL

Par Yousra EL KIHEL

Contribution à la modélisation de la Supply Chain pour le pilotage, l'évaluation de la performance et l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 : Application au cas automobile de PSA Maroc

Sous la direction de Yves DUCQ, Driss AMEGGOUZ
Co-encadrante : Anne ZOUGGAR-AMRANI

Soutenue le : 16 Juillet 2021 à 10 :00
Membres du jury :

M. EL HAMOUMI, Mohamed	FST - Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	Président
Mme. BERRAH, Lamia	Université Savoie Mont Blanc	Rapporteur
M. CHARKAOUI, Abdelkabir	Université Hassan 1 er de Settat	Rapporteur
M. BOUTAHARI, Saïd	Ecole Supérieure de Technologie de FES	Rapporteur
Mme. ZOUGGAR-AMRANI, Anne	Université de Bordeaux	Co-encadrante
M. DUCQ, Yves	Université de Bordeaux	Directeur de thèse
M.AMEGOUZ, Driss	Ecole Supérieure de Technologie de FES	Directeur de thèse
M. BABAI, Mohamed Zied	Kedge Business School Bordeaux	Examinateur
M. ALFAKIR, Ahmed	Groupe PSA site de Kenitra Maroc	Invité

Titre : Contribution à la modélisation de la Supply Chain pour le pilotage, l'évaluation de la performance et l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 : Application au cas automobile de PSA Maroc

Résumé :

La modélisation et la mesure de la performance des supply chains (SC) ont été largement abordées par les chercheurs et les entreprises, notamment par des modèles comme SCOR (Supply Chain Operationnal Reference Model). Cependant, même si plusieurs modèles existent, aucun n'est spécifiquement orienté pour le pilotage de la conception et de l'exploitation de la SC. Une Supply Chain internationale, dite globale, est complexe caractérisée par une multitude de partenaires, une diversité de modes de transports, une variété de fonctions, de processus et une profusion de décisions à prendre à tous les niveaux décisionnels stratégique, tactique et opérationnel.
Le défi est de prodiguer aux décideurs d'une SC une large visibilité des décisions potentielles et des impératifs pour aboutir à un réseau fiable d'entreprises.
La première contribution de cette thèse se veut être un modèle de référence appelé PERFLOG basé sur la méthode GRAI développée au laboratoire IMS. Il s'agit dans ce modèle de mettre en exergue les multiples fonctions de la SC et non uniquement une modélisation limitée à la production. PERFLOG s'articule autour de deux modèles : un modèle décisionnel pour le pilotage de la conception d'une SC appelée GRAILOG-COP et un modèle décisionnel pour le pilotage de l'exploitation de la SC appelée GRAILOG-EXP cohérent avec le pilotage de la conception. Sur la base de ce dernier modèle, un ensemble d'indicateurs de performance a été défini pour supporter les différentes décisions.
La seconde contribution revient à définir une méthodologie pour conseiller l'entreprise sur les technologies 4.0 qui seraient les plus pertinentes pour elle. Cette méthodologie s'appuie sur un ensemble de radars de référence élaborés par niveau décisionnel et par fonction à partir des potentiels de ces technologies pour rendre chaque indicateur plus smart. Une étude de cas a été réalisée avec un constructeur automobile PSA Maroc ce qui a permis de valider le modèle PERFLOG.

Cette thèse a été réalisée en cotutelle entre l'Université de Bordeaux et l'Université de Fès.

Mots clés : Modélisation, Supply Chain, Industrie 4.0, Nouvelles technologies 4.0, Pilotage, Indicateur de performance, Industrie Automobile.

Title: Contribution to the modeling of the Supply Chain for the monitoring, the evaluation of the performance and the integration of the technologies of the industry 4.0: Application to the automotive case of PSA Morocco

Abstract:

The modeling and measurement of supply chain (SC) performance has been widely addressed by researchers and companies, notably through models such as SCOR (Supply Chain Operational Reference Model). However, even if several models exist, none of them is specifically oriented to the management of the design and operation of the SC. An international supply chain, known as global, is complex, characterized by a multitude of partners, a diversity of transport modes, a variety of functions and processes, and a profusion of decisions to be made at all strategic, tactical and operational decision-making levels.

The challenge is to provide SC decision makers with a broad visibility of potential decisions and imperatives to achieve a reliable network of enterprises.

The first contribution of this thesis is a reference model called PERFLOG based on the GRAI method developed at the IMS laboratory. The aim of this model is to highlight the multiple functions of the SC and not only a model limited to production. PERFLOG is based on two models: a decisional model for the management of the design of a SC called GRAILOG-COP and a decisional model for the management of the operation of the SC called GRAILOG-EXP consistent with the management of the design. On the basis of this last model, a set of performance indicators was defined to support the different decisions.

The second contribution is to define a methodology to advise the company on the 4.0 technologies that would be the most relevant for it. This methodology is based on a set of reference radars elaborated by decisional level and by function from the potential of these technologies to make each indicator smarter. A case study was carried out with a car manufacturer, PSA Maroc, which allowed to validate the PERFLOG model.

This thesis was realized in cotutelle between the University of Bordeaux and the University of Fes.

Keywords: Modeling, Supply Chain, Industry 4.0, Technologies 4.0, Monitoring, Performance Indicator, Automobile industry.

Laboratoire de l'intégration du Matériau au Système
[IMS, CNRS UMR 5218, Bat.A31-351 Cours de la Libération – 33400 Talence]

Laboratoire des Techniques et Services Industriels
[TSI, CNRS, BP.2427 Route d'Immouzer, 30000, Fès]

Remerciements

Je tiens à présenter mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse le Professeur Yves Ducq, Vice-Président de l'Université de Bordeaux, pour m'avoir accueillie au sein du laboratoire IMS, m'avoir encadrée et m'assurer les bonnes conditions durant les années de thèse. Sa confiance et ses qualités scientifiques et humaines ont été une source d'enrichissement et ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail de doctorat.

Je tiens à remercier vivement le Professeur Driss Amegouz mon directeur de thèse à l'EST de Fès pour m'avoir accueillie au sein du laboratoire TSI, et d'avoir accepté de diriger ma thèse, je le remercie pour son encadrement, ses qualités pédagogiques et humaines qui m'ont permis d'achever ce travail de recherche.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements les plus sincères à ma co-encadrante de thèse Docteur Anne Zouggar-Amrani, de m'avoir accepté au sein du laboratoire IMS, qui a toujours cru en moi, merci de m'avoir guidé et conseillé tout au long de mes travaux de recherche, je la remercie également pour ses remarques pertinentes et pour tout sa disponibilité et sa patience pour débattre ce travail de recherche et son soutien dans les moments difficiles.

Je tiens à présenter mes vifs remerciements aux membres du jury :

Je remercie, tout d'abord, le professeur M. Mohamed EL hamoumi d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Je tiens à remercier M. Mohamed Zied Babai Professeur à Kedge Business School de Bordeaux d'avoir accepté d'être examinateur et membre de mon jury de thèse.

Je tiens à remercier chaleureusement Mme Lamia Berrah, Mr. Abdelkabir Charkaoui et Mr. Saïd Boutahri pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de rapporter ce travail et l'évaluer en tant que rapporteurs. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma reconnaissance.

J'adresse mes remerciements à l'équipe de production et logistique du groupe PSA site de Kénitra- Maroc, en particulier Mr. Ahmed LFAKIR, chef de projet et chargé d'affaire capacitaire emboutissage, je le remercie d'avoir discuté et validé notre modèle de recherche, je le remercie pour sa collaboration et le temps précieux qu'il m'a consacré sans hésitation ainsi que les informations pertinentes qu'il m'a fournies toute au long de la durée du développement de mon modèle de recherche.

Je tiens aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Mes remerciements vont à mes collègues de l'EST de Fès et de l'Université du Bordeaux que j'ai sollicités dans le cadre de mon travail de thèse. De même, je remercie les doctorants du groupe productique pour la richesse des échanges que j'ai pu avoir avec eux et les personnels du laboratoire IMS pour leur gentillesse et leur accueil.

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude à toute ma famille : à ma mère dont la sagesse et la confiance m'ont constamment guidé à mon père qui étant Professeur des universités aussi a été un exemple pour moi et m'a soutenu dans mon projet, à mes frères « Ali » et « Mehdi » qui ont toujours cru en moi et me soutiennent de tous leurs cœurs, je n'oublie pas d'adresser un grand remerciement à, Yassine, Mariem et Sara, pour leur soutien moral et leur amitié.

Table des Matières

Table des Matières

Remerciements iii
Table des Matières iv
Table des matières iv
Liste des Tables viii
Liste des Figures xii
Liste des Annexes xiii
Introduction Générale 1
CHAPITRE I MODELISATION DE LA SUPLLY CHAIN ET L'INDUSTRIE 4.0 4
Introduction 5
I.1. Définition d'une Supply Chain (SC) 5
I.1.1 Les différents processus de la Supply Chain 6
I.1.2 Pilotage de la Supply Chain : 6
I.1.2.1 La complexité de la SC : 7
I.1.2.2 Les flux de la SC 7
I.1.2.3 Les challenges de pilotage d'une SC 8
I.1.3 Supply Chain internationale 10
I.1.3.1 Particularités de la SC Internationale ? 10
I.1.4 L'industrie 4.0 et ses enjeux pour le pilotage d'une SC 12
I.1.4.1 Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 13
I.1.4.2 L'intérêt de l'industrie 4.0pour la SC 17
I.1.5 Besoin en modélisation multi-vues 17
I.1.6 Problématique de Recherche 19
I.1.7 Conclusion : 20
CHAPITRE II. ETAT DE L'ART : MODELES D'EVALUATION DE PERFORMANCE DE PERFORMANCE DE LA SUPPLY CHAIN 21
Introduction 22
II.1 Les modèles d'évaluation de la performance 22
II.1.1 Qu'est-ce qu'un référentiel ? 23
II.1.2 Le modèle AFNOR 23
II.1.3 Le modèle ASLOG : 24
II.1.4 Référentiel EVALOG 27
II.1.5 Référentiel SCM (Supply Chain Masters) 28
II.1.6 La méthode GRAI 29
II.1.7 Le Modèle SCOR 30
II.1.8 Le modèle VRM 33
II.1.9 Le Balanced Scorecards (BSC) 34

II.1.10 Le Lean manufacturing....36
II.2. Méthodologie de choix de référentiels....37
II.2.1 Analyse, critique et synthèse....37
II.2.2 Approche d'évaluation de la pertinence des modèles : Etude préliminaire à l'élaboration d'un modèle de référence....40
II.2.2.1 Synthèse....42
II.3. ECOGRAI : modèle support à la méthodologie....45
II.3.1 Fondement et évolution du modèle GRAI et de la méthode ECOGRAI....45
II.3.1.1 Description de la méthode ECOGRAI....45
II.3.1.2 Les travaux de recherche basés sur ECOGRAI....47
II.4. Conclusion....48
CHAPITRE III. PROPOSITION DU MODELE PERFLOG POUR LE PILOTAGE DE LA CONCEPTION DE L'EXPLOITATION DE LA SUPPLY CHAIN....50
Introduction....51
III.1. Présentation de la méthode PERFLOG....51
III.1.1 Elaboration de GRAILOG/COP : grille de pilotage de la conception de la SC....52
III.1.2 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/COP....53
III.1.2.1 La fonction « Gérer les finances » :....58
III.1.2.2 Fonction « Gérer les partenaires »....60
III.1.2.3 Fonction « Concevoir le produit »....62
III.1.2.4 Fonction « Concevoir la Production »....64
III.1.2.5 Fonction « Concevoir le système information ».....65
III.1.2.6 Fonction « Concevoir le transport »....66
III.1.2.7 Fonction « Concevoir l'approvisionnement »....67
III.2. Elaboration GRAILOG/EXP : grille de pilotage d'exploitation de la SC....68
III.2.1 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/EXP....69
III.2.2 Explicitation des contenus des fonctions et leurs décisions :....72
III.2.2.1 Fonction « Gérer le commercial »....72
III.2.2.2 Fonction « Gérer l'industrialisation »....73
III.2.2.3 Fonction Gérer « les achats et l'approvisionnement »....74
III.2.2.4 Fonction Gérer « la qualité des matières premières et composants »....76
III.2.2.5 Fonction Gérer « la production »....77
III.2.2.6 Fonction « Gérer la qualité du produit fini ».....78
III.2.2.7 Fonction « Gérer les ressources techniques de production »....79
III.2.2.8 Fonction « Gérer les ressources humaines »....80
III.2.2.9Fonction « Gérer la responsabilité sociétale et le développement durable »....82
III.2.2.10 Fonction « Gérer les crises/risques »....84
III.2.2.11 Fonction « Gérer le transport » ou « DELIVER »....86

III.2.2.12 Fonction « Gérer les retours »....88
III.3. Conclusion....89
CHAPITRE IV. DEPLOIEMENT DU MODELE PERFLOG EXPLOITATION AVEC LE SUPPORT DES TECHNLOGIES DE L'INDUSTRIE 4.0....91
Introduction....92
IV.1. Identification des objectifs....92
IV.2. Identification des variables de décisions et analyse de cohérence entre les objectifs et les variables de décision....96
IV.2.1 Choix des fonctions pivots retenues : justification....96
IV.2.2 Développement des VD pour les fonctions pivots....96
IV.2.3 Développement des VD pour les autres fonctions....100
IV.2.3.1 La mise en cohérence des VD....101
IV.3. Identification des indicateurs de performance....101
IV.3.1 La place des KPI dans le pilotage d'une Supply chain....101
IV.3.2 Construction de KPI pour l'évaluation de performance de la SC....101
IV.4.1 Utilisation des technologies de l'industrie 4.04.0 dans l'industrie automobile....105
IV.4.1.1 Importance des publications....105
IV.4.1.2 Focus sur les articles scientifiques : les axes de recherche prioritaires dans l'industrie automobile....105
IV.4.2 La nécessité de pilotage par Indicateurs de performance....107
IV.4.3 l'intégration des technologies 4.0 dans l'usage des KPI's retenus dans la grille....107
IV.5.1 Revue des modèles de maturité existants....110
IV.5.2 Proposition du modèle PPTECH_IP : fondements, objectifs et déploiement....113
IV.5.3 L'étude de croisement des technologies 4.0 et leurs contributions à la fiabilisation des KPI115
IV.5.3.1 Fonction « industrialisation »....120
IV.5.3.2 Fonction « gérer la production »....121
IV.5.3.3 Fonction « Gérer le développement durable la responsabilité sociétale »....123
IV.5.3.4 Fonction « Gérer la distribution »....125
IV.6 Conclusion....127
CHAPITRE V. ETUDE DE CAS : APPLICATION DU MODELE PERFLOG CHEZ PSA SITE DE KENITRA MAROC....128
Introduction :....129
V.1 Contexte général du secteur Automobile....129
V.1.1.1 Délocalisation des entreprises : le cas du Maroc....130
V.1.2.1. Ecosystème constructeurs....130
V.1.2.2 Les Écosystèmes équipementiers....131
V.1.4.1 Caractéristique du secteur....133
V.1.4.2 Contraintes du secteur....134

V.1.4.3 Les attentes du secteur 135
V.1.4.4 Les indicateurs de performance économique de l'industrie automobile 136
V.1.5.1 Intérêts de la VSM : 138
V.1.5.2 Application VSM chez un équipementier : un modèle VSM au sein d'un maillon 138
V.1.5.3 La modélisation VSM en SC automobile : Synthèse et Critique 143
V.2 Etude de cas « Groupe PSA Kenitra Maroc » 144
V.2.2.1 Le site PSA de Kenitra 144
V.2.2.2 Le processus de production du site de Kenitra 145
V.3 Description de la démarche de déploiement : objectif, étapes, interviews, groupe de réponse, durée de déploiement 146
V.3.2.1 Elaboration de la Grille de KPI pour le pilotage de la SC 151
V.3.2.2 Etude de cohérence des VD et des objectifs 153
V.3.3.1 Diagnostic initial de la maturité 4.0 155
3.3.2 Potentiel de progrès PP des Technologies de l'industrie 4.0 160
V.4 Résultats et discussions 162
V.5 Conclusion 163
Conclusion générale : 165
Références bibliographiques : 167
Liste des Annexes 179

Liste des Tables

Tableau I. 1Les challenges de la supply chain 9
Tableau I. 2 les problématiques de la SC 11
Tableau I. 3 les nouvelles technologies 4.0 (BCG, 2015) 14
Tableau I. 4 Les nouvelles technologies 4.0 développées dans les travaux de recherche 16

Tableau II. 1 Indicateurs de performance du niveau 0 (Supply Chain Council, 2017) 32
Tableau II. 2 Les indicateurs de performance du modèle BSC (Baglin, 2013) 35
Tableau II. 3 Application dans différents secteurs (Possik, 2019) 36
Tableau II. 4 Comparatif du modèle SCOR et GRAI (Cabana, 2004) 39
Tableau II. 5 Comparaison des modèles d'évaluations de la SC 40
Tableau II. 6 Indice de contribution selon les processus SCOR 41
Tableau II. 7 Graphe d'Indice de contribution EVALOG à SCOR 41
Tableau II. 8 Classification de SCM selon les types de processus 42
Tableau II. 9 Synthèse et comparaison des modèles étudiés. 44
Tableau II. 10 Les concepts de la grille GRAI 46
Tableau II. 11 Les travaux de recherche basés sur GRAI 47

Tableau III. 1 Désignation des codes clés 54
Tableau III. 2 Comparaison des modèles (Estampe 2013) 56
Tableau III. 3 Grille GRAILOG de conception de la supply chain globale 57
Tableau III. 4 Elaboration de la grille d'exploitation GRAILOG de la Supply Chain 70

Tableau IV. 1 Les objectifs proposés pour une supplychain globale. 94
Tableau IV. 2 Analyse de cohérence des variables de décisions et objectifs pour la fonction « Gérer la Production » 97
Tableau IV. 3 Cohérence des VD avec les objectifs – Fonction « Gérer l'industrialisation » 98
Tableau IV. 4 Cohérence des VD aves les objectifs – Fonction « Gérer la Responsabilité sociétale et le développement durable ». 99
Tableau IV. 5 Cohérence des VD aves les objectifs – Fonction « Gérer la distribution » 100
Tableau IV. 6 Grille GRAILOG-EXP/KPI's 103
Tableau IV. 7 Elaboration de la grille GRAILOG EXPLOITATION/ KP en intégrant les nouvelles technologies de l'industrie4.0 109
Tableau IV. 8 Les modèles de maturité trouvés dans la littérature (Paccini 2019) 110
Tableau IV. 9 Différents modèles d'évaluation de la maturité 4.0 (Urquia, 2020) 111
Tableau IV. 10 Notation de PPTECH_IP 114
Tableau IV. 11 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer l'industrialisation » 116
Tableau IV. 12 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer l'industrialisation » 116
Tableau IV. 13 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer la production » 117
Tableau IV. 14 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer la production » 117
Tableau IV. 15 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale » 118
Tableau IV. 16 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale » 118
Tableau IV. 17 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer la distribution » 119
Tableau IV. 18 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer la distribution » 119
Tableau IV. 19Niveau de référence des technologies 4.0 pour « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale» 120

Tableau V. 1 Contraintes logistiques dans le secteur automobile *134*
Tableau V. 2 Comparaison des indicateurs VSM actuel et VSM Future *143*
Tableau V. 3 Cahier des charges du projet *146*
Tableau V. 4 Grille GRAILOG EXPLOITATION/ PSA de la SC (adaptée à PSA) *149*
Tableau V. 5 Analyse de correspondance : Objectifs PERFLOG – Objectifs PSA *150*
Tableau V. 6 Grille KPI's GRAILOG-EXP / Déployée chez PSA *152*
Tableau V. 7 Analyse de cohérence interne du centre de décision stratégique de la fonction « Gérer l'industrialisation » *153*
Tableau V. 8 Analyse de cohérence interne du centre de décision Tactique de la fonction « Gérer l'industrialisation » *154*
Tableau V. 9 Niveau d'implication pour la fonction gérer l'industrialisation *156*
Tableau V. 10 Niveau d'implication pour la fonction gérer la production *156*
Tableau V. 11 Niveau d'implication des technologies pour la fonction gérer le développement durable et la responsabilité sociétale *157*
Tableau V. 12 Niveau d'implication des technologies par la fonction gérer la distribution *157*
Tableau V. 13 Radars de PP des nouvelles technologies 4.0 pour les 4 foncions retenues chez PSA *158*

Liste des Figures

Figure I.1 Les fonctions de la Supply Chain. *6*
Figure I. 2 Supply chain internationale *10*
Figure I. 3 Les révolutions industrielles *13*

Figure II. 1 Le référentiel logistique AFNOR (Source : NF X 50-600) *24*
Figure II. 2 Schéma des processus du référentiel ASLOG *25*
Figure II. 3 Schéma des processus logistiques du modèle SCOR. 12(SCC, 2017) *31*
Figure II. 4 Les niveaux du référentiel du modèle SCOR (Supply Chain Council, 2017) *32*
Figure II. 5 Les niveaux du modèle VRM (Weilkiens,2016) *34*
Figure II. 6 Le modèle Balanced Scorecard (Baglin, 2013) *35*
Figure II. 7 La méthode ECOGRAI (gauche) et Grille GRAI (droite) *45*
Figure II. 8 Démarche de la méthodologie de recherche *49*

Figure III. 1 Méthode PERFLOG *52*

Figure IV. 1 Méthode PERFLOG *93*
Figure IV. 2 Proportion des publications relatives aux technologies4.0 (publiés entre 2015 et 2020 - Panel de 1887 documents) *105*
Figure IV. 3 Proportion des Technologies prioritaires (publiés entre 2015 et 2020 – Panel de 569 articles scientifique) *106*
Figure IV. 4 Les Technologies de l'industrie 4.0 sélectionnées pour le modèle PERFLOG *107*
Figure IV. 5 L'approche PPTechIP : les différentes étapes d'analyse *114*
Figure IV. 6 Radar de référence des technologies 4.0 - fonction « gérer l'industrialisation » *120*
Figure IV. 7 Radar de référence des technologies 4.0 - fonction « gérer la production » *123*
Figure IV. 8 Radar de référence des technologies pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale » *125*
Figure IV. 9 Radar de référence des technologies pour la fonction « Gérer la distribution » *126*

Figure V. 1 Les avantages de la délocalisation au Maroc *130*
Figure V. 2 L'évolution de la capacité de production automobile au Maroc *131*
Figure V. 3 L'évolution de l'industrie automobile au Maroc *132*
Figure V. 4 Indicateurs de performance économiques de l'industrie automobile *137*
Figure V. 5 Produits finis de l'ECA *139*
Figure V. 6 Approche PDCA pour la mise en œuvre de D-VSM *139*
Figure V. 7 Le temps disponible par heure *140*
Figure V. 8 . VSM actuelle de ECA *140*
Figure V. 9 Future VSM de ECA *141*
Figure V. 11 Comparaison du délai de livraison *142*
Figure V. 10 Comparaison du Temps de Cycle *142*
Figure V. 12 Répartition centres de R&D et production PSA dans le monde *144*
Figure V. 13 Le processus de fabrication du site PSA KENITRA *145*
Figure V. 14 Radars de niveau potentiel des nouvelles technologies 4.0 pour les 4 foncions retenus de l'étude de cas chez PSA *158*
Figure V. 15 Exemple de PP de la technologie RFID *160*
Figure V. 16 Résultats des PP pour les Technologies de l'industrie 4.0 – Application PSA Kenitra *161*

Liste des Annexes

Annexes IV. 1 Cohérence des VD avec les objectifs pour les autres fonctions ... *181*
Annexe IV. 2 Les niveaux de maturité ... *185*
Annexe IV. 3 Questionnaire industrie automobile (Dans la version finale) ... *186*
Annexe IV. 4 Application VSM chez ECA Maros (Tâches observées) ... *187*
Annexes IV. 5 Organisation de la dynamique des concepts du lean selon leur importance dans le TPS. (PSA Peugeot Citroën, 2012) ... *187*
Annexes IV. 6 Exemple de diagnostic initial des nouvelles technologies pour la fonction « gérer l'industrialisation » ... *188*

Introduction Générale

Les dernières décennies ont considérablement modifié l'environnement dans lequel évoluent les entreprises. Confrontées à une compétitivité sans cesse croissante et une concurrence accrue, les entreprises rivalisent de stratégies pour mieux appréhender les impératifs du contexte économique actuel. Se structurer en Supply Chain est une des stratégies adoptées par les entreprises et particulièrement dans le contexte international des échanges. En effet, on constate des transformations importantes du système de production dans une SC en raison du processus de globalisation**.**

La globalisation représente la phase actuelle de la mondialisation dans laquelle l'économie mondiale connaît des mutations profondes. Celle-ci est en effet marquée par une dilution des frontières, une internationalisation du commerce, une diversification des sources d'approvisionnement, une spécialisation des sites de production, les transferts de flux inter-usines et le raccourcissement des délais de livraison. Ainsi, les échanges internationaux sont accrus, de nouveaux pays industrialisés émergent, des intégrations économiques régionales se développent. L'émergence des nouvelles technologies, la concurrence acharnée, et l'exigence des besoins explicites et implicites du client, représentent les défis majeurs auxquels les SC sont confrontées tout au long de leur cycle de vie (Rahoum, 2016). Sans d'autres facteurs comme la taille, le secteur d'activité, et la diversité de la main-d'œuvre dont l'industrie automobile ne fait pas èxception.

Ces changements sont autant de facteurs qui rendent stratégique l'optimisation globale des activités de la SC en termes de flux échangés et en termes de décisions à court, moyen et long termes. La SC devient une structure intégratrice ayant la responsabilité de coordonner et orchestrer l'ensemble des décisions qui s'imposent à tous les niveaux, à chaque maillon en accord avec les objectifs globaux.

Pour faire face à cet environnement complexe et dynamique, les organisations se doivent d'adopter de nouveaux modèles pour la maitrise de l'ensemble des informations de toute la chaine (Morona 2017). Mais, la communication dans une SC, qui laisse supposer une coordination des flux d'information, doit être fortement complétée par une coordination des flux physiques et des flux de trésorerie. Des travaux comme (Kohler et Weisz, 2016) rappellent l'intérêt de l'intégration des nouvelles technologies, inhérentes à l'industrie 4.0, qui créent un environnement fortement compétitif par une facilitation des transitions des flux physiques.

Dans ce cadre, notre problématique de recherche s'intéresse à modéliser la supply chain globale afin de clarifier sa compréhension, tracer les contours d'un outil d'aide à la décision et optimiser sa performance. A cet effet le pilotage de la supply chain peut s'envisager lors de sa conception mais aussi lors de son exploitation qui a alors pour objectif d'assurer la cohérence des décisions prises depuis la passation de commande et la gestion prévisionnelle à court terme jusqu'à la livraison des produits aux entrepôts ou chez le client. L'apparition des nouvelles technologies de l'industrie 4.0 modifie l'équation et requiert une attention particulière afin d'aborder l'intégration de ces technologies de manière adéquate.

Enfin, notre travail de recherche a aussi pour objectif d'appliquer nos modélisations dans un secteur industriel particulier. Ainsi, le secteur automobile marocain des constructeurs et équipementiers connait une forte concurrence aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale. Des exigences accrues des clients sont à noter en termes de coût, qualité et délai. La logistique et le transport constituent des leviers actionnables pour améliorer le secteur automobile. Notre application s'inscrit dans ce contexte industriel automobile au Maroc.

Dans le cadre de cette thèse, nous allons nous intéresser à la modélisation et à l'évaluation de la performance de la SC puis à l'intégration des technologies 4.0. Nous appliquerons ensuite nos contributions au domaine automobile marocain. Le schéma suivant représente un synoptique du manuscrit de thèse (Figure 1).

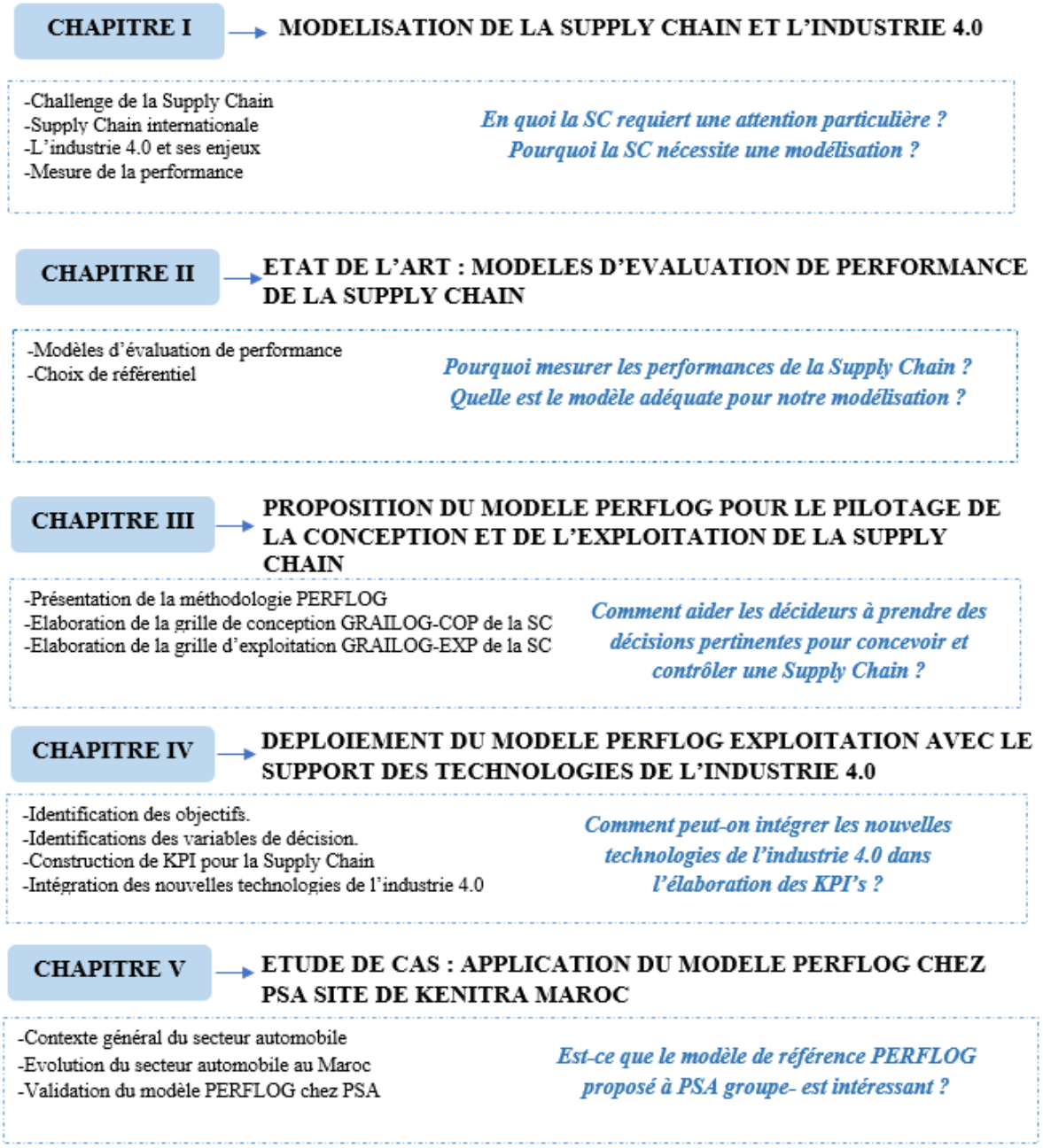


Figure 1. Synoptique du manuscrit de thèse

Pour répondre à notre problématique de recherche, nous avons organisé ce travail en 5 chapitres :

Le chapitre I est consacré à l'identification de la problématique de recherche qui débute par l'analyse de la complexité de la supply chain. Nous nous intéressons au challenge de pilotage, et les spécificités d'une supply chain internationale. Dans ce contexte nous présentons les différentes questions de recherche et l'intérêt de se questionner sur l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 dans la SC. Nous présenterons la problématique générale de ce travail de recherche et allons définir les besoins en modélisation multi vues.

Le chapitre II est un chapitre d'état de l'art sur les modèles d'évaluation de performance les plus connus en logistique qui permettent de mesurer la performance des grandes entreprises industrielles. Nous allons présenter dans ce chapitre une analyse des modèles existants dans l'objectif de les analyser, juger de leur adéquation, traiter leurs insuffisances afin de les faire évoluer et développer un modèle de référence, objectif de ce travail de thèse.

Les Chapitre III et IV sont au cœur de notre contribution. Nous y présentons une méthodologie nommée PERFLOG basée sur une modélisation décisionnelle non seulement au périmètre de l'entreprise, mais à un niveau étendu de l'ensemble de la SC. Le modèle PERFLOG se veut être un modèle de référence et s'appuie sur les principes du modèle GRAI. Nous proposons ici une modélisation décisionnelle pour la conception de la SC GraiLog-Cop et une modélisation décisionnelle pour l'exploitation de la SC nommée GraiLog-Exp.

Le chapitre IV présente dans un premier temps un ensemble de KPIs de référence pour pilotage de l'exploitation de la SC. Cet ensemble cohérent de KPIs est basé sur le modèle GRAILOG-EXP. Tout d'abord, nous allons identifier les objectifs pour une SC globale associé à chaque centre de décision de la grille GRAILOG-EXP. Ensuite nous allons identifier des variables de décision pour l'aide à la décision et l'atteinte des objectifs. Pour piloter les décisions des fonctions de la grille d'exploitation, l'ensemble d'indicateurs de performance est présenté sous forme d'une grille GRAILOG de KPI's. Dans un second temps, les KPI's sont utilisés pour proposer aux acteurs de la SC les meilleures technologies de l'industrie 4.0 à implanter en fonction des KPI's choisis. Nous présentons ainsi un modèle appelé PPTECHIP qui mesure la marge de progrès de chaque entreprise dans l'implantation des technologies 4.0.

Le chapitre V est consacré à une étude de cas menée auprès du constructeur automobile PSA-KENITRA concernant le volet exploitation de la SC. En premier lieu nous présentons l'intérêt économique du secteur automobile au Maroc, son évolution, et sa contribution en matière de création de richesse. Nous présentons aussi la stratégie du Maroc pour développer l'industrie 4.0 qui a pour objectif de rendre ce secteur industriel plus compétitif. Les étapes de déploiement sont décrites, le choix des fonctions prioritaires est justifié, la grille des KPI est constitué et le tableau de bord de pilotage des potentiels de progrès des technologie 4.0 est également décrit et présenté.

CHAPITRE I MODELISATION DE LA SUPLLY CHAIN ET L'INDUSTRIE 4.0

Sommaire

Introduction....5
I.1. Définition d'une Supply Chain (SC)....5
I.1.1 Les différents processus de la Supply Chain....6
I.1.2 Pilotage de la Supply Chain :....6
I.1.2.1 La complexité de la SC :....7
I.1.2.2 Les flux de la SC....7
I.1.2.3 Les challenges de pilotage d'une SC....8
I.1.3 Supply Chain internationale....10
I.1.3.1 Particularités de la SC Internationale ?....10
I.1.4 L'industrie 4.0 et ses enjeux pour le pilotage d'une SC....12
I.1.4.1 Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0....13
I.1.4.2 L'intérêt de l'industrie 4.0pour la SC....17
I.1.5 Besoin en modélisation multi-vues....17
I.1.6 Problématique de Recherche....19
I.1.7 Conclusion :....20

Introduction

Ce chapitre entend présenter les éléments issus de la littérature nécessaires au développement de cette thèse et saisir les tenants de notre objet d'étude. La finalité est de rendre compte des impératifs actuels relatifs à la Supply Chain dans la littérature scientifique et dans le contexte industriel.

En effet, dans le contexte économique actuel, pour assurer leur pérennité, les entreprises rivalisent dans le développement de nouvelles stratégies afin de mieux se positionner sur le marché, acquérir de nouvelles parts de marché, fidéliser leurs clients, respecter les délais et optimiser la production. L'une des stratégies de positionnement concurrentiel est sans nul doute le développement de la Supply Chain. L'optimisation de la SC est devenue un défi majeur ces dernières années pour faire face aux évolutions fortes, dont : le renforcement de personnalisation des produits et services, l'exigence de qualité et conformité des produits, le raccourcissement des délais. La Supply Chain est aujourd'hui une structuration intéressante des partenaires permettant la focalisation sur le savoir-faire métier par la réorganisation des chaines de production, la diversification des sources d'approvisionnement et la multiplication des canaux de distribution. Ce dernier point a toute sa place notamment dans le contexte d'internationalisation des échanges qui nous intéresse fortement.

Nous débuterons ce chapitre par une initiation à certaines notions majeures du point de vue Sciences pour l'Ingénieur (SC, le pilotage, les niveaux décisionnels, l'industrie 4.0). L'état de l'art relatif à la définition de la SC, les challenges du pilotage, les niveaux de pilotage, les problématiques centrales de la supply chain et la place de l'internationalisation de la SC sera présenté.

Dans le cadre des évolutions technologiques actuelles et de la place de la transformation numérique dans les grandes entreprises, comme PSA qui a fait l'objet d'un partenariat privilégié dans le cadre de cette thèse de cotutelle, nous évoquerons l'intérêt de l'industrie 4.0 pour le pilotage de la SC afin de tracer les premiers contours des impératifs dont nous tiendrons compte dans le développement de notre question de recherche.

Au regard des notions présentées, de la complexité de la SC, des niveaux de pilotages possibles, des problématiques de SC, de l'industrie 4.0 nous aboutirons au besoin d'une modélisation multi vues. Certains travaux de recherche ont proposé des modèles, et la revue littérature permettra de les présenter. Nous analyserons leurs tenants afin de dégager la problématique de recherche et l'objectif que nous souhaitons atteindre dans ce travail de recherche.

I.1. Définition d'une Supply Chain (SC)

Depuis plus d'une trentaine d'année, une multitude de travaux dans la littérature francophone et anglophone ont abordé la problématique de la SC et ont tenté d'en donner des définitions. L'enjeu dans cette section n'est pas d'alourdir l'existant avec une tentative de nouvelle définition, mais d'adopter celles existantes qui correspondraient à notre vision afin de bâtir notre réflexion autour d'une définition consensuelle.
Le terme Supply Chain vient de l'anglais qui signifie littéralement « chaîne d'approvisionnement ». La Supply Chain, est un processus qui se génère depuis la passation de

commande par le client jusqu'à la livraison et le paiement du produit. D'après (Lee et Billington, 1993) donnent la définition suivante : « la chaîne logistique d'un produit fini est un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client ». Cette définition, ancienne, reste valide de nos jours et nous intéresse du fait qu'elle mette en avant les divers processus depuis l'approvisionnement jusqu'à la livraison (figure I.1).
Pour Génin (2003), Une SC est considérée comme un réseau d'organisations ou des fonctions dispersées géographiquement sur un nombre de sites important qui coopèrent, pour optimiser les coûts et accélérer les processus et activités entre les clients et les fournisseurs.

La supply chain comprend « un réseau d'entreprises qui participent, par des liens en amont et en aval, aux différents processus et activités qui génèrent de la valeur sous forme de produits ou de services » (Christopher, 2005, p. 19). Cette définition a retenu notre attention car elle met l'accent sur l'importance des différentes activités, la figure I.1 présente les différentes fonctions de la supply chain.
La Supply Chain comprend la planification, l'exécution et le contrôle de toutes les activités liées aux flux de matériaux et d'information, à l'achat de matières premières, à la transformation intermédiaire du produit ainsi qu'à sa livraison au client final. Nous pouvons afficher la définition de la SC retenue comme : « Un réseau de partenaires dans lequel circule un ensemble des flux et s'opère plusieurs processus et activités, depuis l'approvisionnement, la fabrication jusqu'à sa livraison au client final ».

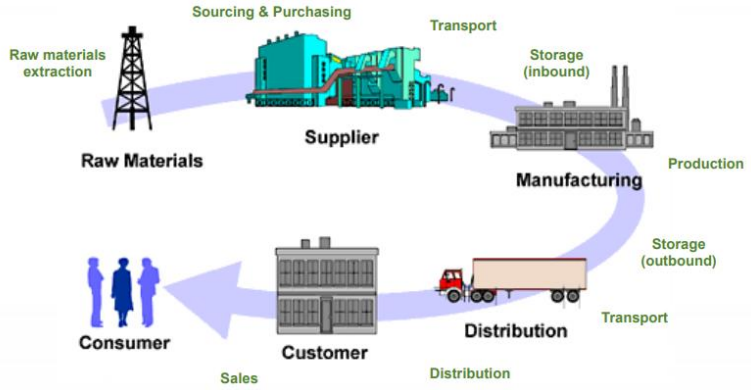


Figure I.1 Les fonctions de la Supply Chain.

I.1.1 Les différents processus de la Supply Chain

La Supply Chain peut être caractérisée par les trois processus suivants : (Hamdi, 2017) :

- **L'approvisionnement :** il s'agit d'acheter et approvisionner les composants ou matières premières fournies pour la fabrication des produits.
- **La production :** cette phase comprend la production des produits finis à l'aide des composants et les matières premières dans une ou plusieurs usines.
- **La distribution :** elle concerne les activités réalisées afin que les produits atteignent leur destination finale. Elle s'effectue par le biais d'un réseau de grossistes, d'entrepôts, de magasins physiques ou de plateformes en ligne (pour les entreprises e-commerce).

I.1.2 Pilotage de la Supply Chain :

Le pilotage global de la SC permet un échange d'informations et une bonne communication entre les partenaires. La planification globale, accompagnée d'un bon retour d'informations, amène une flexibilité dans la chaîne en ajustant au mieux les exigences de chacun. Pour que tous les acteurs d'une supply chain tels les fournisseurs, les entrepreneurs et les clients de différents niveaux puissent être considérés comme des partenaires, il est important qu'ils travaillent tous ensemble dans une relation avantageuse dite gagnante-gagnante (win-win). D'où la nécessité d'un pilotage global de la chaîne logistique et d'un pilotage local au niveau d'un partenaire, tel qu'expliqué dans (Ducq et Vallespir, 2003).

D'après (Le Moigne, 1975), le pilotage consiste à résoudre le problème que connaît l'entreprise. Cette résolution passe par trois échelles de temps : le long-terme (stratégique), le moyen terme (tactique) et le court terme (opérationnel). Le pilotage local sert à gérer la transformation de matière (la production) tout en respectant les méthodes suggérées et les informations transmises par le pilotage global. L'évaluation des performances devient standardisée au travers de la chaîne logistique et les objectifs locaux sont définis à partir des objectifs globaux. Les différents systèmes de décision locaux deviennent donc cohérents avec le système décisionnel global. Notre recherche s'intéresse au pilotage de la SC selon les trois niveaux. En effet, une SC consiste en plusieurs activités définies dans plusieurs processus et dont la portée décisionnelle dépend du niveau de pilotage en question. Cette catégorisation « stratégique, tactique et opérationnelle » nous sera très utile pour développer et structurer nos réflexions qui fondent notre modèle.

I.1.2.1 La complexité de la SC :

En raison de l'internationalisation, l'évolution des modes de consommation mondiaux et l'augmentation des types de flux, les Supply Chains sont devenues très complexes. La complexité de la SC est présentée à différents niveaux (Papier, 2018) :

- Au niveau de sa composition : à la complexité du réseau (partenaires et entités internes) s'ajoute la complication des systèmes d'information (nombre de systèmes et d'interfaces).

- Au niveau des produits : la difficulté tient au portefeuille produits (volumes, références) mais aussi à leurs composants et aux consommateurs (spectre d'attentes).

- Au niveau des processus : la complexité réside dans le mode de fabrication (nombre d'étapes et d'activités à réaliser) ainsi que dans la quantité de données à traiter pour assurer le bon déroulement de l'opération.

I.1.2.2 Les flux de la SC

Trois flux classiques traversent une SC : physique, d'information et financiers. Ces trois flux peuvent être influencés par les règles du contrat de partenariat. Les contrats définissent les relations avec toute entreprise de la SC, prévoyant des pénalités en cas de retard de livraison d'un fournisseur ou de rupture de stock, déterminant qui gère le stock entre deux « maillons » de la chaîne et le transport

Le flux d'information : représente l'ensemble des transferts ou de décisions échangées avec les acteurs de la SC).

Le flux physique : composé par le mouvement des marchandises qui parcourent la supply chain dans le sens amont et aval mais également aval et amont. Ce flux justifie la planification du réseau logistique entre les différents sites et leurs ressources de fabrication. Généralement, le flux physique est considéré le plus lent des trois flux.

Le flux financier : concerne toute la gestion pécuniaire des entreprises : vente des produits, achats de matières première ou composants, les outils de production, les différents équipements, la location des entrepôts, et implique aussi le salaire des employés.

I.1.2.3 Les challenges de pilotage d'une SC

Les défis d'une bonne planification d'une supply chain sont nombreux du fait de la complexité de sa structuration et son organisation. Pour réussir la mise en place de processus de pilotage efficients, il est nécessaire de penser à la globalité de la SC et faire participer les acteurs à toutes les étapes de celle-ci. De nouveaux challenges apparaissent au fil du temps. Les nouvelles technologies sont par exemple intégrées à la SC dès sa conception. En outre, de nombreux challenges sont mentionnés par les auteurs dans de nombreux articles. Ils concernent également de nombreux domaines de la SC.

Dans le tableau qui suit, nous avons souhaité synthétiser les éléments de littérature. Le tableau I.1 représente les principaux challenges de la Supply Chain avec les axes de recherche concernés et leurs enjeux.

Les points saillants relatifs aux challenges d'aujourd'hui d'une SC qui se dégagent de cette synthèse sont : la qualité produit, les coûts, le personnel qualifié, la gestion des risques, la relation fournisseur, la gestion des retards et l'adaptation des technologies. Le challenge coût n'est pas surprenant et il constituera toujours un challenge pour les entreprises. En revanche, nous pouvons constater que la gestion des risques et la nécessité de s'adapter aux évolutions du marché par le biais de nouvelles technologies (notamment l'industrie 4.0) commencent à émerger comme challenges.

Tableau I. 1Les challenges de la supply chain

Challenges de la SC	Axe de recherche	Les enjeux de la SC	Références
Service client/Service de qualité	La SCM est axée sur les besoins des clients. Il s'agit de donner le bon montant et la bonne nature de l'article pour le montant parfait. En prenant en considération le bon moment et le bon réglage	Qualité du produit	(Bhakthavatchalam et al.,2015) (Zhao et al.,2019) (Sarkar et al.,2021) (Stanley et Wisner,2000).
		Qualité des opérations et de la gestion	(Stanley et Wisner,2000) (Anli et al.,2007)
		Qualité des services	(Stanley et Wisner,2000) (Anli et al.,2007)
		Qualité logistique t transport	(Cheng et al.,2005) (Madadi et al.,2014)
Coût	En raison de certains changements économiques, les dépenses de matières premières et de main-d'œuvre ont augmenté, des ajustements doivent être faits afin de poursuivre la production et de donner à nos clients des articles de bonne qualité à des prix abordables.	Coût de la main-d'œuvre et des matières premières	(Lans,2018) (Reda et al.,2020) (Petrudi et al.,2020) (Rajeev A et al. 2019) (Tseng et al.,2018) (Schuetz et Venkatesh,2020) (Arunachalam et al.,2018) (bentahar et benzidia,2018)
		Coût de l'opération	(Jiang et al.,2017) (Su et Geunes,2012)
La gestion des risques	En raison de la variété de certaines sources, nous aurons des changements sur le marché, ce qui entraînera des problèmes de fonctionnement.	Changement de marché	(Barman et al.,2021) (Zhang,2021) (Rasul,2021)
		Changement climatique et météorologique	(Godde et al.,2021) (Rasul,2021)
Relation des fournisseurs	La relation entre les partenaires ou les fournisseurs permettra de fournir aux clients des produits de haute qualité et dans les délais impartis, et d'accroître les performances du travail.	Relation entre les partenaires	(Lans,2018) (Tseng et al.,2018) (Tseng et al.,2018) (bentahar et benzidia,2018)
Personnel Qualifié	La personne engagée à ce poste doit être bien qualifiée et comprendre sa responsabilité.	Capacité à travailler au bon endroit	(Lans,2018) (Petrudi et al.2020) (Tseng et al.,2018) (Schuetz et Venkatesh,2020) (Arunachalam et al.2018)
Retards imprévus	La livraison des composants et des matières premières ne se fera pas toujours à temps, nous avons quelques temps d'incertitude.	Retard issu de la production	(Baccadoro et al.,2006)
		Délai de livraison	(Hu,2019) (Guo et al.,2020) (Baccadoro et al.,2006)
Adaptation des technologies aux évolutions marché	La technologie s'améliore avec le temps, et les marchés changent tous les jours. Les entreprises doivent donc être plus flexibles pour faire face aux améliorations de la technologie et aux changements du marché.	Amélioration de la technologie	(Lans,2018) (Petrudi et al.2020) (Tseng et al.,2018) (Arunachalam et al.2018)

I.1.3 Supply Chain internationale

Une SC internationale se compose d'une variété de parties prenantes géographiquement dispersées, depuis la conception du produit, la fabrication, l'assemblage, jusqu'au client final. Les parties prenantes du monde entier peuvent faire bénéficier le réseau de la SC de leur performance en termes de réduction des coûts, de flexibilité de fabrication, de satisfaction du client (Chu et al.,2019).

La SC internationale pratique les méthodes de la SC traditionnelle pour une gestion optimisée des flux physiques et d'information et ceci avec une opérationnalisation à l'international. Cette SC intègre, en complément, les activités d'importation et exportation et la planification des opérations de transports transfrontaliers. (Fabbe-Costes ,2015)

La mondialisation aujourd'hui change le paysage économique mondial, une SC Internationale devient une stratégie intéressante de s'étendre pour une grande partie des entreprises. Et Même si l'entreprise n'est pas internationale, une part de ses fournisseurs ou de ses clients peuvent opérer au-delà des frontières où elle s'implante (Balambo, 2013).

De nombreuses entreprises manufacturières s'engagent activement dans la production, les ventes et le commerce par le biais de bases à l'étranger. La raison pour laquelle les entreprises étendent leurs chaînes logistiques peut se justifier par le besoin de couvrir le marché étranger et l'augmentation de la demande dans les pays émergents. En conséquence de l'intégration de la SC aux pays étrangers, les entreprises ont pu trouver de nouvelles opportunités commerciales. Un exemple d'une SC internationale est illustré dans la figure I.2. Il est opportun de souligner la diversité des modes d'approvisionnement et de transport, la multiplication des flux échangés et la multitude des partenaires géographiquement dispersés. Ces divers éléments sont caractéristiques de la SC globale dite internationale.

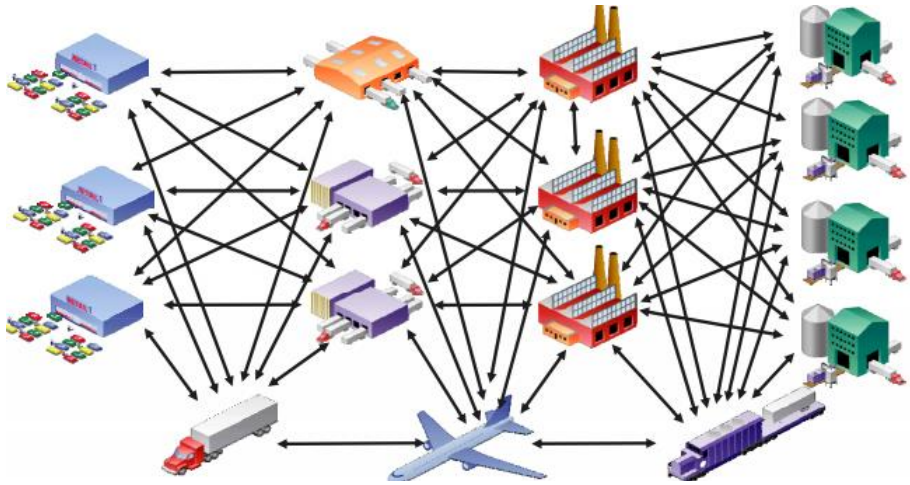


Figure I. 2 Supply chain internationale

I.1.3.1 Particularités de la SC Internationale ?

D'après la revue littérature (Gauland et al. 2010) ; (Bauman, 2011) ; (Abadi,2015) ; (Rollet, 2020) ; (Fulconis et Paché, 2020), nous citons dans cette partie un ensemble de spécificités de la SC internationale :

- Les échanges internationaux attirent *un grand nombre de collaborateurs.* Cela implique une parfaite organisation des échanges d'informations, une planification logistique, et un contrôle approfondi de la traçabilité par le biais de documents obligatoires ou facultatifs.

- Les *opérations logistiques multinationales* sont gérées de manière multimodale. Par conséquent, il faut prendre conscience de la qualité et de la taille des marchandises, ainsi que de la forme de l'emballage. C'est pourquoi une attention particulière a été portée à la gestion par unités de transport intermodal (UTI).
- *L'exportation et l'importation* de marchandises sont régies par des règles juridiques strictes figurant dans une gamme large de documents réglementaires. À chaque étape du processus de logistique internationale, il est essentiel de connaître la législation ou la convention en vigueur.
- *Une bonne maîtrise des phases logistiques* réduit le temps de traitement du flux : il y a moins de ruptures de charges grâce à une meilleure anticipation des formalités administratives lors des phases intermodales. La gestion rigoureuse des coûts logistiques optimise les coûts des différents prestataires ;
- *La gestion des risques de sécurité* dans la SC passe par une optimisation des manipulations, des contrats d'assurance bien adaptés et, en particulier pour les denrées périssables, un respect strict des exigences en matière de transport.

I.1.3.2 Les problématiques de la Supply Chain

Au-delà des définitions relatives à la SC, le pilotage, les flux et les niveaux décisionnels, nous avons montré les nouveaux challenges auxquels sont confrontées les SC d'aujourd'hui. Les particularités de la SC internationale ont également été dépeintes. A ce stade nous souhaitons relater, les problématiques de recherche sujettes aux développements dans la communauté des chercheurs. Le tableau I.2 propose d'articuler les problématiques autour de points critiques avec référencement des auteurs qui s'y sont intéressés. Ces points dénotent les axes de recherche considérés comme prioritaires actuellement.

Nous présentons dans le tableau ci-dessous, les différentes problématiques de la supply chain :

Tableau I. 2 les problématiques de la SC

Type de problématique		Auteurs
Transport	Le transport joue un rôle vital dans le secteur de la distribution des produits aux clients avec la meilleure qualité possible, ce qui est l'une des activités concurrentielles les plus importantes. Les principaux défis consistent à réduire la distance totale du trajet, le coût d'utilisation du véhicule, la consommation d'énergie et la pénalité de retard dans le problème du routage des véhicules.	(Tirkolaee et al 2017) (Hassanzadeh and Rasti-barzoki 2017)
Externalisation	L'externalisation est une bonne stratégie pour réduire les coûts, mais elle a un impact sur les résultats des fabricants qui n'est pas tout à fait transparent. En outre, les fabricants partagent leurs bénéfices en fonction de l'accord d'externalisation négocié.	(Feng and lu 2013) (Cachon and haker 2002)
Stockage	En raison de la forte demande, et l'évolution rapide des besoins des clients et des attentes accrues en matière de variété de produits, l'entreprise doit se concentrer sur enjeux des stocks et y accorder une plus grande attention. Des recherches sont nécessaires pour minimiser le coût du produit, le coût de détention des stocks et améliorer la qualité en réduisant les taux de défaut.	(Singh and verma2017) (AI theeb et al.,2020) (Chopra and sodhi 2004) (Rentizelas et al.,2009)

Sécurité	La sécurité et l'authenticité des produits alimentaires dans la chaîne logistique attirent davantage l'attention, car elles constituent une préoccupation majeure liée à la santé humaine. Certains défis pratiques sont abordés, tels que la contamination biologique, les corps étrangers, le changement climatique, la contamination industrielle, les allergènes, les activités frauduleuses qui présentent un risque important pour la santé humaine. Une surveillance continue par l'industrie et les organismes habilités est nécessaire.	(Montgomery et al.,2020) (Manteghi et al.,2021) (Aworth 2020) (Annosi et al.,2021) (Marucheck et al.,2011)
Développment durable	Dans le cadre actuel de renforcement réglementaire et avec les pressions environnementales et sociales, de nombreuses parties prenantes exigent le développement d'une SC qui respecte les dimensions du développement durable. A cet effet, les acteurs des supply chains, soit des prestataires de services logistiques ou des industriels, se posent des questions sur les indicateurs de performance durable de leurs organismes. En particulier le transport, on peut citer quelques indicateurs concernant la consommation d'énergie, taux de remplissage, le nombre de tonnes de dioxyde de carbone émis.	(ElBbaz, 2016) (Kafa et al., 2013) (Moncef, 2011)
La digitalisation	La transition numérique dans la SC logistique a modifié l'environnement de travail. La mise en œuvre de nouveaux concepts de fabrication intelligente tels que la fabrication additive, entraîne une requalification des employés, une nouvelle conception de l'agencement des installations, une réduction des couches de la SC et de nouvelles implantations à proximité des marchés.	(Ageron et al., 2020) (Ivanov et al., 2018) (Annosi et al.,2021)
Multi-channel	Les détaillants multicanaux qui ont la possibilité de vendre à la fois en ligne et en magasin. Il en résulte une plus grande complexité dans les opérations de la chaîne d'approvisionnement. Le cadre de travail proposé analyse la performance globale de deux systèmes différents pour évaluer l'adéquation entre un système de gestion des commandes et un modèle commercial multicanal.	(Cao et al.,2016) (Lang 2011)
La globalisation	La globalisation pose de nombreux défis à la SC. Alors que les entreprises étendent leurs frontières pour vendre leurs produits à l'échelle mondiale, elles peuvent être confrontées à des obstacles tels que l'aspect culturel, les langues et les préférences. Pour surmonter ces obstacles, une visibilité en temps réel des opérations de la SC est nécessaire pour garantir l'efficacité du processus de fabrication.	(k.Pearsall 2016) (Marucheck et al.,2011) (Meixell and Gargey 2005)
Wholesale	Négociation du prix de vente total dans le cadre d'un double canal s'avère nécessaire, le fabricant pouvant vendre le produit par le canal direct et le détaillant par le canal du détaillant. Par conséquent, le fabricant réalise des bénéfices en négociant le prix de gros avant de fixer le prix direct. En outre, le fabricant a le temps de négocier le prix de gros s'il choisit la chaîne d'approvisionnement à double canal.	(Matsui2020) (Shi et al.,2020) (Chiang et al.,2014)

Un pilotage de la SC peut passer par des modèles, par des standards, par des nouvelles technologies. Nous allons dans la section qui suit détailler l'intérêt de l'industrie 4.0 dans le renforcement du pilotage de la SC et l'évoquer comme un moyen contributeur à son évolution et à son optimisation.

I.1.4 L'industrie 4.0 et ses enjeux pour le pilotage d'une SC

Selon (Blanchet, 2016), l'industrie 4.0 est définie comme une politique industrielle. Développée par le gouvernement allemand, en 2011, elle a comme finalité de moderniser l'appareil de production et maintenir un avantage compétitif.

L'industrie 4.0 s'apparente à la 4ème révolution industrielle comme présenté sur la figure I.2.

L'industrie 1.0 concerne la mécanisation de l'industrie au moyen des machines à vapeur, l'industrie 2.0 fut la mise en ligne de l'utilisation de l'énergie électrique et de la production.

L'industrie 3.0 nommée également la révolution numérique concerne l'exploitation de l'électronique grâce aux commandes par programme enregistré.

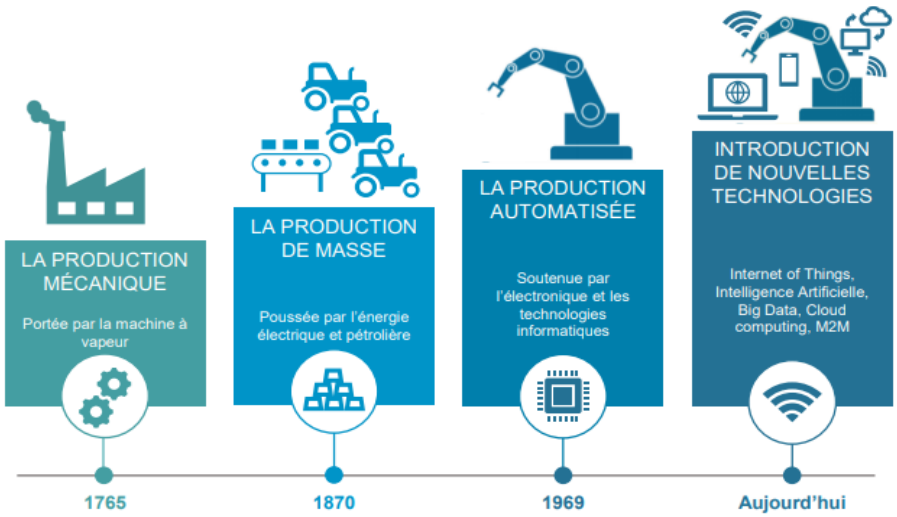


Figure I. 3 Les révolutions industrielles

L'industrie 4.0 est une approche du pilotage industriel visant la synchronisation en temps réel des flux et la production unitaire et personnalisée de produit à la demande des clients (Moeuf, 2018). Monter en productivité est un enjeu crucial de l'usine 4.0, tout en s'adaptant au nouveau mode de consommation. La personnalisation des produits séduit de plus en plus les consommateurs.

L'un des principaux défis de l'usine 4.0 sera donc de combiner les gains de productivité avec la personnalisation et la réduction de la taille des séries.

Pour ce faire, il va falloir faciliter l'usage du numérique pour assurer un gain de temps et s'assurer que l'utilisateur puisse maîtriser très rapidement la technologie en question. L'un des objectifs serait de traiter les informations en très peu de temps, tout en maintenant la flexibilité dans le paramétrage.

La mise en place des systèmes intelligents est devenue nécessaire pour l'usine qui doit être en mesure de s'auto évaluer et de se corriger. Créer un usinage intelligent est devenu l'un des objectifs de l'industrie 4.0, ceci est rendu possible grâce à la collecte des données et des informations du savoir-faire et du process. L'utilisation de l'intelligence artificielle au service de la production en est une illustration.

I.1.4.1 Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0

L'usine du futur ou l'usine connectée ne peut pas tout révolutionner. Elle utilise les équipements existants et tend à les améliorer, pour les placer dans un réseau où toutes les données pourront être partagées. Pour se faire, certains outils sont primordiaux pour accompagner cette mutation.

Les nouvelles technologies constituent une large gamme de moyens, de logiciels et d'équipements capables après connectivité de transformer une usine de production classique en usine 4.0. La base de l'industrie 4.0 est une exploitation de ces groupes technologiques. Ces technologies sont aujourd'hui disponibles et accessibles, à des coûts et des niveaux de

développement différents. Nous allons présenter les principales technologies dans le tableau ci-dessous issu de BCG (The Boston Consulting Group, 2015).

Chacune des technologies citées peut être utilisée en fonction des besoins de l'entreprise, des spécificités sectorielles et des montants d'investissement pouvant être consentis par les entreprises. Négocier le virage du numérique est aujourd'hui un impératif pour les entreprises. Connaitre les briques technologiques constitutives de l'industrie4.0 permettra aux décideurs de se poser les bonnes questions sur leurs usages en accord avec les besoins et les priorités à définir très en amont.

Tableau I. 3 les nouvelles technologies 4.0 (BCG, 2015)

Big data et analytics	La présence de capteurs sur les machines et les produits permet de collecter d'importantes sommes de données. Avec les bons outils de traitement et d'analyse, ces données permettent d'optimiser la chaîne de production en identifiant de manière très fine les problèmes qui surviennent. La connaissance sur les habitudes et préférences des consommateurs
Intelligence Artificielle	L'IA désigne un champ de recherche très vaste fondé autour d'un objectif ambitieux : comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire. Pour l'industrie, les applications sont innombrables. Cela va étendre l'exploitation des données, aider à la prise de décision, anticiper la demande, améliorer les processus,
Robots	On sait aujourd'hui créer des robots travaillant de façon plus autonome, plus flexible, et en plus grande coopération avec les opérateurs.
Simulation	La simulation 3D de produits, matériaux ou procédés s'étend à l'ensemble de la chaîne de production ; l'acquisition de données réelles permet d'affiner les modèles.
L'internet des objets	Grâce aux capteurs sur les machines et les objets en cours de fabrication, les machines peuvent connaître l'historique de production de l'objet, la demande finale correspondante afin d'y répondre de manière automatisée ou via un poste de contrôle central. On peut aussi, grâce à l'internet des objets, collecter des données pendant l'utilisation du produit afin d'apprendre quelles fonctionnalités sont utilisées et de découvrir les modes de défaillance
Cybersécurité	La diffusion du numérique et l'augmentation des communications qui l'accompagne font de la cybersécurité un enjeu majeur pour les entreprises industrielles. De nombreux fournisseurs de matériel « 4.0 ready » se sont ainsi rapprochés de spécialistes de la cybersécurité afin de proposer des offres intégrant cet aspect.
Cloud	Le cloud est déjà très répandu pour la gestion de logiciels et de données. La plus grande interconnexion des sites de production et des départements au sein de l'entreprise requiert un partage de grandes quantités de données, rendue plus facile grâce au cloud.
Fabrication additive	Cette technologie suscite de nombreux espoirs. Au-delà de la production de prototypes, la fabrication additive permet déjà la production en petites séries de pièces complexes, de pièces de rechange et même d'outils personnalisés. La vitesse et la précision de l'impression devraient augmenter et permettre la production à plus grande échelle.

Réalité augmentée	Une utilisation possible vise à fournir à l'opérateur de maintenance des informations sur les techniques de réparation d'une pièce, par exemple via le port de lunettes de réalité augmentée. Cette technologie peut également être utilisée pour faire de la formation, ou rendre des étapes de conception moins abstraites afin d'y associer plus de parties prenantes.

Force est de constater la multitude des technologies de l'industrie 4.0 et la disparité de leurs utilisations dans le monde industriel (Tableau I.3). L'Intelligence artificielle, le RFID sont utilisés largement chez Amazon, le IOT chez Safran, la fabrication additive chez Dassault Aviation (mais jugé inadéquat et non assez mature chez Faurécia (I4EU, 2021). Ces exemples du terrain témoignent de l'applicabilité contextuelle de ces technologies. Par ailleurs, nous nous sommes intéressés aux développements des technologies dans les articles de recherche. Nous présentons dans le tableau I.3 une revue de vingt articles qui ont identifié leurs priorités technologiques 4.0 dans leur travail de recherche. Le Big data, la fabrication additive (3D) et l'IOT se révèlent être prioritaires dans le panel étudié.

Tableau I. 4 Les nouvelles technologies 4.0 développées dans les travaux de recherche

	Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0										
	Autheurs	***Fabrication additive***	***La réalité augmneté***	***Big Data et Analytique***	***Le cloud computing***	***Cyber securité***	***Iot***	***Simulation***	***Intelligence artificielle***	***Block Chain***	***Robot autonome***
1	(Silvestri et al.,2020)	X	X	X	X	X	X	X			X
2	(Benitez-Nara et al.,2021)	X	X	X	X	X	X	X			X
3	(Hopkins, 2021)	X		X			X		X	X	X
4	(Bai et al.,2020)	X			X	X	X	X	X	X	X
5	(Javaid et al.,2020)	X		X	X		X		X		X
6	(Bilotta et al.,2020)			X		X	X	X	X		X
7	(Jimeno-Morenilla et al.,2020)	X			X				X		X
8	(Da Silva et al.,2020)	X		X	X	X	X	X			X
9	(Bonaccorsi et al.,2020)	X	X	X	X	X	X		X	X	
10	(Bigliardi et al.,2020)	X		X	X		X				X
11	(Delenogare et al.,2018)	X		X	X			X			
12	(Hidayatno et al.,2018)	X	X	X	X						
13	(Dalmarco et al.,2019)	X	X	X	X	X		X			X
14	(Kerin et Pham,2019)	X	X				X		X		X
15	(Chiarello et al.,2018)	X	X	X			X				
16	(Ahjuett-Garza et Kurfess,2018)	X					X				
17	(Alcacer et Cruz-Machado, 2019)	X	X	X	X	X	X	X			X
18	(Enyoghasi et Badurdeen,2021)	X	X	X	X		X	X			
19	(Onu et Mbohwa,2020)	X	X	X	X	X	X	X	X		
20	(Aceto et al.,2020)			X	X		X				

I.1.4.2 L'intérêt de l'industrie 4.0pour la SC

La SC pourrait améliorer sa réactivité et sa flexibilité si les technologies sont maitrisées (Yang et al., 2021). Elle serait à même de mieux anticiper les fluctuations du marché (hausse ou baisse de la demande), notamment via le Big Data. La SC serait en mesure de maitriser la fabrication via l'IA, le 3D, le Big Data, la maintenance prédictive, ainsi toute la chaîne de production pourrait être mécanisée, intégrée et connectée. Chaque machine sera connectée et liée avec le réseau, et les données seront transversalisées pour être réparties entre différents services. La donnée se diffusera de manière efficace et fluide à partir du bon de commande du client, en passant par toutes les étapes de la fabrication, jusqu'à l'expédition du produit fini. La livraison n'est pas en reste, les technologies IOT, RFID, Cloud pourraient contribuer à l'organisation des tournées et à la traçabilité.

L'objectif aussi de l'usine connectée est de dématérialiser les procédures amenées par l'évolution des méthodes de production afin que l'humain soit centré sur les activités à grande valeur ajoutée.

Dans l'usine du futur, le concept est de mettre l'usine au service de l'exploitant (opérateur), et non l'inverse. L'humain étant le facteur principal de ce plan, tout est mis en œuvre pour améliorer la productivité, l'ergonomie et la sécurité de chaque poste. (Yang et al., 2021). Nous tiendrons compte de ces aspects relatifs à l'humain dans nos développements de modèles.

Enfin, les états se lancent dans l'accompagnement des industriels et tout particulièrement les entreprises constructeurs et équipementiers du secteur automobile dans cette transformation numérique. Dans le cadre de cette thèse en cotutelle, il sera intéressant de constater les initiatives Marocaines supportant la transformation numérique. Sur la page d'accueil du ministère de l'économie marocain, il est fait mention de l'intérêt de l'industrie 4.0 pour les entreprises du secteur industriel. 30% des usines marocaines sont transformées en usine connectées dites 4.0. (Elalami, 2020). Cette partie sera détaillée dans le chapitre 5 lors du déploiement du modèle à la SC PSA Maroc.

I.1.5 Besoin en modélisation multi-vues

Dans les sections précédentes, nous avons expliqué la complexité structurelle de la SC, son défi organisationnel et ses impératifs de supports technologiques issus de l'industrie 4.0. Le facteur humain est un élément primordial autour duquel s'articule les déploiements technologiques de l'industrie 4.0.

Au regard de ces divers éléments, nous constatons l'absolue nécessité de modéliser la Supply Chain de la manière la plus complète et la plus structurante afin de révéler les points critiques et les points forts. La modélisation de la SC doit permettre l'amélioration des performances par l'analyse, la conception, l'évaluation de ses performances, le pilotage et la communication entre les différents maillons. Considérer l'ensemble de ces actions est un défi dans le monde de la recherche. Une vision stratégique projetée sur le long terme permettra le pilotage global de la SC. Les niveaux tactique et opérationnel permettront un pilotage plus local (pilotage d'un sous-système) de cette même SC.

Dans les sections précédentes, nous avons expliqué la complexité structurelle de la SC, son défi organisationnel et ses impératifs de supports technologiques issus de l'industrie 4.0. Le facteur humain est un élément primordial autour duquel s'articule les déploiements technologiques de l'industrie 4.0.

La modélisation d'entreprise s'appuie sur des modèles qui représentent la réalité à travers la vision de l'acteur de la modélisation (Ducq, 2007). Selon (Vernadat 1999) « *La modélisation permet de décrire l'organisation et les processus opérationnels d'une entreprise soit dans le but de simuler ces processus pour comparer divers scénarios, soit dans le but de les analyser et de les restructurer pour améliorer les performances de l'entreprise* ».Les différentes méthodes de modélisation d'entreprise se distinguent par les champs de compétence à l'origine de chaque méthode, par les points de vue ciblés pendant la modélisation ou encore les outils logiciels permettant leur implémentation. Pour consolider le besoin d'une modélisation multi-vues, nous avons sélectionné et analysé dans ce qui suit de manière succincte les modèles existants. Ils ont été choisis car étant les plus connus et développés dans le domaine de la modélisation des SC :
- La modélisation ARIS (Architecture for integrated Information Systems) (Sheer, 1998) représente à la fois un outil de modélisation des processus d'entreprise et un cadre de modélisation générique pour appuyer le système d'information. Contrairement aux autres outils de modélisation à vocation générale, la modélisation ARIS privilégie un aspect particulier de l'entreprise qui est le système d'information (Retmi, 2020).

- La modélisation SADT (Structured Analysis and Design Technique) (Ye, 2013), est une méthode ou un langage pluridisciplinaire (semi-formel) de spécification fonctionnelle de systèmes. Elle n'est pas une méthode de conception puisqu'elle se limite à une spécification d'un système en ignorant les aspects liés à la réalisation de ce système. Cette méthode est souvent employée pour mieux analyser la situation existante et dégager les fonctions souhaitées du système à concevoir. La variété de ses domaines d'application en témoigne : productique, système de gestion, génie logiciel, aéronautique, etc.

- La méthode PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) (PERA, 2001 ; Williams, 1996) a pour objectif de décrire toutes les phases du développement d'un système en détail depuis les besoins initiaux jusqu'à sa mise en opération.

- La modélisation CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture). Le modèle fournit un cadre conceptuel pour construire les systèmes de production intégrés qui considèrent l'entreprise comme un ensemble de domaines avec des objectifs et des contraintes distincts (GACHES et al., 1993).

-La modélisation GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology) (GERAM, 1999) est également un modèle à considérer. Il s'agit de proposer un cadre fédérateur pour toutes les méthodes de modélisation afin de développer un modèle générique pouvant répondre à un large éventail d'objectifs de modélisation d'entreprise.

D'autres méthodes permettent une modélisation de manière plus globale de l'entreprise comme le cas de GIM (GRAI Integrated Methodology). GIM étend le champ de modélisation à tout le système de production y compris le système de décision formalisé dans le corps de la méthode GRAI (Graphe à Résultats et Activités Inter-reliés) (Doumeingts et al. 1998). GRAI, héritage du laboratoire GRAI puis IMS, s'inscrit dans les développements prioritaires du laboratoire depuis des dizaines d'années. Nous adoptons dans notre approche la vision multi-vues de la méthode GRAI afin de l'affiner, l'adapter et la structurer dans le cadre des exigences et impératifs de la SC globale à l'ère digitale. Ces extensions de GRAI seront étudiées dans le chapitre 3 dans le développement de modèle PERFLOG.

I.1.6 Problématique de Recherche

Positionner notre problématique de recherche au sein de la communauté est un impératif dont les raisons sont multiples : analyser les travaux existants, définir les points singuliers de notre recherche, monter le potentiel contributif de notre question de recherche.
A ce stade, nous avons pu mettre en lumière plusieurs points critiques, à savoir, la complexité de la SC, la singularité du contexte international, les challenges des SC, la nécessité de pilotage multiniveaux et l'exigence de modélisation multi-vues afin de traduire au mieux une représentation de la SC existante ou à venir.

Dans un souci d'amélioration de performance et de maintien de compétitivité, les entreprises tentent l'optimisation uniquement d'une partie de leurs SC et ce par manque de recul, par manque d'outil et de modèle leur permettant d'atteindre la performance de la globalité de leur chaîne logistique. Très souvent, l'optimisation concerne prioritairement la production au détriment de la maintenance et de la qualité (Lyonnet,2010). Certains travaux se concentrent sur l'optimisation de la logistique aval afin de garantir des tournées de véhicules optimales et d'alimenter les points de livraisons. D'autres fiabilisent la production en s'assurant de la fiabilité des fournisseurs et ce processus d'approvisionnement devient alors prioritaire.

La difficulté dans le monde actuel est de travailler concomitamment sur : tous les processus de la SC, tous les niveaux décisionnels, toutes les activités constitutives de la SC, toutes les technologies de l'industrie 4.0 et agir sur l'ensemble dans une approche unique et cohérente.

En effet, les entreprises intègrent et investissent dans les nouvelles technologies numériques, l'intelligence des systèmes, la robotisation et la connectivité - (Kohler et Weisz, 2016). Toutefois, aucune visibilité de l'intérêt et du lien entre ces technologies 4.0 et les décisions prioritaires de la SC ne sont mis en évidence avec les modèles actuels.

Ces divers points nous amènent à réfléchir aux questions de recherches abordées dans cette thèse.

- Comment modéliser une SC en tenant compte de ses multiples dimensions : multipartenaires, multi niveaux décisionnels, pluri activités, pluri processus et pluri technologies ?
- Est-il possible de construire un modèle concis et adapté au contexte d'évolution ? afin de permettre aussi bien la conception d'une SC (dès sa naissance) et le pilotage de cette SC en cohérence ?
- Comment élaborer un modèle structurant et modulaire afin de l'adapter au besoin de chaque SC ? afin de donner le choix et la possibilité aux décideurs de sélectionner les activités prioritaires afin de mener leurs actions ?
- Comment un modèle de pilotage de SC peut-il aussi aider à analyser la fiabilité des KPI en relation avec les technologies 4.0 à développer ?

Pour répondre à ces questions, nous allons procéder de la manière suivante :
- Faire une analyse la plus exhaustive possible des modèles, audits, référentiels SC existant afin d'en extraire les dénominateurs communs et pointer les manquants.
-Ambitionner au développement d'un modèle global, structurant, modulaire. Nous l'appellerons le modèle de « référence » afin de proposer un outil d'aide à la décision dans la conception et le pilotage d'une SC internationale.

L'utilisation d'un modèle de référence peut constituer de notre point de vue, une réponse aux difficultés de conception et de pilotage de la SC. Ce modèle aura comme objectif non seulement

de permettre un positionnement, une priorisation des fonctions de la SC et une analyse de progression des investissements dans les technologies de l'industrie 4.0.

Nous présentons dans le chapitre II, un état de l'art très détaillé de la modélisation en SC et les modèles d'évaluation de la Supply Chain. Les résultats, analyses et critiques du chapitre II déboucheront dans les Chapitre III et Chapitre IV sur une proposition de modèles de pilotage de la conception, de l'exploitation et de l'évaluation de la performance d'une SC et une méthodologie pour diagnostiquer le besoin des SC en technologies 4.0. Le chapitre V conclura notre recherche avec une application auprès de la SC de PSA Maroc.

I.1.7 Conclusion :

Le chapitre I, qui se veut être un chapitre introductif, a été rendu nécessaire afin de dénoter la complexité de la SC et les impératifs qui l'entourent. Cette thèse se déroulant en cotutelle avec le Maroc a clairement comme objectif d'analyser le secteur automobile sur lequel une étude de cas sera menée chez PSA Maroc. Il était donc tout aussi important de comprendre les enjeux d'une SC internationale telle que PSA Maroc afin de construire les développements futurs autour de cette préoccupation, centrale dans cette thèse.

Les différents points ont mis en lumière les difficultés et les impératifs de la SC en termes de challenges et d'enjeux, pour le pilotage et l'introduction de technologies de l'industrie 4.0. Notre problématique de recherche émane clairement à partir de tous ce qui été étudié dans le chapitre 1. Les multiples questions de recherche auxquelles notre travail tente de répondre ont été formulées et précisées afin d'aider le lecteur dans la compréhension de notre cheminement. Ces questions représentent le fil rouge du sujet de thèse.

A chacun des prochains chapitres, des briques supplémentaires d'analyse, de synthèse, de critique et de construction seront amenées. Ces descriptions aboutiront graduellement à la construction du modèle de référence de la SC globale (conception, exploitation et évaluation), à sa description avec des étapes méthodiques et son déploiement auprès d'une grande SC internationale, à savoir PSA Maroc.
La construction d'un modèle de référence pour la Supply Chain requiert : structuration, exhaustivité, couverture, reproductibilité et duplicabilité afin de pouvoir être utilisable par un maximum de décideurs, dans une multitude de fonctions et de départements avec un mode exécutif clarifié et rigoureux. C'est le challenge du développement du modèle de référence proposé dans cette thèse aux prochains chapitres.

CHAPITRE II. ETAT DE L'ART : MODELES D'EVALUATION DE PERFORMANCE DE PERFORMANCE DE LA SUPPLY CHAIN

Sommaire

Introduction....22
II.1 Les modèles d'évaluation de la performance....22
II.1.1 Qu'est-ce qu'un référentiel ?....23
II.1.2 Le modèle AFNOR....23
II.1.3 Le modèle ASLOG :....24
II.1.4 Référentiel EVALOG....27
II.1.5 Référentiel SCM (Supply Chain Masters)....28
II.1.6 La méthode GRAI....29
II.1.7 Le Modèle SCOR....30
II.1.8 Le modèle VRM....33
II.1.9 Le Balanced Scorecards (BSC)....34
II.1.10 Le Lean manufacturing....36
II.2. Méthodologie de choix de référentiels....37
II.2.1 Analyse, critique et synthèse....37
II.2.2 Approche d'évaluation de la pertinence des modèles : Etude préliminaire à l'élaboration d'un modèle de référence....40
II.2.2.1 Synthèse....42
II.3. ECOGRAI : modèle support à la méthodologie....45
II.3.1 Fondement et évolution du modèle GRAI et de la méthode ECOGRAI....45
II.3.1.1 Description de la méthode ECOGRAI....45
II.3.1.2 Les travaux de recherche basés sur ECOGRAI....47
II.4. Conclusion....48

Introduction

Après avoir positionné notre problématique au chapitre 1, nous allons dans ce chapitre parcourir la littérature afin de faire émerger les modèles d'évaluation de performance les plus saillants sur lesquels nous pourrions baser notre analyse de départ. Les fondements et les principes de modèles existants peuvent constituer une base solide de réflexion initiale pour ensuite enrichier et développer des évolutions possibles.

Les modèles d'évaluation de la performance sont considérés comme des outils de gestion qui permettent d'évaluer l'existant d'un système afin d'orienter les changements stratégiques futurs. Ce chapitre présente les différents modèles d'évaluation de la performance de la Supply Chain globale. Dans un premier lieu, nous avons effectué une revue de littérature afin de trouver des travaux de recherche sur la modélisation de la chaîne logistique globale. La majorité des sujets ont traité la chaine logistique amont ou interne (gestion de stock, production dans (Lepori, 2013 ; Estampe, 2011 ; Dumetz, 2018 ; Essafi, 2019). D'autres travaux comme (Gouiza, 2016 ; Morana, 2007 ; Ktari, 2017) ont traité plutôt de la logistique aval (transport), d'autres auteurs ont traité la logistique amont seulement (l'approvisionnement comme Nouri, 2017 ; Bounou et al., 2019 ; Tliche, 2020). Au-delà de ces exemples de littératures qui ont fractionné la supply chain en amont, interne, aval, nous souhaitons dans notre travail étendre le périmètre à la totalité de la supply chain.

Nous appelons supply chain globale l'ensemble des partenaires contribuant à la réalisation d'un produit fini depuis les fournisseurs des fournisseurs jusqu'au client final. Dans ce contexte de supply chain globale qui nous parait adapté à notre situation d'étude (supply chain automobile), la question soulevée est *« Comment évaluer la performance de la Supply Chain et comment justifier le choix du modèle adéquat pour diagnostiquer la SC globale, modéliser ses processus et mesurer sa performance à l'aide des indicateurs ? »*

L'objectif de ce chapitre est de parcourir les différents modèles qui évaluent la performance Supply chain et d'analyser leur manquants afin de faire évoluer ces modèles vers un modèle de référence que nous souhaitons élaborer dans cette thèse. Ce choix s'inscrit dans l'optique d'amélioration continue de la Supply Chain globale. Notre objectif dans un premier temps est de sélectionner un modèle socle en adéquation avec nos hypothèses dans la mesure du possible, afin de modéliser, analyser et évaluer la performance d'une SC. Evidemment, dans un second temps, nous ferons évoluer le modèle socle retenu afin de construire autour un nouveau modèle de référence d'une SC qui sera développé dans le prochain chapitre.

II.1 Les modèles d'évaluation de la performance

Selon la revue de la littérature (Ducq, 2007 ; Estampe, 2013 ; GRUATLA FORME-CHRETIEN, 2007), il existe plusieurs méthodes qui permettent de mesurer la performance des grandes entreprises industrielles, et plusieurs travaux ont été réalisés sur la modélisation de la chaîne logistique. Parmi ces modèles, on peut citer les plus connus en logistique : le modèle SCOR (Aspics, 2017), le modèle GRAI, le modèle de référence (EVALOG, 2007), le guide logistique ASLOG (2006), et le VRM (Value Chain Group, 2012) ... Nous présentons en détails les différents référentiels par la suite.
Ces modèles ont développé les concepts de la re-conception des processus d'entreprise et de l'évaluation de performance (Nouri, 2017).
En effet, l'objectif d'une modélisation a pour but la description de l'état existant d'un processus et l'état cible et de définir les différentes méthodes et solutions de gestion à adopter pour

concevoir ou piloter la structure de la Supply Chain (SC) en atteignant les meilleures performances.

II.1.1 Qu'est-ce qu'un référentiel ?

Un référentiel est le choix opéré par une entreprise en retenant un modèle plutôt qu'un autre afin de mener une analyse et un diagnostic. Dans cette thèse « référentiel » et « modèle d'évaluation » se confondent. Pour qu'un diagnostic et une analyse soient possibles, il est nécessaire de s'appuyer sur un référentiel. Un référentiel est un système d'évaluation constitué de critères et d'éléments par rapport auxquels les mesures de l'entreprise diagnostiquée sont rapportées (Fender, 2017).

Le référentiel permet de vérifier si les bonnes pratiques existent et le cas échéant, de permettre la mise en œuvre et le déploiement de ces bonnes pratiques. Le déploiement peut concerner l'ensemble des activités ou une partie de la SC.

S'ensuit alors la possibilité de mesurer la maturité de la SC, l'auto-évaluer et se comparer (benchmarking) aux divers leaders du secteur. Avoir une certification reconnue par le secteur peut également être l'attendu d'un diagnostic par rapport à un référentiel.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les modèles d'évaluation de performance qui servent de référentiel à certaines entreprises lors de l'évaluation de la SC. Nous allons procéder à une description de chacun en mettant en avant les éléments clés nécessaires à notre analyse future. Ensuite, nous ferons une analyse critique des manquants dans les modèles étudiés. En effet, il y a des dénominateurs communs entre certains modèles et il y a également des singularités à chacun. Notre travail consiste à analyser les éléments à retenir et le modèle socle qui nous servira de base à l'élaboration du modèle de référence vers lequel nous aspirons à travers cette thèse.

II.1.2 Le modèle AFNOR

L'Association Française de NORmalisation est une organisation française élaborée en 1926. Dans le modèle AFNOR (NF X50- 600), la première étape du modèle s'appuie sur une présentation globale de « la fonction de la démarche logistique » et la définition des concepts, des acteurs et de la logique. La démarche logistique se résume en sept grandes étapes de la vie du produit : identifier, concevoir, développer, produire, vendre, soutenir et contrôler (figure II.1). Le modèle AFNOR s'applique à plusieurs activités de la SC, son objectif est de décrire les processus pour le soutien de la conception, la gestion et la mesure de performance. Le but de ce document est de compléter le fascicule de documentation FD X 50-604 qui décrit et explique les activités et les interfaces qui composent le processus logistique globale (Ducq et al., 2008).

La norme NF X 50-605 (AFN 2014) indique que : *« les étapes du processus s'appliquent aussi bien à des activités logistiques de biens que de services, dans les entreprises privées ou publiques* », à la santé, aux pouvoirs publics, ou à la défense (AFNOR NF X50- 600). Ce référentiel s'appuie sur des objectifs stratégiques de l'entreprise fondés sur ses avantages compétitifs. Ces objectifs logistiques se déclinent en leviers d'action et métriques pour évaluer et atteindre ces objectifs. Ce modèle est destiné à servir de guide pour la création d'un tableau de bord logistique et un tableau de bord de pilotage, qui évolueront au fil du temps et s'amélioreront continuellement à tout égard.

Une modélisation de l'AFNOR est proposée par la figure II.1.

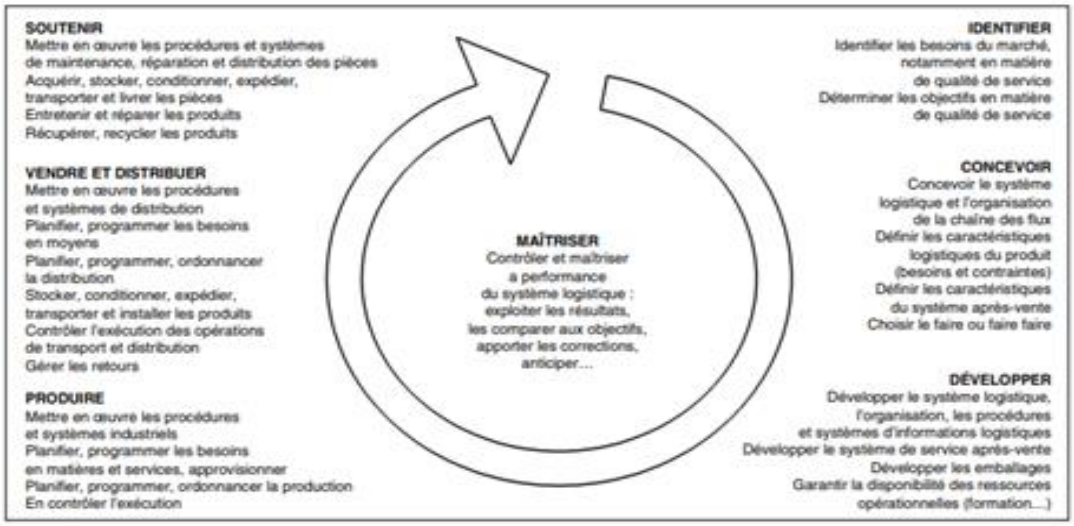


Figure II. 1 Le référentiel logistique AFNOR (Source : NF X 50-600)

La Démarche logistique est représentée dans la figure II.1, extraite de la norme NF X 50-600.

La Démarche systémique, la logistique, qu'elle soit « de flux » ou « de soutien », est à gérer tout au long du cycle de vie du produit : il faut la prendre en compte dès l'identification des besoins, la conception du produit et son développement. Elle doit être prise en compte dès la définition des besoins, la conception du produit et sa production. À l'issue de ces trois premières étapes, aucun flux réel n'a encore vu le jour, plus de 80 % du coût logistique du futur produit est déjà fixé, par les choix réalisés en logistique amont. Le chapitre 1 de ce document AFNOR explique ces opérations logistiques, qui sont encore très peu implantées dans les industries liées au début du cycle de vie des produits. Au-delà du processus de planification classique de la production, qui est maintenant assez bien reconnue et formalisé. Le chapitre 2 montre comment l'utilisation de la théorie des contraintes, avec les APS (Advanced Planning & Scheduling Systems) rend la réactivité de la gestion logistique progressive et très avancée. De manière inédite, le chapitre 3 présente un vrai processus de planification de la distribution. Si le PDP (Programme directeur de production) est à ce jour maitrisé et mis en œuvre, le "PDD (Programme directeur de distribution)" est encore largement non maitrisé.

Le service après-vente et le soutien (chapitre 4) complète l'aperçu du processus logistique, qui doit être rationalisé dans son ensemble. Comme le suggère la définition de la chaîne logistique, toutes les connexions, les sous-processus, doivent interagir entre eux, c'est le rôle du logisticien de maitriser les interfaces. Pour ce faire, il emploie un outil privilégié qui est le système d'information.

II.1.3 Le modèle ASLOG :

Le référentiel ASLOG (Association Française de la Supply Chain et de la Logistique) a été créé en 1997 en se basant sur le référentiel mis en place par la société VOLVO dans les années 1990. (Okar, 2017). L'ASLOG a développé un référentiel logistique pour évaluer l'aptitude d'une Supply Chain, d'améliorer sa compétitivité et mesurer sa performance logistique. Dans tous les secteurs étudiés (et pas que l'automobile dont elle est issue), ce modèle peut permettre une intégration totale des partenaires externes de la SC : sous-traitants, fournisseurs, clients…etc.

L'objectif du référentiel l'ASLOG est de créer de la valeur ajoutée et favoriser la mise en œuvre des démarches collaboratives. Il se compose de 140 questions issues de 10 chapitres : management stratégie et organisation, logistique en conception, logistique, approvisionner, produire, déplacer, stocker, vendre, logistique de soutien, retour et fin de vie, indicateurs de pilotage et progrès permanent. C'est un catalogue de mesures et d'actions de progrès d'une entreprise et un outil transversal pour assurer l'amélioration continue pour l'atteinte d'un niveau d'excellence et mettre en place les bonnes pratiques de la logistique. Il s'agit de donner une approche de structure des problèmes, de concevoir une gestion des processus clés, d'établir les plans d'action afin de garantir un progrès continu et une qualité optimale (ASLOG, 2008).

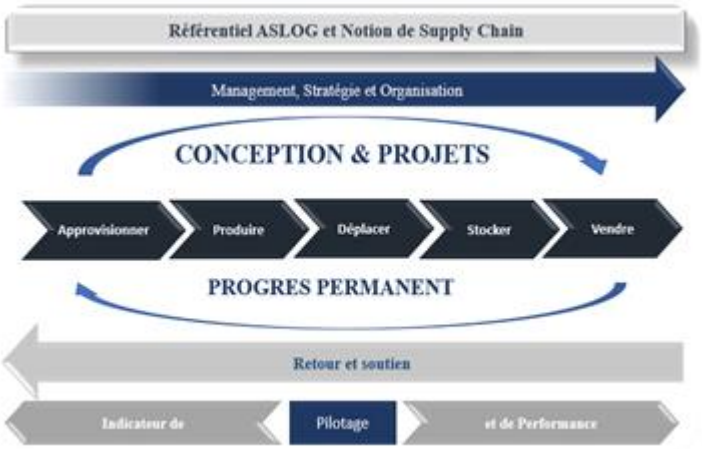


Figure II. 2 Schéma des processus du référentiel ASLOG

Le référentiel logistique a pour but la mise en œuvre d'une structure d'approche des différents processus de la chaine logistique et concevoir la méthode et de gérer les actions concernant ces processus importants. En réalité on peut parler d'un modèle d'audit ou diagnostic pour lequel des questions ont été formulées et les expérimentations établies par des logisticiens professionnels de l'association. L'ensemble de ces questions sous forme de check-list peuvent fournir une évaluation de la performance logistique de l'entreprise. L'utilisation de cet outil nécessite une formation adaptée, présentée ci-dessus, et assurée par l'ASLOG.

L'organisme qui applique ce référentiel ASLOG peut recueillir les informations en faisant un audit uniquement sur un nombre limité de processus du référentiel. Après, il peut accorder un intérêt à ses relations avec les fournisseurs et les clients ainsi qu'aux ressources qui intéressent le bon fonctionnement de la SC en abordant une démarche de progrès continu.

Le référentiel (ASLOG, 2009) propose huit indicateurs : Taux de services de fournisseurs, taux de services clients, taux de fiabilité des prévisions de vente, taux de fiabilité des prévisions d'achats, coût logistique, taux de service de productions interne, taux de rotation de stock, taux de réclamations.

Les processus du référentiel de l'ASLOG :

L'ASLOG comme référentiel de la logistique considère que la gestion de SC couvre la totalité des processus, du client au fournisseur et du fournisseur au client. Ces processus en nombre de dix sont soutenus par différentes ressources (flux physiques, flux financiers, flux humains). Chaque processus possède une définition détaillée avec des objectifs de performance logistique impliqués.

Le processus Management, Stratégie et Planification : traite les éléments stratégiques de l'entreprise : les responsabilités logistiques, le découpage par catégories, les objectifs et la planification. Ce processus s'intéresse aussi aux aspects industriels et de distribution, financiers, investissements, le capital immobilisé, les coûts et le reporting.

Le processus Conception et Projets : concerne la relation, la connaissance de la clientèle, et le choix des moyens de production, de standardisation produit, son emballage et les façons possible de le substituer. La capacité de l'entreprise à mette au point une approche globale et multicritère des contraintes environnementales (évolutions radicales dans les modes de conception des produits, une production et consommation plus durables, une activité optimisée d'un bureau d'études, standardisation ou innovation, etc.) font partie de ce processus.

S'approvisionner : concerne le fonctionnement global des approvisionnements de l'entreprise. L'audit se focalise sur les prestataires logistiques, les fournisseurs et la planification des approvisionnements (développement de partenariats, choix des fournisseurs choix des prestataires logistiques avals, recherche d'amélioration de service, de stocks, de coûts et de flux logistiques). Il s'agit d'optimiser le service, la productivité, les niveaux de stocks et les coûts de l'entreprise.

Produire : Les activités comme l'amélioration des objectifs de service, de stocks, de coûts logistiques ainsi que la planification de la production sont au cœur du processus Produire.

Déplacer. C'est un processus de transfert de flux physique depuis la sortie du produit de fabrication, son stockage jusqu'à sa distribution vers le client. Le questionnaire de l'audit ASLOG se focalise sur le développement durable comme une approche globale. L'objectif est de déterminer les flux de distribution et de transport, contrôler les opérations, et prévoir les difficultés (par exemple avec les sous-traitants), etc.

Le stockage. Ce processus tend à gérer la prévention des moyens de manutention et de stockage et ainsi de réduire le nombre de références (types, variétés). La normalisation des emballages est aussi un objectif poursuivi.

Les ventes : Ce processus concerne les clients et leurs besoins et s'adresse aux prestations fournies par l'entreprise. L'audit définit la relation avec les clients, la responsabilité et l'engagement des partenaires.

Les retours : Ce processus traite la logistique inverse et des activités de maintenance inverse selon différents aspects. Le référentiel encourage à mettre en place une politique d'amélioration continue afin de réduire le nombre de retours et le service après-vente. Le questionnaire vise le service mis à la disposition du client de même que la cohérence des indicateurs tenant compte de la stratégie de l'entreprise en particulier le marché, les politiques clients et politiques produits.

Les indicateurs de pilotage : Le référentiel encourage la mise en place d'un ensemble d'indicateurs synthétiques et détaillés.

Progrès permanent : cela **c**oncerne le dernier processus du référentiel, qui propose à l'entreprise d'être certifiée aux normes ISO environnementales. Le questionnaire tient compte de l'intégration continue des évolutions de l'environnement et la gestion des plans d'amélioration. Dans le but de satisfaire ses clients en termes de coût, l'entreprise doit être capable de mettre en œuvre un plan d'action.

II.1.4 Référentiel EVALOG

Le référentiel Global EVALOG est une fusion du référentiel EVALOG d'Odette et du référentiel (MMOG) Materials Management Operations Guideline. Il a été développé par le groupe (AIAG) Automotive Industry Action Group et par Odette International (Galia, 2007). Tout d'abord, il faut savoir que ce référentiel a été élaboré par les constructeurs, équipementiers automobiles pour le secteur automobile. Il définit point par point, les meilleures pratiques de l'industrie automobile pour assurer une logistique performante et efficace. Il se présente sous forme d'un questionnaire qui se compose de six chapitres dont quatre sont de types processus. Le calcul d'un score dans un fichier Excel est ensuite établi. L'EVALOG a pour objectif d'aider les entreprises à concevoir et mettre en œuvre un système logistique de classe mondiale. Il est très utilisé en Europe, et bien que développé pour l'industrie automobile, il peut permettre une amélioration aux entreprises d'autres secteurs utilisant les normes (ISO / TS) (MMOG, 2004).

Au niveau de la structure des questions, la recommandation est basée sur six chapitres :

Stratégie et Amélioration : Le référentiel intègre le processus logistique dans le niveau stratégique de l'organisme en y incorporant objectifs, des analyses et des plans d'actions.

Organisation : Le référentiel EVALOG préconise la maîtrise, le contrôle et l'amélioration des conditions de travail. « Le personnel est la principale richesse de l'entreprise. Elle se doit de garantir de bonnes conditions de travail » (Baumann, 2011).

Capacitaire et plan de production : Ce processus vise à comparer les ressources de l'organisme avec les besoins de ses clients et en particulier le lien avec le cycle de vie des produits.

Relations avec les Clients : Cet axe évoque la gestion des emballages, y compris la quantité et le contrôle de ce dernier afin d'éviter les gaspillages, ainsi que la stratégie de transport qui doit être incluse dans la sauvegarde de l'environnement.

Maîtrise produits/process Dans cet axe, sont invoqués la gestion de la traçabilité, la gestion de réduction des produits qui arrivent en fin de vie et la gestion des produits défectueux.

Relation avec les Fournisseurs : Dans ce processus on trouve les problématiques d'emballage, le référentiel recommande « des emballages appropriés assurant le respect de l'environnement » et les problèmes de transport qui doivent être « axées sur les problèmes d'environnement ».

Dans chacun des chapitres est abordé un certain nombre de sujets (thèmes) importants. Pour chacun de ces thèmes, une ou plusieurs questions sont posées. Pour y répondre un certain nombre de critères a été identifié, et c'est là le changement majeur par rapport au guide Odette.

A Travers les questions de ces chapitres, les sociétés peuvent évaluer leur performance logistique et recevoir des conseils sur les 'bonnes pratiques' de l'industrie. Le but est de disposer d'un document facile d'utilisation qui puisse être fréquemment utilisé entre les sociétés n'ayant pas un entraînement spécifique à ces questions.

Quelques Applications :

Ce référentiel est adopté en Etats-Unis par certains constructeurs automobiles comme FORD, Daimler-Chrysler qui évaluent tout nouveau projet sur les usines US. Il est adopté aussi en Europe hors France, on cite les constructeurs automobiles allemands : BMW a utilisé en interne Evalog et travaille actuellement sur la version mondiale, de même pour VW/AUDI, et Bosch a utilisé ce

référentiel en benchmark interne. Volvo prône aussi l'utilisation d'Evalog avec la quasi-certitude d'utilisation du référentiel au niveau mondial (Atelier Logistique, 2004).

II.1.5 Référentiel SCM (Supply Chain Masters)

Le référentiel SCM (Supply Chain Master), conçu en 2007 couvre l'ensemble des fonctionnalités du Supply Chain Management (SCM, 2011). Ce modèle, est considéré comme un guide qui évalue la maturité logistique, ses forces et ses faiblesses. Il s'applique seulement aux Petites et Moyennes Entreprises-Petites et Moyennes Industries (PME-PMI) de type fabriquant et/ou distributeurs (multicanal) des produits de grande consommation (PGC). Il ne s'applique pas aux filières de l'automobile. Il s'applique aussi à des entreprises de 10 à 250 salariés. Ce référentiel se présente sous forme d'une roue logistique (figure II.3) qui se compose de 25 modules clés commençant par la stratégie d'entreprise jusqu'à la mesure des performances en passant par les différentes fonctions de la logistique, suivant la méthode d'amélioration continue PDCA (Plan, Do, Check, and Act). Le SCM apporte une base solide de connaissances pour bien comprendre les enjeux et le fonctionnement de la chaîne logistique. Une grille de maturité pour évaluer les forces et faiblesses logistiques des entreprises sur une échelle de 0 à 4 (Rahoum, 2015) est proposée. Ceci positionne la supply chain selon les cinq niveaux de maturité présentés ci-dessous figure II.4.

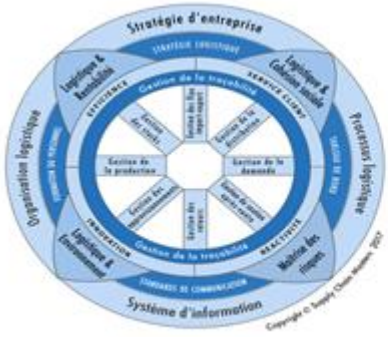


Figure II. 3 La roue du référentiel SCM

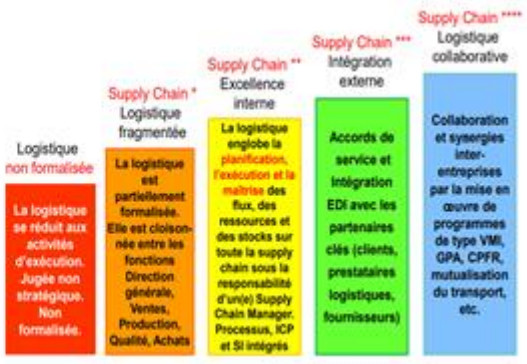


Figure II. 4 les 5 niveaux de maturité : de la logistique non formalisée à la SC (Rahoum, 2015)

L'évaluation de la performance de l'entreprise se base sur les niveaux de maturité suivants :

L***ogistique non formalisée :*** Signifie que l'entreprise n'a pas encore défini la vision et les objectifs de sa SC à long termes et ne tient pas compte des concepts de la SC. La logistique se résume à des activités d'exécution. Les actions du processus logistique sont réparties (achat, fabrication et vente).

Logistique fragmentée **:** La logistique se limite à gérer les stocks et exécuter des commandes. La maitrise des risques n'est pas prise en compte.

Excellence Interne **:** Pour atteindre les objectifs stratégiques de l'entreprise, une organisation interne est mise au point et qui s'aligne avec les processus et les SI. La logistique et en particulier la planification, l'exécution et la maitrise des flux d'approvisionnement, de production et de distribution sont les éléments traités.

Intégration Externe **:** L'entreprise met au point des fonctionnalités pour communiquer avec les fournisseurs, les clients et même les distributeurs (grossistes). Le respect des délais est contrôlé.

Supply chain collaborative : Cette SC cherche à mettre au point (mieux, moins cher, plus vite et écologique) et une amélioration de la performance de la SC globale en réalisant des synergies inter-entreprises.

Démarche de SCM :

Pour aider les entreprises à détecter les erreurs logistiques, les consultants associés à Supply Chain Masters, se déplacent dans les locaux des entreprises avec comme ordre du jour :

- Visite du site industriel et logistique.
- Cartographie de la Supply Chain.
- Audit des forces et faiblesses logistiques sur une échelle de 0 à 4.
- Etablissement du plan d'actions « Supply Chain Lean et Agile ».
- Formation aux « 10 règles d'or » de la Supply Chain qui se déroule après le diagnostic SCM en présence de tous les membres de la direction générale afin de partager la même vision de la logistique et des solutions de progrès à mettre en œuvre.

II.1.6 La méthode GRAI

La méthode GRAI (Graphe à Résultats et Activités Interrliés) est une méthode basée sur la modélisation d'entreprise, développée à l'origine par le groupe de recherche GRAI du laboratoire IMS anciennement appelé laboratoire LAPS d'automatique et de productique de l'université Bordeaux 1. Le but du modèle GRAI est la conception ou la reconception des systèmes de production (industriels ou de service) et leur structure de référence. La force de la méthode GRAI réside dans sa capacité à fournir la possibilité de modéliser efficacement le système décisionnel de l'entreprise. La méthode GRAI se focalise sur la partie décisionnelle (système de conduite) et s'applique dans une optique générale d'amélioration des performances. La méthode GRAI s'appuie sur une base théorique composée d'un modèle de référence (globalité et détails des différents aspects de l'entreprise), des formalismes (représentations graphiques des concepts) et d'une approche structurée (comment implanter).

Concepts et objectifs théoriques de la méthode :

Les concepts théoriques qui fondent la structure sont issus des théories de la décision (Simon, 1973), de (Le Moigne, 1977) et des organisations (Mintzberg, 2005). Comme objectif, les méthodes de modélisation d'entreprise, en général, permettent la représentation du fonctionnement de l'entreprise à l'aide de concepts. De telles méthodes doivent permettre de décrire la stratégie industrielle, la structure, les fonctionnalités, l'organisation, et en particulier la structure décisionnelle et les relations avec l'environnement. La méthode GRAI (Doumeingts et Ducq, 2001) permet de :

- Chercher les améliorations de performance.
- Elaborer et implanter un système d'indicateurs de performance.
- Réaliser des études de Benchmarking (processus ou de l'entreprise).
- Gérer les connaissances (acquisition, mémorisation, réutilisation).
- De traduire la réalité d'un système de gestion de production à savoir le sous-système décisionnel et informationnel d'une entreprise.
- De définir une structure de gestion appropriée à l'entreprise en intégrant les hypothèses de fonctionnement et la correction des incohérences et dysfonctionnement détectées.

- De modéliser le flux décisionnels et d'information dans l'entreprise.
- De modéliser des processus selon différents points de vue dans le cadre d'un modèle de référence.
- De visualiser un grand nombre de dysfonctionnements lors de la phase d'analyse.
- De se focaliser particulièrement sur l'analyse et la conception de systèmes décisionnels.

II.1.7 Le Modèle SCOR

Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference) a été créé en 1996 par le Supply Chain Council (SCC, 2017). Le modèle SCOR a pour objectif de déterminer un guide standard pour les entreprises. Le modèle définit une démarche, des processus, des indicateurs de performance et les bonnes pratiques pour mesurer, évaluer et diagnostiquer la Supply Chain. Le modèle SCOR décompose la chaîne logistique en six processus clés de management : Plan (planification), Source (approvisionnement), Make (fabrication), Deliver (livraison), Return (retour) et (Enable) (SCC, 2017). La figure II.5 présente un modèle des différents processus de la SC selon SCOR.

Planification (Plan) : Ce processus correspond à l'évaluation des ressources d'approvisionnement et à l'adéquation des capacités avec les besoins de la demande, le regroupement et priorisation des demandes, la programmation de l'inventaire pour la livraison, la production et les besoins en équipements.

Approvisionnement (Source) : est le processus qui regroupe les différentes étapes qui assurent la mise à disposition des composants, des produits semi finis, la matière première ou services dans le respect du planning notamment (Obtention de la commande, réception, contrôle des matières, délivrance et autorisation du paiement des matières premières et des produits finis achetés.)

Fabrication (Make) : Processus qui intègre l'ensemble des étapes de transformation du produit, depuis la demande et réception du matériel, production, contrôle du produit fini, emballage et finalement l'envoi du produit.

Livraison (Deliver) : Processus qui regroupe l'ensemble des étapes depuis la préparation des commandes clients, gestion de stock des produits fini, choix du transport...jusqu'à la livraison du produit avec respect des délais.

Gestion des retours (Return) : Regroupe l'ensemble des activités de pilotage de la procédure de retours des produits défectueux. C'est un processus composé des fonctions d'autorisation, de planification, de réception et la vérification des produits défectueux.

Au-delà de sa décomposition intéressante en processus, SCOR offre la possibilité de transposer le modèle à tout type de fabrication afin que la majorité des entreprises puissent se reconnaitre et en faire l'usage. Les processus sont spécialisés selon les 3 types de fabrication : fabrication à la commande (MTO) fabrication sur stock (MTS), et conception à la commande (ETO). En outre, SCOR inclut un processus supplémentaire de support (Enable). Ce processus concerne les exigences légales, les règles commerciales, la gestion des risques, les ensembles de données, les réglementations contractuelles et commerciales. Pour chacun des processus de base, sont basés sur la gestion des performances de la chaine logistique, l'ensemble des taches pour la réalisation des processus opérationnels.

Figure II. 3 Schéma des processus logistiques du modèle SCOR. 12(SCC, 2017)

Le modèle SCOR est utilisé aussi bien pour décrire des SC très simples ou très complexes en utilisant un ensemble commun de définitions. Par conséquent, des entreprises industrielles disparates peuvent être liées par la description de la profondeur et de la largeur de presque toute la chaîne logistique (Aspics, 2018).

(Ktari, 2017) précise que l'utilisation du modèle SCOR au sein de l'entreprise, se fait par une analyse de ses processus actuels « as is », et une comparaison avec les processus préconisés par le modèle. Ensuite, SCOR propose les meilleurs pratiques et les indicateurs de performance afin que les entreprises adaptent les processus souhaités « to be » aux besoins d'organisations.

Structure du modèle SCOR

Le référentiel SCOR pour objectif d'optimiser des processus logistiques de l'entreprise, accompagnée d'une méthode constituée de trois niveaux de détail de processus.
Le **niveau 1** définit les différents processus (Plan, source, make, deliver et return), la mesure de leur performance et les exigences concurrentielles nécessaires.
Le **niveau 2** définit la configuration des stratégies de la supply chain, et décompose chaque élément en tâches.
Le **niveau 3** Concerne les processus métier et les caractéristiques des systèmes utilisés pour gérer les commandes d'achat, les commandes client, les autorisations de retour, les réapprovisionnements et les prévisions.
Les détails du processus du **niveau 4** ne sont pas contenus dans SCOR mais doivent être définis spécifiquement par conque entreprise pour implémenter des améliorations et gérer les processus. Il en relève de la spécificité locale à chaque entreprise est laissée à l'appréciation de l'équipe interne dans le groupe concerné.

Le modèle SCOR propose dans chaque niveau de décomposition un ensemble d'indicateurs de performances. (Wong & Wong, 2008) mentionnent dans leurs travaux que les entreprises adoptant SCOR bénéfice d'un format standard qui facilite la communication et permet ainsi d'opérer des Benchmarking.

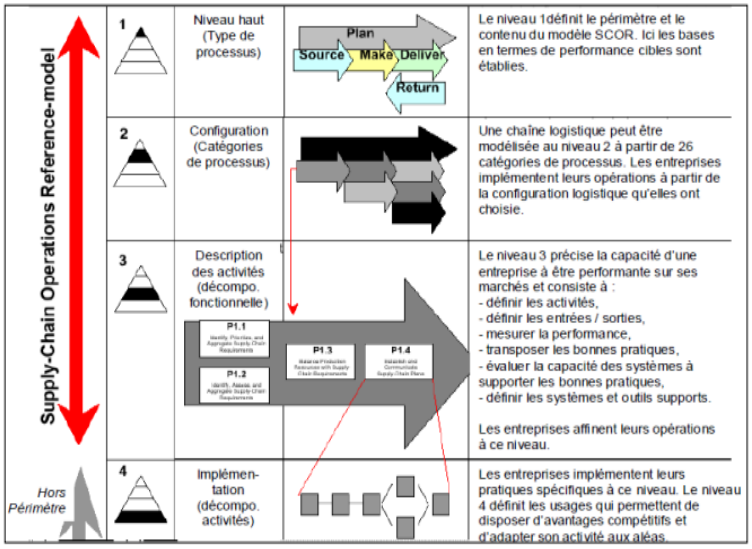


Figure II. 4 Les niveaux du référentiel du modèle SCOR (Supply Chain Council, 2017)

Utilité du modèle SCOR dans la mesure de performance

Le modèle SCOR, puissant et flexible est essentiellement une série de définitions de processus, de compétences et de pratiques de premier plan nécessaire pour une bonne maitrise des processus interne à l'entreprise et des métriques permettant la mesure de la performance et de la maturité. Cette structure de modèle s'avère être intéressante pour notre étude et nous permettra de créer une base de données basé essentiellement sur ces processus et indicateurs. Pour faciliter la détection des écarts et des dysfonctionnements, des attributs de performance peuvent être d'un éclairage certain.

Un attribut de performance est un ensemble de mesures utilisé pour évaluer un axe donné défini dans une stratégie. Selon (Lamghari, 2017) le modèle SCOR propose un tableau de pilotage qui se compose par des attributs qualitatifs pour mesurer la performance de la SC. Ce modèle identifie cinq attributs de performance essentiels de la supply chain (APICS, 2017 ; SCC, 2017) comme indiqué ci-dessous dans le tableau II.1 :

- **Fiabilité :** Performances de la distribution.
- **Réactivité :** Délai d'exécution des commandes.
- **Flexibilité :** flexibilité aux variations de commande
- **Coûts :** Coûts logistique et des produits vendus
- **La gestion des actifs :** Flux financiers et fond de roulement

Tableau II. 1 Indicateurs de performance du niveau 0 (Supply Chain Council, 2017)

	Clients		Internes		
Indicateur niveau 0	**Fiabilité**	**Réactivité**	**Flexibilité**	**Coûts**	**Actifs**
Performance de livraison	✓				
Taux de satisfaction commandes	✓				

Temps de réponse	✓	✓			
Flexibilité de la production		✓			
Coût total logistique			✓		
Productivité en valeur ajoutée			✓		
Cout des retours			✓		
Temps de cycle cash to cash				✓	
Nombre de jours en stock				✓	
Rotation des actifs de la Supply Chain,				✓	

La prise en compte de ces attributs permet de comparer une entreprise qui choisit stratégiquement d'être un fournisseur à faible coût à une organisation qui choisit de rivaliser sur la fiabilité et la performance.

Différentes industries pour différentes applications ont utilisé le modèle SCOR. Parmi les objectifs principaux du modèle SCOR nous pouvons citer en priorité l'exploitation de ses indicateurs de performance et du « benchmarking » associé. Ce dernier permet aux entreprises de faire une comparaison efficace avec le marché dans lequel elles évoluent. (Sandarkani, 2018).

II.1.8 Le modèle VRM

Le « VRM-Value Reference Model » est développé et publié par le consortium « Value Chain Group (Value Chain Group 2012) ». Il permet de classifier les processus de l'entreprise développés par Value Chain Group. Dans le cadre du VRM, l'entreprise classe ses processus en trois domaines du premier niveau : Gouverner, Planifier et Exécuter la valeur, afin d'encourager l'efficacité et l'optimisation des processus. Les deux catégories "Gouverner" et "Planifier » de niveau 1 sont formées de quatre domaines de niveau 2 qui créent une vision intégrée de la chaîne de valeur (supply chain globale), le développement de produits, le réseau de partenaires, la chaîne logistique et le développement de relations avec les clients.

La catégorie Exécuter se compose de neuf domaines :

- Marché et Recherche et Développement qui correspondent au développement de produits de la catégorie Gouverner et Planifier,
- Acquérir, construire et réaliser qui coïncident avec la chaîne de valeur de Gouverner et de Planifier,
- Marque, vente et soutien qui correspondent aux relations avec les clients de catégorie Planifier et Gouverner.

Dans la continuité des modèles SCOR et VCOR (Efendioglu, 2012), l'accent est mis sur les processus de la SC, du fournisseur au client, suivant une approche hiérarchique, stratégique, tactique et opérationnel, d'actions et de tâches. (Figure II.7)

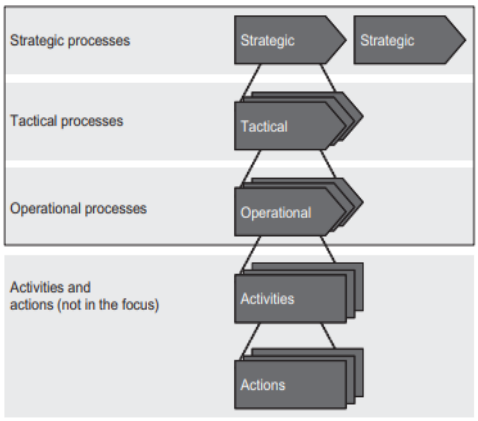


Figure II. 5 Les niveaux du modèle VRM (Weilkiens,2016)

Le niveau stratégique : Les processus stratégiques planifier gouverner et exécuter sont situés au plus haut niveau. À ce stade de processus, on doit prendre une décision pour établir une conception d'une chaine de valeur afin d'obtenir un avantage concurrentiel.

Le niveau tactique : le niveau tactique vient après le niveau stratégique. À ce niveau les processus permettent la mise en place du plan stratégique, par exemple, l'externalisation des activités.

Le niveau opérationnel est le dernier niveau des processus. Ce niveau est le plus détaillé dans le VRM et décrit les étapes concrètes, comme l'acceptation et la vérification de la commande dans le processus tactique d'approvisionnement par exemple.

Le VRM a fourni un guide pour la modélisation, la conception et l'évaluation de performance des entreprises, mais reste axé sur les mesures de performance, les processus et les indicateurs financiers classiques.

II.1.9 Le Balanced Scorecards (BSC)

Le BSC a été conçu par (Kaplan et Norton, 1992) pour fournir un système de mesure de le performance stratégique aux dirigeants d'entreprises. Cet outil propose un nombre limité d'indicateurs en relation directe avec ses objectifs stratégiques (Ouologom et sekou, 2020). Le BSC vise à compléter les indicateurs de performances financieres par des indicateurs fonctionnels (vision client, etc..) dans une approche volontairement équilibrée.

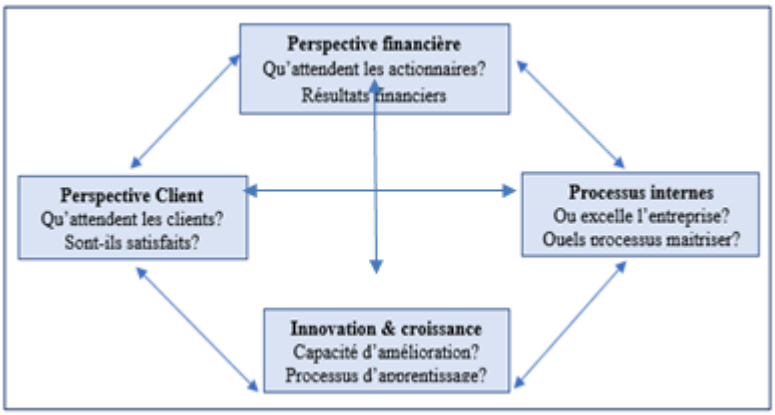


Figure II. 6 Le modèle Balanced Scorecard (Baglin, 2013)

Pour ce faire, le BSC propose une architecture originale, incluant une vision en quatre micro-domaines en interrelation qui peuvent être contrôlés.

Perspective financière : Elle permet de traduire les attentes des actionnaires et intègre les indicateurs de rentabilité et de développement de valeur. Cet axe est le plus regardé pour aider l'organisme dans sa croissance future. Il pose la question suivante : Qu'attendent les actionnaires du point de vue de la performance de l'entreprise et Quel est le résultat financier.

Perspective clients : Elle traduit la manière dont les attentes des clients sont satisfaites en fonction des différents attributs qui caractérisent ces attentes. Ce volet permet de connaître l'image que la SC projette sur son marché. Ce niveau offre une réponse à la question : Quelle est la performance de l'entreprise au sens des clients et son succès en termes de clientèle.

Perspective des processus internes : Elle se caractérise par les principaux systèmes de gestion et de pilotage aux diverses fonctions de l'entreprise. Elle évalue le degré de réactivité de la supply chain, en termes de capacité à faire face à l'exigence des besoins des clients finaux. Ce domaine est la condition retenue pour une amélioration des processus et une assurance de les maîtriser. Il permet à répondre aux questions suivantes : quels sont les avantages internes de l'entreprise ? Quelles sont les processus à maitriser ?

Perspective innovation et croissance : Elle permet de faire le point sur la capacité de la SC de mettre de nouveaux produits sur le marché et la mise en place de nouveaux processus. Elle fait aussi le point sur la motivation des employés et la capacité du système d'information.

Les 4 axes, sont caractérisés par des objectifs et des indicateurs de performances « KPI ». Une proposition simple d'une liste d'indicateurs est présentée ci-dessous dans le tableau II.2 :

Tableau II. 2 Les indicateurs de performance du modèle BSC (Baglin, 2013)

Perspective financière	Perspective clients	Processus internes	Innovation & croissance
-Coûts directs d'acquisition -Coûts directs de fabrication -Coûts directs de distribution et de transport -Coût de stockage (tous les niveaux) / BFR	-Livraison dans les délais promis. -Délai de traitement des commandes clients -Taux de conformité et de qualité des livraison	-Respect du plan de production -Cycle de fabrication et de livraison moyen -Suivi des erreurs de prévision (lien avec le taux de service client) -Taux de couverture des stocks (produits finis) -Maitrise des divers risques opérationnels, RSE, juridiques.	-Cycle de développement des nouveaux produits. -Plan de progrès en Développement Durable -Nouveaux contrats de collaboration et plans d'amélioration signés et suivis -Nombre de nouveaux projets acceptés -Economies de conception par co-développement avec les fournisseurs. -Valorisation du capital immatériel (Selon les principaux constituants SC).

II.1.10 Le Lean manufacturing

Le Lean Manufacturing est une approche très connue qui a émergé dans les années 50 par Taiichi OHNO puis Shigeo SHINGO ingénieurs à Toyota. Ohno a créé les concepts de « Pull system », « d'élimination des gaspillages » et de « juste à temps » qui constituent le Toyota Production System (TPS). L'objectif majeur du TPS est l'amélioration du rendement de production en éliminant les mudas tout en conservant en ligne de mire « la valeur client » autour de laquelle se construit toute la chaine. L'application du TPS avait commencé après la deuxième guerre mondiale, et a attiré l'attention des industries au japon qu'au cours de la première crise pétrolière de 1973 (EL GAMOUSI, 2016) puis a été adopté par les USA après la parution de l'ouvrage de (Womack ,2010), Le système Lean est alors né.

Le Lean est un système qui tend à exclure toutes sources d'inefficacité des chaînes de valeur et à satisfaire les exigences clients. Il a pour but d'optimiser les coûts, les délais de livraison et la qualité, tout en considérant la sécurité du personnel et l'ergonomie au poste de travail. Pour aboutir à un tel objectif, il est préférable d'agir sur les 3 sources d'inefficacité : Les gaspillages, la flexibilité et la variabilité.

Selon (Okar, 2017) le Lean recommande l'utilisation d'un ensemble de techniques (Kaizen, Six-Sigma, SMED,5S,) qui vise à réduire les gaspillages comme les stocks intermédiaires, temps d'attente, non qualité, et l'amélioration des flux physiques avec une vision processus (Takt Time, Kanban). On peut identifier sept familles de gaspillages : mouvement, rebuts, surproduction, transport, attente et processus, surstockage ou stocks inutiles.

Dans la littérature plusieurs travaux de recherche cités ont appliqué le Lean pour l'amélioration continue dans divers secteurs comme l'industrie automobile (Arlinghaus, 2020), l'électronique (Silva & al 2019 ; Zijin &Yan, 2020), l'environnement (Garza-Reyes, 2018), le domaine hospitalier et l'aéronautique (Amrani, 2019).

Bhasin (2015) présente dans son livre, environ 52 outils de Lean Manufacturing et analyse 25 des outils essentiels appliqués dans l'industrie.

Une analyse bibliographique de (Possik, 2019) cite les outils de Lean qui sont très appliqués dans les différents secteurs D'après le tableau II.3 les outils de stratégie, 5S et VSM Kanban/Pull sont les outils fortement utilisés. Ces techniques sont fréquemment utilisées dans le processus de production et aussi les processus d'approvisionnement la distribution.

Tableau II. 3 Application dans différents secteurs (Possik, 2019)

Sector	Authors	Key Success Factors	Tools
Aeronautic	(Ferdowsi et al. 2002a; Thomas et al. 2016; Ferdowsi et al. 2002b)	Leadership Top Management Human resources Communication Teamwork Employee empowerment Employee involvement Training Pilot projects	VSM, TPM, 5S, Kanban/Pull System, Standardized work, Kaizen Continuous Improvement, On-Time Delivery (OTD), DMAIC
Automotive	(Kumar et al. 2006; Sohal 1996; Vinodh et al. 2011c)	Culture Top Management Employee involvement Work environment Communication Training	VSM, 5S, TPM, Kanban, JIT, Kaizen, SMED, Cellular manufacturing, Statistical process control, DMAIC, 5 Why's Analysis
Textile	(Hodge et al. 2011)	Culture Top Management Employee involvement Training	VSM, 5S, TPM, Kanban, SMED, Cellular Manufacturing, Kaizen, Jidoka, Poka-Yoke, DMAIC, PDCA
Health	(Crema et al. 2015)	Culture Leadership Managers commitment Continuous application Training	5S, Kanban, One-piece flow, PDCA, 5 Why's analysis
Electronics	(Wang et al. 2012)	Culture Managers commitment Human factor Training	VSM, 5S, 5 Why's analysis, DMAIC
Food	(Vlachos 2015; Lehtinen et al. 2005)	Business Culture Leadership Top management Expert Knowledge Operational easiness	VSM, Kanban/ Pull Strategy, Activity Process Map

II.2. Méthodologie de choix de référentiels

Dans cette section, nous allons analyser les modèles précédents et apporter un regard distancié par rapport à leurs contributions et leurs insuffisances dans la représentativité de la SC.

Ensuite nous allons élaborer une étude comparative concernant les visions des modèles qui mesurent la performance en l'occurrence SCOR, ASLOG, EVALOG et SCM. Cette étude a pour objectif d'éclairer sur le choix du référentiel. Après pour clarifier la singularité de chaque modèle et les éléments communs entre modèles, nous proposons à la fin de cette section une grille synthétique qui résume l'ensemble du choix des modèles qui peut accompagner les décideurs en fonction de leurs besoins (secteur, processus, SC international ou locale).

II.2.1 Analyse, critique et synthèse

Nous procédons dans un premier temps à une analyse bibliographique des auteurs qui ont déjà tenté de saisir les similitudes et les points communs entre les modèles existants.

D'après (Okar, 2017), on peut classer les systèmes de mesure de performance en deux types. L'une générique qui s'applique pour toute entreprise comme BSC et SCOR, alors que l'autre serait contextuel (dédiée dans le cas où les indicateurs sont mis en œuvre pour une entreprise, en tenant compte son contexte général) comme le modèle ECOGRAI et le QMPMS (Quantitative model performance measurement system) (Suwignjo et al., 2000).

(Berrah, 2007) affirme que la majorité des systèmes de mesure de performance (SMP) qui existent dans la littérature sont des cadres conceptuels logiques dont le but est de relier les objectifs stratégiques qui affectent les niveaux tactiques et opérationnels. On peut citer un ensemble de SMP comme ECOGRAI, system measurement analysis and reporting technique (SMART), SCOR, Activity based costing/activity-based management (ABC/ABM), Balanced

scorecard (BSC), Process performance measurement system (PPMS), Quantitative model performance measurement system (QMPMS).

Certaines études comparatives en Supply Chain (Estampe et al., 2013 ; Akyuz et Erkan., 2010) comparent 16 modèles de mesure de performance de supply chain. Les critères choisis pour comparer sont : le niveau de maturité de la supply chain, le niveau de décision, les types de flux, le type d'analyse, la contextualisation, le capital humain, les facteurs de qualité, et la durabilité. D'après cette étude, les auteurs concluent que le modèle SCOR est le seul modèle qui a donné satisfaction pour tous les critères choisis.

(Rahoum, 2016) a combiné deux modèles d'analyse, de mesure et d'évaluation les plus connus en supply chain (EVALOG et SCM). Le modèle proposé permet d'évaluer la maturité logistique de ces équipementiers, limité à une logistique fragmentée et non formalisée.

(Paché, 2007) et (Morana, 2000) ont proposé la combinaison des modèles BSC et WCL (World Class Logistics). Le modèle WCL identifie plusieurs problèmes de manque de performance et d'écarts d'intégration. Sa structure permet d'analyser les niveaux d'accomplissement de l'organisme dans les quatre domaines de compétences eux-mêmes réparties en capacités. Le modèle WCL s'appuie sur un diagnostic comprenant 68 questions (Fender, 2016).

Toujours au niveau comparatif, une étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherche par (Cabana, 2004), en se basant sur la compréhension des modèles SCOR et GRAI. Chacun des modèles, avec une approche différente, permet la modélisation partielle ou complète de la chaîne logistique. Afin de choisir un référentiel il est intéressant de discuter en profondeur leurs similarités et différences. La compréhension des modèles SCOR et GRAI aidera à observer les forces et les faiblesses de chacun. Il nous faut maintenant analyser ces forces et faiblesses afin de choisir le modèle socle que l'on pourrait enrichir dans notre étude.

Le modèle SCOR inclut tous les éléments d'une SC, du fournisseur du fournisseur au client du client. Ceci inclut toutes les interactions entre un fournisseur et son client, de l'entrée de la commande au paiement de factures.

Dans son étude, (Cabana, 2004) montre que le modèle SCOR n'inclut pas les processus de marketing et de vente, les processus de développement des technologies, les processus de conception des produits et des procédés de fabrication et les processus de support à la clientèle une fois la commande complétée. Ces points manquants, venant de la définition d'une SC au sens de SCOR, constituent pour nous un point de vigilance afin d'amener un modèle de référence ambitionnant une exhaustivité maximale mais réalisable.

Tableau II. 4 Comparatif du modèle SCOR et GRAI (Cabana, 2004)

		SCOR	GRAI
1	Modélisation de chaîne logistique de tous types d'entreprises	√	√
2	Modélisation de la chaîne logistique globale ou d'une partie	√	√
3	Modélisation de tous les types de processus de gestion		√
4	Modélisation jusqu'au niveau d'implantation		√
5	Description des processus	√	√
6	Description des fonctions		√
7	Notation standardisée	√	
8	Représentation (formalisme) graphique standard		√
9	Vocabulaire et définition de processus standard	√	
10	Modélisation hiérarchique	√	√
11	Définition d'objectifs (caractéristiques) de performance	√	√
12	Définition d'indicateurs de performance	√	√
13	Hiérarchisation des indicateurs de performance	√	√
14	Liste de référence d'objectifs (caractéristiques) de performance	√	
15	Liste de référence d'indicateurs de performance	√	
16	Liste de référence des meilleures pratiques (pas de liste exhaustive)	√	
17	Notion de variable de décision		√
18	Analyse de cohérence des objectifs		√
19	Notion temporelle dans la modélisation		√

Il en ressort que le modèle GRAI permet la modélisation de l'entreprise en entier et de tous ses processus et/ou fonctions tandis que le modèle SCOR se concentre surtout sur la chaîne logistique. Cette restriction de périmètre de modélisation dans SCOR est un point critique à combler. De plus, le modèle SCOR n'aborde pas spécifiquement les processus de formation, de qualité, de technologie de l'information et d'administration lorsque ces derniers ne touchent pas la chaîne logistique. Il ne prend pas non plus en compte la gestion des ressources humaines ni les aspects développement durable.

Dans ces premiers éléments comparatifs, nous percevons déjà de subtiles manquants dans les modèles existants. Ceci laisse préfigurer de la nécessité de compléter, enrichir et construire un modèle de référence plus enrichi.

Pour approfondir notre étude, nous avons souhaité comparer 8 modèles d'évaluation (tableau II.5) qui se distinguent en : Type 1 : Les référentiels orientés sur l'analyse interne de l'entreprise (intégrant les mesures de la performance organisationnelle comme (SCM, ASLOG). Type 2 : Les référentiels qui ont une vision plus large de la Supply Chain comme SCOR (du fournisseur du fournisseur jusqu'à client du client) en intégrant les aspects financier, décisionnel, sociétal de la performance. Cette étude fait la démonstration importante de manquants. Certains leviers sont complétement occultés dans des modèles et un peu trop approfondis dans d'autres. Les leviers comme le développement d'une vision processus et le levier d'indicateurs sont présentés dans la majorité des modèles, cependant la vision « décisionnelle » n'est pas perceptible, voire inexistante. Le modèle GRAI, faisant exception, nous considérons ce levier aussi important que la vision processus et l'élaboration d'indicateurs.

Pour les niveaux décisionnels, les deux modèles VRM et GRAI présentent une décomposition de processus suivant une approche hiérarchique, stratégique, tactique et opérationnel. Les autres modèles s'appuient uniquement sur 2 niveaux décisionnels maximum. Par ailleurs, concernant l'analyse des flux, nous constatons que l'AFNOR et SCOR caractérisent la SC par l'ensemble des trois flux (physique, information et financier). Le reste des modèles ne traite que deux flux (flux information et financier) comme dans les modèles VRM, ASLOG et le BSC. Au niveau du benchmark, la majorité des modèles d'évaluation de performance comme SCOR, EVALOG et

BSC constitue aussi des outils de benchmarking aux niveaux interne et externe ayant pour objectifs de s'inspirer des meilleures pratiques (Best practices) et s'alignent sur les meilleures entreprises.

Tableau II. 5 Comparaison des modèles d'évaluations de la SC

Critères de comparaison		SCOR	AFNOR	SCM	ASLOG	BSC	EVALOG	GRAI	VRM
Secteur	*Industrie*						■		
	PME			■					
	Tous les secteurs	■	■		■	■		■	■
	Distribution					■			■
Modélisation	*Processus*	■			■				
	Décisionnel							■	
	Indicateurs	■			■			■	
Niveau	*Niveau stratégique*		■	■		■		■	■
	Niveau tactique	■	■	■	■		■	■	■
	Niveau opérationnel	■			■		■	■	■
Flux d' analyse	*Flux physique*	■	■						
	Flux information	■	■	■	■	■	■	■	■
	Flux financier	■	■		■	■	■		■
Bench mar-	*Interne*	■	■	■	■	■	■		■
	Externe	■				■	■		

II.2.2 Approche d'évaluation de la pertinence des modèles : Etude préliminaire à l'élaboration d'un modèle de référence

Dans le but d'évaluer la contribution des différents modèles à l'évaluation de la SC globale et la possibilité offerte par chacun pour le diagnostic de la SC, nous proposons de comparer leurs visions par un calcul de ce que l'on a qualifié de « Indice de contribution » vis-à-vis des cinq processus du modèle SCOR et de déduire la pertinence du modèle pour la logistique globale.

En effet, les processus du modèle SCOR sont fidèles à une représentation étendue d'une SC. Nous avons communément décidé d'utiliser ces 5 macro processus qui sont transposables à n'importe quelle SC et à tout secteur d'activité.

Nous définissons comme « indice de contribution » à un processus une évaluation qui qualifiera le nombre de fois où les questions et les axes d'un modèle contribue à la réalisation du processus étudié. Les deux modèles choisis sont le référentiel SCOR qui est composé de cinq processus (plan, source, make, deliver, return) et le référentiel EVALOG qui se base sur six chapitres suivants :

1. Stratégie et Amélioration
2. Organisation du Travail
3. Capacité et plan de production
4. Interfaces clients
5. Maitrise Produit / Process
6. Interfaces fournisseur

Le tableau II.6 représente les résultats du calcul de l'indice de contribution de chaque question EVALOG à la réalisation des cinq processus SCOR selon les chapitres de l'EVALOG. Les résultats sont présentés sous forme de pourcentages qui montrent que les activités logistiques en amont et en production sont les activités dominantes. 30.56% des questions retrouvées dans EVALOG couvrent les aspects liés au processus Planification (Plan) en général. Le processus production est le processus le plus couvert L'indice de contribution de EVALOG au processus Make est de 27,78% (valeur supérieure à 22,22% de Deliver et 19,44% de Source). Le processus Deliver et Source sont équi probables et à moindre considérations que la production (19,44 % et 22,22 %). C'est pour cette raison que le référentiel EVALOG est estimé comme un modèle intéressant et levier pour l'amélioration continue des processus logistiques existants au sein d'une entreprise de production en particulier l'industrie automobile.

Processus SCOR	**Indice de contribution**
Plan	30.56%
Source	19.44%
Make	27.78%
Deliver	22.22%
Return	2.78%

Tableau II. 7 Indice de contribution selon les processus SCOR

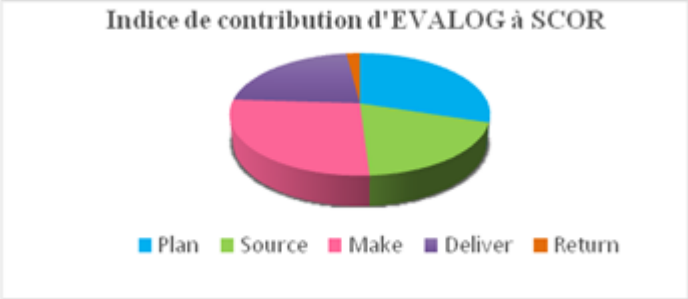


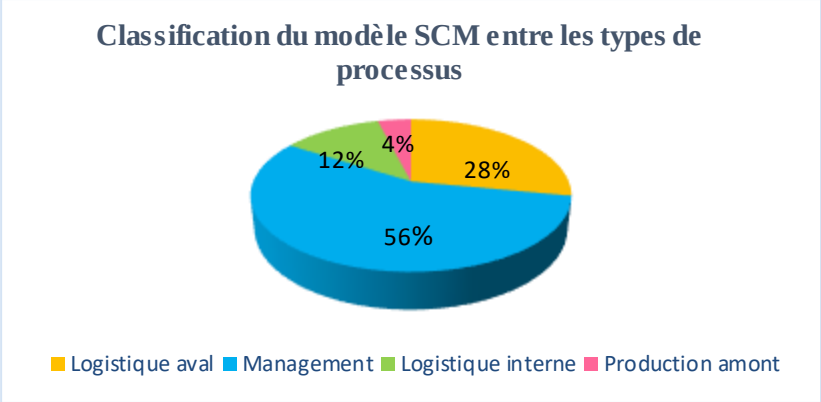
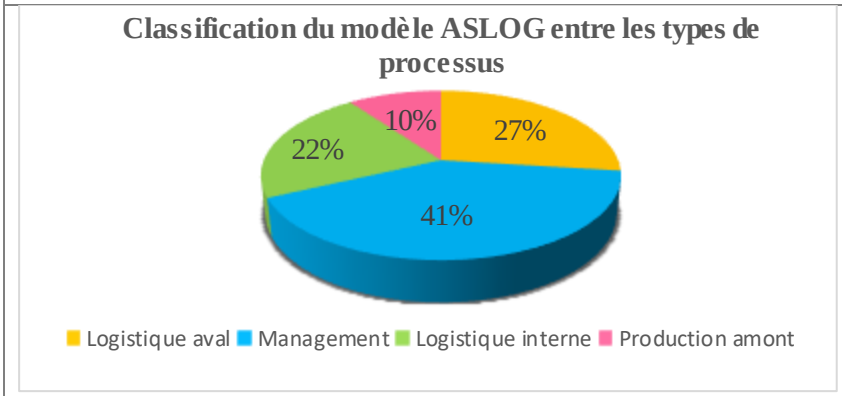
Tableau II. 6 Graphe d'Indice de contribution EVALOG à SCOR

Le travail d'analyse de pertinence via le calcul de l'indice de contribution a été déroulé sur les autres modèles également. L'objectif étant de prodiguer un synoptique pour opérer un meilleur choix. Les résultats sont présentés ci-dessous dans le tableau II.8. Cette étude constitue une première aide à la décision afin d'orienter le décideur sur le choix du modèle adéquat selon les priorités données dans la SC considérée (logistique amont, production ou logistique aval). Ce résultat vient en appui pour consolider les résultats des travaux publiés dans (Dartevelle, 2016).

- SCM : le modèle SCM se concentre surtout sur le processus management avec un pourcentage de 56%, il domine la partie stratégie de l'entreprise, suivi par la logistique aval d'un pourcentage de 28% qui englobe la gestion de la distribution et les livraisons, et une logistique interne de 12%. On observe un faible pourcentage de la production amont de 4% par rapport aux autres modules du modèle SCM.

- ASLOG : Ce modèle traite en premier lieu le processus de management avec un pourcentage assez important de l'ordre de 41 %, en deuxième lieu, la logistique aval est de 27%, pour laquelle le référentiel se focalise sur la détermination des flux de de distribution et de transport. En troisième lieu, le questionnaire couvre la logistique interne par une valeur de 22% et la production amont avec 10%.

Tableau II. 8 Classification de SCM selon les types de processus

Graphe de classification selon les processus	*Commentaires*
	Le chiffrage montre que l'audit logistique ou le SCM se concentre particulièrement sur l'aspect management, suivi par le processus aval.
	ASLOG révèle également la priorité donnée au management en premier lieu (41%).

II.2.2.1 Synthèse

Plusieurs modèles d'évaluation de performance de la SC et de modélisation de la SC existent dans la littérature scientifique et la littérature industrielle. Ces modèles conceptuels représentent des références d'usage pour plusieurs entreprises afin de mener des audits et se positionner dans le contexte concurrentiel. Par ailleurs, l'objectif de ce chapitre a été, non seulement de définir les modèles retenus pour l'étude mais également d'observer, scruter et analyser leurs spécificités, leurs apports dans les axes essentiels de la SC. On peut remarquer également que nombreux sont les modèles développés pour de grandes entreprises type automobiles.

Toutes ces approches insistent sur la nécessité d'analyser toutes les fonctions de la SC depuis l'approvisionnement jusqu'à la distribution des produits (et même la logistique de reprise). Elles soulignent toutes, par ailleurs, l'aspect fondamental des fonctions transverses (planification notamment) et des fonctions de relation aux clients (marketing, responsabilité écologique…).

Pour clarifier la singularité et l'apport de chaque modèle, nous avons souhaité apporter une lecture rapide, synthétique dans le tableau synoptique qui suit. L'ensemble de ces modèles est représenté dans le (tableau II.9). Le choix des modèles peut être fait par les décideurs en fonction de leurs besoins pour une SC internationale ou une logistique locale. En analysant les différents modèles et en les rattachant à nos préoccupations dans le cadre de cette thèse, nous pouvons statuer aux regards de nos analyses que les modèles GRAI et SCOR s'avèrent les plus adaptés.

Pour approfondir encore plus l'analyse et départager les deux modèles, nous pouvons rajouter un autre élément impératif dans le pilotage d'une SC qui est l'aspect décisionnel, incluant le management de la relation clients, la gestion commerciale, la responsabilité sociétale, les ressources humaines et autres aspects que nous détaillerons et qui, malheureusement ne figurent pas clairement dans le modèle SCOR. A cet égard, SCOR se révèle être un outil structurant, puissant mais pas suffisant en termes de couverture décisionnelle. Nous souhaitons proposer un modèle de référence avec un enrichissement de ce modèle. Cette argumentation nous mène indubitablement vers le modèle GRAI complété par la méthode ECOGRAI. Ce modèle représente pour nous le modèle socle à partir duquel nous allons débuter notre construction.

Tableau II. 9 Synthèse et comparaison des modèles étudiés.

Référentels	Définitions	Type d'entreprise	Secteur d'activité	Fléxibilité	Structure et recommandation	Type de la logistoque				Domaine	
						Management et pilotage	Amont (achat et Approvisionnement)	Interne (Production)	Aval (Distribu -tion)	Local	International
SCM	Supply chaine Masters : un réseau d'experts spécialisés dans l'audit, le conseil, la formation et le coaching en Supply Chain Management.	PMI et PME (Petites et moyennes entreprises). Les entreprises de 10 à 250 salariés.	Tous les secteurs d'activité (agroalimentaire, habillement, bâtiment, équipement de la maison, meuble, édition, multimédia, luxe, mécanique, électronique, plasturgie, chimie, distribution, santé, emballages ...)	Méthode simple et efficace.	Structuré par la Roue de la Supply Chain. Il se compose de 25 modules clés. Commence de la stratégie d'entreprise jusqu'à la mesure des performances en passant par les différentes composantes de la logistique.	X	X	X	X	X	
EVALOG	C'est un référentiel fait par l'automobile, il se présente sous la forme d'un fichier Excel (Questionnaire)	Très grandes entreprises	Secteur de l'automobile	Un document facile d'utilisation qui puisse être fréquemment utilisé entre les Sociétés sans entraînement spécifique.	La recommandation est basée sur six chapitres : 1. Stratégie et Amélioration 2. Organisation 3. Capacitaire et plan de production 4. Relations avec les Clients 5. Maîtrise produits/process 6. Relation avec les Fournisseurs	X		X		X	
SCOR	Une démarche, des modèles et des indicateurs pour représenter, diagnostiquer et évaluer sa supply Chain.	Très grandes entreprises	Tous les secteurs d'activité (agroalimentaire, habillement, bâtiment, équipement de la maison…)	Méthode facile et efficace	Cinq processus: Planifier, Approvisionner, Fabriquer, Distribuer, Retourner. - Le modèle SCOR est un référentiel mondial a pour finalité l'optimisation des processus logistiques au sein de l'entreprise	X	X	X	X		X
ASLOG	Un catalogue de mesures et d'actions de progrès de l'entreprise	Grandes entreprises (plus de 500 personnes)	Tous les Secteurs d'activité (agroalimentaire, habillement, batiment, équipement de la maison…)	Méthode plus lourde et plus complexe	Constitué de 10 chapitres principaux avec 125 questions, c'est un outil transversal pour assurer l'amélioration continue, atteindre le niveau d'excellence, et mettre en place les bonnes pratiques de la logistique.	X	X	X		X	
GRAI	Une méthode de modélisation des entreprises pour le but de la conception ou reconception des structures et flux de travail.	Grandes et très grandes entreprises.	Secteurs de production	Méthode simple et efficace	Une grille de modélisation qui présente les différentes fonctions de l'entreprise et les flux informationnelles et décisionnelles entre les centres de décision.	X	X	X	X		X
AFNOR	La norme a pour objectif de definir les concepts, les acteurs de la supply chain ainsi que la logique de la demarche logistique.	Toutes les entreprises publiques et privées	A l'ensemble de la chaine logistique		Le processus logistique se déroule tout au long du cycle de vie du produit suivant sept étapes : identifier, concevoir, développer, produire, vendre et distribuer, soutenir, et maitriser	X	X	X	X		X

« Reference system selection methodology for evaluation of downstream logistics performance: Case of the automobile industry in Morocco ». (JMOCL2018, Nov14, Settat, MAROC) Auteurs : Y. ELKIHEL, A. AMRANI, Y. DUCQ, D. AMEGOUZ).

II.3. ECOGRAI : modèle support à la méthodologie

A l'issue de l'analyse précédente et après avoir parcouru les divers modèles d'évaluation de la SC, il en est ressorti que la méthode ECOGRAI constituait un socle intéressant vue l'exhaustivité rendue possible au regard des autres modèles souvent limitatifs par certains aspects. Nous présentons les éléments clés de ECOGRAI dans cette section (fondements et recherches). Ces briques de bases sont capitales avant de développer la construction du modèle de référence PERFLOG que nous allons présenter dans le chapitre suivant.

II.3.1 Fondement et évolution du modèle GRAI et de la méthode ECOGRAI

II.3.1.1 Description de la méthode ECOGRAI

La méthode ECOGRAI est une méthode de conception et d'implantation d'un système de mesure de performance, qui a été développée à l'université de Bordeaux au laboratoire GRAI (Groupe de recherche en Automatisation Intégrée) dans le cadre de la modélisation GRAI. Son originalité réside au niveau de la définition d'indicateurs de performance, car elle s'appuie sur une démarche qui nécessite de définir les objectifs, Les variables de décision et les indicateurs de performance. La méthode ECOGRAI permet de guider la conception et l'implantation du Système d'Indicateurs de Performance. Elle se compose de six phases dont cinq pour la conception et une pour l'implantation (Ducq, 2005) qui sont basées sur une grille qu'on appelle grille GRAI.

La méthode a pour objectif l'établissement de fiches rassemblant toutes les informations nécessaires pour les différents indicateurs de performance choisis et implantés dans le système d'information de l'organisation. Cette méthode vise l'apport d'une cohérence (horizontale et verticale) concernant la définition d'un système d'indicateurs de performance au travers d'une méthodologie d'élaboration et d'utilisation appropriée des indicateurs. La différence avec les autres méthodes est, en premier lieu, que ces dernières définissent les objectifs du système étudié, et n'identifient pas les variables de decision ce qui peut entrainer un déficit dans le pilotage du système sur la base des mesures. Ainsi, avec ECOGRAI, on s'assure que les indicateurs sont un outil de gestion necessaire pour prendre des décisions dont le but est d'atteindre les objectifs de l'entreprise.

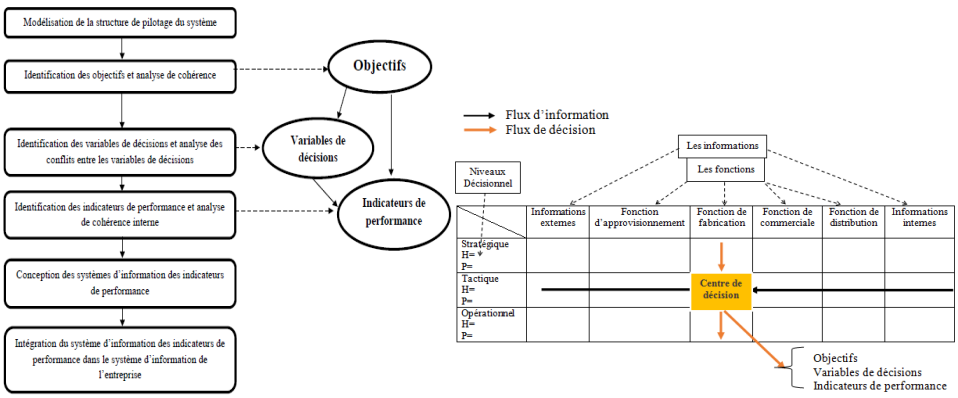


Figure II. 7 La méthode ECOGRAI (gauche) et Grille GRAI (droite)

La première étape consiste à modéliser la structure de pilotage du système en utilisant la grille GRAI. La grille GRAI permet la décomposition du système décisionnel en 2 axes :

Temporel : Horizon (H) et la Période (P)

Fonctionnel : Les différentes fonctions clés dans l'entreprise. La figure II.10. (droite), présente la grille GRAI.

Les concepts utilisés au niveau de la grille sont : Les fonctions, les centres de décision et leur structure, les niveaux décisionnels, les centres de décision et leur structure, les flux d'informations, les informations internes et externes. Le descriptif est donné dans le tableau suivant.

Tableau II. 10 Les concepts de la grille GRAI

Concepts de la grille GRAI	Définitions
Les fonctions	Groupes d'activités décisionnelles du même domaine d'entreprise.la fonction est porteuse d'un objectif dans lequel s'inscrit l'objectif de chaque centre de décison que la fonction regroupe.
Centre de décision	Ensemble d'activités de décision appartenant à un même niveau décisionnel et qui remplissent une même fonction.
Les flux d'information	Lien informationnel entre deux centres de décision.
Les informations internes et externes	Interface informationnelle entre le système étudié et le système physique ou l'environnement du système modélisé.
Cadre de décision	Lien décisionnel entre 2 centres de décisions. Un cadre de décision se compose par un ensemble d'objectifs,de variables de décisions et de critères.Il assure la cohèrence entre 2 décisions.C'est un lien héarchique entre 2 décisions.

La deuxième étape consiste à identifier les objectifs (O) en adoptant une approche descendante, c'est-à-dire en identifiant d'abord les objectifs de l'entreprise, puis en descendant au niveau des centres de décision de la grille GRAI. L'analyse de cohérence des objectifs permet de s'assurer de la bonne coordination et de la bonne synchronisation des prises de décision.

Pour chaque objectif, il s'agit, dans **la troisième étape,** d'identifier les variables de décision (VD). Ce sont les variables sur lesquelles les décideurs agissent pour faire évoluer le système afin qu'il atteigne ses objectifs.

Puis, **la quatrième étape** permet de déterminer les indicateurs de performance (IP). L'analyse de la cohérence interne utilise des tableaux de cohérence ou des graphes de cohérence pour chaque centre de décision. Un triplet {O, VD, IP} est cohérent si :

- Il est composé d'au moins un objectif, une ou plusieurs variables de décision et un ou plusieurs indicateurs
- Les indicateurs permettent de mesurer l'efficacité des actions sur les variables de décision dans l'atteinte des objectifs.

La phase 5 consiste à construire les fiches de spécifications décrivant chaque indicateur de performance (indicateur, acteurs concernés, informations et traitement nécessaire, mode de représentation).

La phase 6 : La dernière phase consiste à implanter l'indicateur concerné dans le système d'information, en se basant sur les fiches de spécification.

II.3.1.2 Les travaux de recherche basés sur ECOGRAI

La méthode ECGRAI a été utilisée dans plusieurs travaux de recherches pour faciliter la détermination des indicateurs de performance pour un système étudié. Les auteurs (Ducq et al., 2003) ont appliqué la méthode ECOGRAI à la fonction maintenance dans le secteur aéronautique, aéronautique, (Bonvoisin 2011) a utilisé la méthode pour développer des outils d'évaluation de la performance pour les blocs opératoires d'hôpitaux, (Mouss et al., 2004) ont appliqué au service de sécurité d'une entreprise SMS. D'autres ont utilisés la méthode GRAI puis ECOGRAI pour modéliser, améliorer un système Qualité comme (Bakiri, 2005) et (Ducq., 2007).

Dans le tableau qui suit, nous avons souhaité positionner notre travail de recherche par rapport à la communauté ayant travaillé sur les méthodes GRAI et ECOGRAI. Les différentes thèses de doctorat ayant trait à GRAI ont été balayées. Nous remarquons qu'il existe beaucoup de travaux en production et peu de travaux de recherche sur la modélisation de la Supply Chain par le modèle GRAI (Séverine, 2008) (Cabanna, 2004). Nous souhaitons proposer un modèle basé sur GRAI appelé PERFLOG afin de « concevoir » et « Piloter » la SC qui est un système complexe à déchiffrer, décrypter et modéliser.

Tableau II. 11 Les travaux de recherche basés sur GRAI

Auteurs	Contexte	Domaine d'applications
Biard, 2017	De la modélisation à l'automatisation des prises de décisions opérationnelles avec une démarche d'Architecture.	Gestion entreprise gestion de projet
Gamoussi, 2016	Proposition d'une méthodologie d'amélioration du Processus de Développement de Produits basée sur une approche Lean.	Amélioration des processus de production
Benabdejlil2016	Modélisation des processus de soins, vers une implantation de nouveaux services à valeur ajoutée.	Hospitalier
Lacombe, 2015	Contribution à et une modélisation pour accompagner les petites entreprises dans l'étude de leur organisation	Système d'information d'entreprise
Charkaoui et al.,2013	Application of ECOGRAI/BSC method for logistic performance: Case of a Moroccan clothing company	Textile
Vicien et Merlo, 2013	Modélisation pour l'étude de l'interopéralité d'entreprise en conception de produits.	Aéronautique
Merlo., 2009	Système d'information supports aux acteurs, en conduite de la conception	Système d'information
Ravelomanantosoa, 2009	Contribution à la définition d'un cadre générique pour la définition, l'implantation et l'exploitation de la performance : application à la méthode ECOGRAI	Système conception
Affonso, 2008	Modélisation pour la coordination d'entreprises dans la chaîne logistique	Logistique
Jebalia, 2008	Modélisation et analyse de l'organisation et du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile	Gestion hospitalière
Seguy, 2008	Décision collaborative dans les systèmes distribués	Application à la maintenance industrielle
Petin et al., 2008	Gestion industrielle et pédagogique avec Adonix	L'ERP Entreprise Ressource Planning
Ducq, 2007	Conduite et évaluation des systèmes de production intégrant les domaines : Qualité, Sécurité, Environnement.	QSE Qualité, Sécurité, Environnement
Ducq, 2007	Evaluation de la performance d'entreprise par les modèles	Production
Blanc, 2006	Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l''interopérabilité pour les entreprises collaboratives	Caractérisation de l'interopérabilité des entreprises

Robin, 2005	Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs.	Conception et ingénierie des produits
Darras, 2004	Proposition d'un cadre de référence pour la conception et l'exploitation d'un progiciel de gestion intégré.	Conception production
Lauras, 2004	Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de gestion de chaînes logistiques : application à la coopération maison-mère-filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique.	Les secteurs Pharmaceutique, Cosmétique et secteur logistique
Dossou, 2002	Modélisation des raisonnements pour l'aide à la conception des systèmes de production dans un environnement GRAI	Production
Carthya et al., 2001	A classification schema of manufacturing for the GRAI enterprise modelling technique	Production industrie
Kromm et al., 2001	Modélisation de processus pour une évaluation par niveaux de détail successifs.	Système de production
Doumeignts et al., 1998	Decisional Modeling GRAI Grid	Production
Browne et al.,1995	GRAI Approach A METHODOLOGY for Re-Engineering the Manufacturing Enterprise.	Industrie militaire

II.4. Conclusion

Ce chapitre II dédié aux modèles d'évaluation de Performance dans la SC est crucial dans la construction de notre thèse. Les divers modèles existants dans la littérature scientifique et dans les milieux industriels ont été parcourus, analysés et décryptés. Nous avons analysé ces modèles dans le but de jauger de leurs utilités, leurs applicabilités et leurs adéquations à notre problématique de recherche. Certains modèles se sont révélés plus adaptés pour des secteurs spécifiques comme l'industrie automobile (c'est le cas du référentiel EVALOG), d'autres modèles d'évaluation de performance relevant de la dimension de grands groupes (comme le référentiel d'excellence l'ASLOG). D'autres modèles comme SCM est adapté à des entreprises de petites tailles types PME. Afin de gagner en compréhension sur l'utilité et la pertinence de ces modèles dans l'évaluation de performance et la modélisation d'une SC globale, nous avons procédé à une analyse plus fine rassemblant un pointage sur tous les axes, les chapitres et les leviers proposés dans chaque modèle afin de vérifier la correspondance avec les processus clés de la SC. Nous avons proposé un « indice de contribution » une forme d'indicateurs de pertinence mesurant la proportion des axes d'un modèle relevant du processus analysé (voir section II.3.3). Chaque modèle parmi ASLOG, SCOR, EVALOG, GRAI et SCM a subi cette analyse de contribution aux processus Plan, Source, Make, Deliver et Return. Les pourcentages de contribution ont été scrutés et les résultats dégagent une tendance vers la logistique amont, la production interne ou la logistique aval.

Notre synthèse peut être représentée par une grille de différents modèles les plus connus en précisant le type d'application dans la chaine logistique. Cette étude de la littérature, après analyse, décryptage et comparaison des leviers d'actions engagés dans chaque modèle d'évaluation de performance de SC, a permis de dégager le modèle socle retenu pour modéliser une SC internationale dans l'industrie automobile. Le modèle GRAI et plus précisément ECOGRAI a été le modèle qui était le plus susceptible de répondre aux problématiques de pilotage, conception et évaluation de la SC automobile internationale (voir argumentaires développés dans la section II.4). Avec la possibilité d'étendre le périmètre d'analyse au-delà du (plan, source, make, deliver, return) de SCOR. Le marketing, les ressources humaines, le management RH, l'aspect commercial sont autant d'axes potentiellement considérables dans ECOGRAI et difficilement couverts par les autres modèles.

Nous allons donc nous appuyer sur cet existant afin de construire une démarche et élaborer une méthodologie de modélisation de la SC, de pilotage et de conception de réseau dans le contexte international de l'industrie automobile. Le modèle proposé appelé PERFLOG se veut être un modèle de référence d'aide à la décision capable d'articuler le besoin de conception de réseaux de partenaires SC, de piloter l'ensemble des activités dans la SC conçue et d'évaluer la pertinence des marges de progrès par le biais d'indicateurs de performance.

Dans la figure qui suit nous résumons l'approche adoptée.

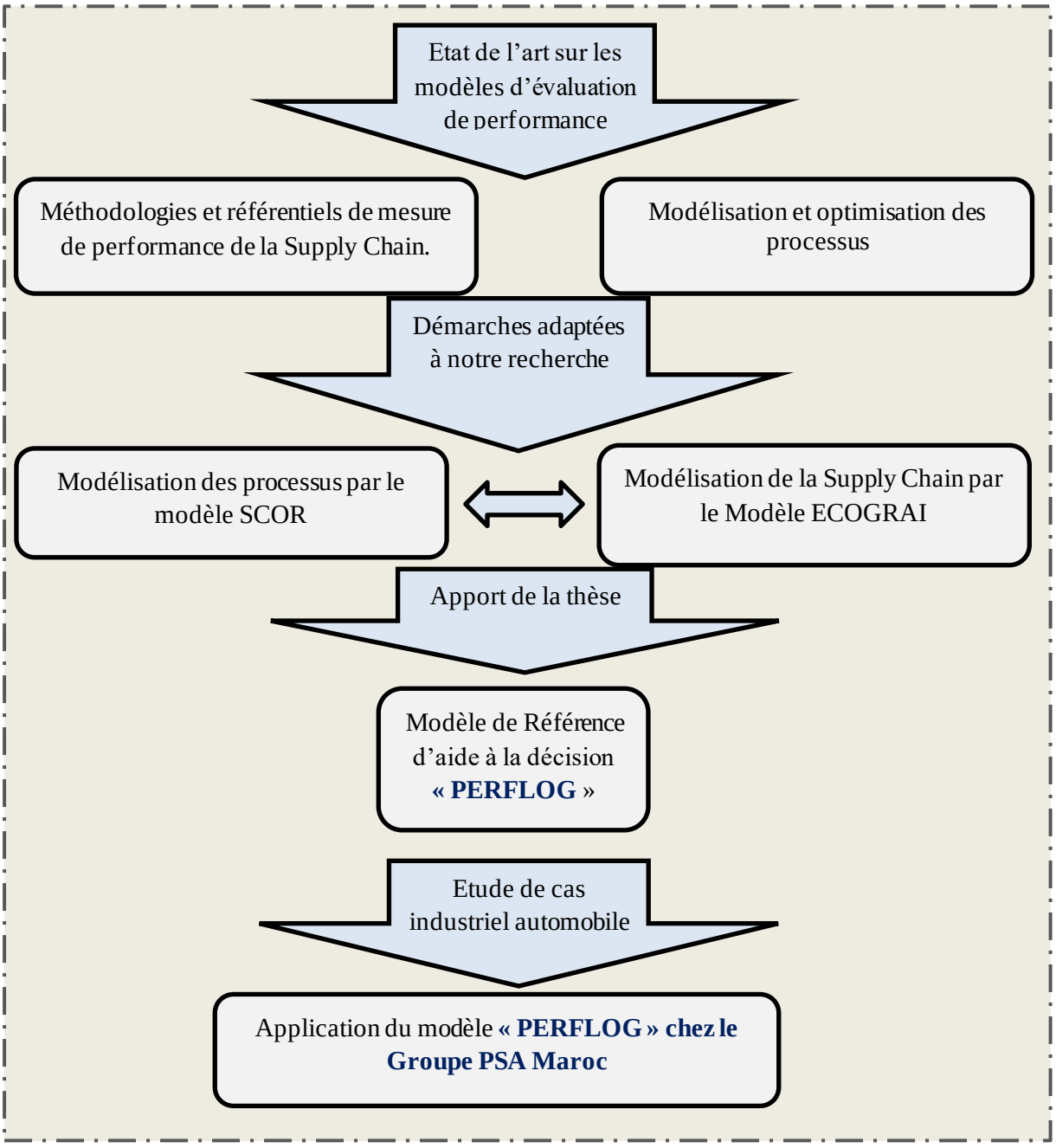


Figure II. 8 Démarche de la méthodologie de recherche

CHAPITRE III. PROPOSITION DU MODELE PERFLOG POUR LE PILOTAGE DE LA CONCEPTION DE L'EXPLOITATION DE LA SUPPLY CHAIN

Sommaire

Introduction....51
III.1. Présentation de la méthode PERFLOG....51
III.1.1 Elaboration de GRAILOG/COP : grille de pilotage de la conception de la SC....52
III.1.2 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/COP....53
III.1.2.1 La fonction « Gérer les finances » :....58
III.1.2.2 Fonction « Gérer les partenaires »....60
III.1.2.3 Fonction « Concevoir le produit »....62
III.1.2.4 Fonction « Concevoir la Production »....64
III.1.2.5 Fonction « Concevoir le système information ».....65
III.1.2.6 Fonction « Concevoir le transport »....66
III.1.2.7 Fonction « Concevoir l'approvisionnement »....67
III.2. Elaboration GRAILOG/EXP : grille de pilotage d'exploitation de la SC....68
III.2.1 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/EXP....69
III.2.2 Explicitation des contenus des fonctions et leurs décisions :....72
III.2.2.1 Fonction « Gérer le commercial »....72
III.2.2.2 Fonction « Gérer l'industrialisation »....73
III.2.2.3 Fonction Gérer « les achats et l'approvisionnement »....74
III.2.2.4 Fonction Gérer « la qualité des matières premières et composants »....76
III.2.2.5 Fonction Gérer « la production »....77
III.2.2.6 Fonction « Gérer la qualité du produit fini ».....78
III.2.2.7 Fonction « Gérer les ressources techniques de production »....79
III.2.2.8 Fonction « Gérer les ressources humaines »....80
III.2.2.9Fonction « Gérer la responsabilité sociétale et le développement durable »....82
III.2.2.10 Fonction « Gérer les crises/risques »....84
III.2.2.11 Fonction « Gérer le transport » ou « DELIVER »....86
III.2.2.12 Fonction « Gérer les retours »....88
III.3. Conclusion....89

Introduction

Le présent travail s'inscrit dans le contexte d'optimisation de la SC et l'aide à la décision pour la gestion de la SC. Pour gérer et modéliser les flux logistiques, la conception d'un nouveau modèle qui tient compte de cette complexité présenté au chapitre I s'avère nécessaire pour améliorer la visibilité décisionnelle dans le cadre d'une supply chain (SC).
Dans le chapitre II, nous avons présenté une synthèse sur les différents modèles d'évaluation de performance. Suite à cette analyse approfondie notre choix s'est focalisé sur le modèle GRAI. Ce modèle et plus précisément ECOGRAI est le modèle le plus adéquat pour répondre aux problématiques de pilotage, conception et évaluation de la SC automobile internationale.

Le chapitre III présente un nouveau modèle PERFLOG basé sur une modélisation décisionnelle de l'ensemble de la SC. Nous allons entamer dans ce chapitre les deux premières phases du modèle, une modélisation décisionnelle de la conception de pilotage de la SC appelé GRAILog-Cop et une modélisation décisionnelle pour l'exploitation de la SC nommée GRAILog-Exp. Nous présenterons en détails l'élaboration des deux grilles de modélisation, ainsi que le choix des fonctions. Par la suite nous proposons une analyse descriptive pour l'ensemble des décisions relatives pour fournir une explication rapide et permettre aux décideurs de pouvoir reconnaitre leur situation propre dans le modèle de référence proposé.

III.1. Présentation de la méthode PERFLOG

Le fruit de ce travail de thèse appelé méthodologie PERFLOG proposée dans la figure III.1 est un modèle de référence et d'aide à la décision qui se base sur des modèles de référence de décision qui permet le pilotage de la conception et de l'exploitation de la SC et en mesure la performance. Il s'inspire d'ECOGRAI mais a l'originalité d'intégrer cette fois la notion de « conception » et « pilotage » de la SC et non pas uniquement « pilotage » de l'entreprise. Par ailleurs, à l'ère de l'industrie 4.0, nous avons souhaité compléter ce modèle afin de lui prodiguer un maximum d'exhaustivité depuis la modélisation jusqu'à l'identification de KPI, en terminant par une analyse de l'apport des technologies de l'industrie 4.0 à la fiabilisation des KPI.

L'objectif du modèle est de fournir une aide à la décision plus complète et enrichir les fonctions de la SC globale qui permet d'aider les entreprises à concevoir un réseau inexistant, remodeler un réseau existant, contrôler et gérer la SC. Dans ce cas, la modélisation est une étape essentielle pour comprendre, analyser et maîtriser les processus de l'ensemble de la SC.
L'idée de cette recherche a été de décomposer la modélisation en deux phases : une phase de conception du réseau de partenaires et une phase d'exploitation une fois que le réseau de partenaires est validé et admis. Dans un premier temps, ce modèle propose la modélisation décisionnelle de la « conception de la SC » en proposant un modèle de référence des décisions de conception.

La première grille de référence GRAI développée est appelée, GRAILOG-Cop, en référence à la conception. C'est une grille pour l'aide à la décision de la conception de la SC afin de mieux bâtir le réseau de partenaires et mieux dimensionner le partenariat. Dans une deuxième étape, PERFLOG proposera la modélisation des décisions de pilotage de la chaîne logistique 'déjà conçue' qu'on pourrait appeler une SC en exploitation. Sur la base d'un deuxième modèle de référence nommé GRAILOG-EXP, en référence à l'exploitation, et qui vise le pilotage, monitoring et le contrôle des opérations de la chaîne logistique. Les troisième, quatrième et cinquième étapes sont consacrées à la définition d'objectifs cohérents, des variables de décision

et des indicateurs de performance liés à la grille d'exploitation. L'étape finale est consacrée à l'établissement de liens entre les indicateurs et les nouvelles technologies de l'industrie 4.0.

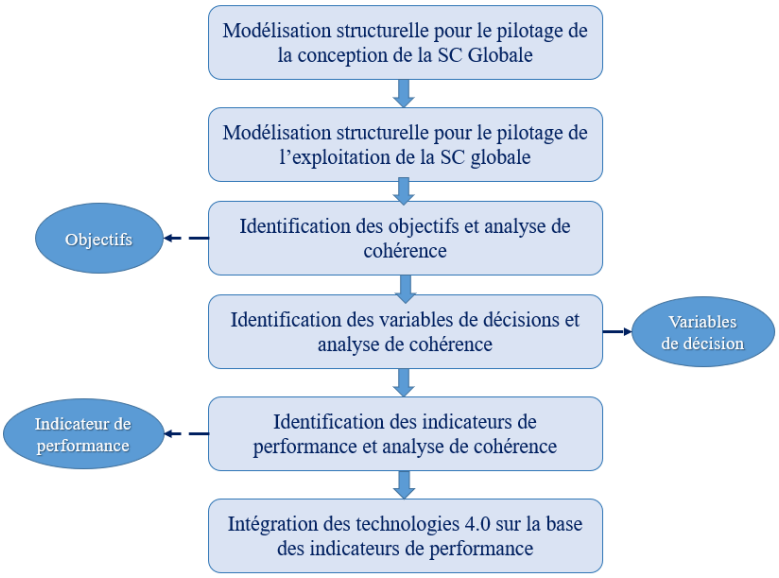


Figure III. 1 Méthode PERFLOG

III.1.1 Elaboration de GRAILOG/COP : grille de pilotage de la conception de la SC

Dans une grille GRAI (Vallespir, 2004), trois fonctions élémentaires de conduite sont communément modélisées (gérer les produits (GP), gérer les ressources (GR) et planifier les activités (PL). Ces fonctions sont pilotées à différents niveaux décisionnels. Dans notre recherche nous pouvons définir le périmètre d'étude comme étant la SC depuis sa conception jusqu'à l'exploitation. La modélisation de la SC globale est complexe car il faut maitriser les composantes de la chaine et assurer une modélisation qui permet d'optimiser les processus liés à la production, l'approvisionnement, au stockage et à la distribution. Pour ce faire, nous souhaitions proposer une grille adaptée à ce périmètre afin de proposer un modèle de référence, utile et utilisable par tout type d'entreprises afin de mieux bâtir et construire leur réseau. Nous l'appellerons la grille GRAILOG car inspiré de modèle GRAI (Ducq, 2003), (Doumeingts, 1984) et LOG en référence à la chaine LOGistique qui est un périmètre bien plus étendu que la fonction de production communément admise dans GRAI. Pour enrichir le modèle GRAI existant nous nous sommes posés la question d'étudier d'autres modèles existant afin de parvenir à une meilleure exhaustivité.

Les modèles qui s'avèrent utiles à notre enrichissement de GRAI ont été sélectionnés, ils seront évoqués dans la section III.1.2 (tableau III.2). Le modèle SCOR est incontournable dans une SC car il permet une visualisation par processus clés. Nous avons transposé le modèle SCOR dans la grille de conception GRAILOG, en tenant compte des processus de base de SCOR, « PLAN, SOURCE, MAKE DELIVER, and RETURN » et nous avons ajouté une colonne de gérer les finances. En effet, dans une conception de chaine logistique il est impératif initialement de se poser les questions relatives au business plan (élément non visible dans SCOR). Nous alimenterons cette colonne rajoutée par des références de la littérature comme le modèle VRM (référencé plus loin dans la section (chapitre II)).

Comme évoqué dans (Ducq, 2003) trois niveaux décisionnels sont nécessaires dans un modèle décisionnel. Nous construisons GRAILOG en identifiant les décisions à ces trois niveaux communément admis dans l'industrie. Les décisions stratégiques définissent la politique et les buts de l'entreprise sur le long terme, la durée de l'horizon s'étalant souvent sur plusieurs années (la durée de l'horizon dépend du cycle de vie des produits). Elles comprennent toutes les décisions de conception de la chaîne logistique et de ce fait, elles sont prises par la direction générale de l'entreprise principale et elles ont une influence importante sur la stratégie concurrentielle et donc sur la viabilité à long terme de l'entreprise et de la SC ainsi conçue.

Les décisions stratégiques configurent la SC afin de fournir une définition volontariste et cohérente du portefeuille d'activités que l'entreprise entend avoir à long terme. Les ressources visées, aussi bien les machines que les hommes (embauche, licenciement, prétraite, modification de qualification par des plans de formation, etc.) sont déterminées et discutées. Les ressources financières très peu perceptibles dans certains modèles (inspiré du modèle VRM) seront également considérées.

Les décisions tactiques : elles correspondent à un ensemble de décisions prises à moyen terme sur un horizon de moins de 2 ans en général (Ducq, 2005). Une connaissance des ressources matérielles, humaines et financières permettra de décliner les décisions stratégiques en décisions afin de lancer des plans d'actions ciblés. Il s'agit en effet de faire la planification dépendant de la structure conçue au niveau stratégique.

Les décisions opérationnelles sont prises pour un horizon court terme pour assurer la gestion des moyens et le fonctionnement au jour le jour de la chaîne logistique. Dans le cadre des SC, les décideurs ont besoin à tout moment de prendre des décisions avec un temps de réponse très court. La réactivité de la prise des décisions opérationnelles est un élément de mesure de la performance de la chaîne logistique. Au niveau opérationnel, la configuration de la SC est déjà fixée et les politiques de planifications déjà définies. Il y a moins d'incertitudes sur les informations sur la demande car on doit prendre les décisions opérationnelles en un laps de temps très court (jours, semaines). Avec moins d'incertitudes, l'objectif à ce niveau est de répondre aux requêtes des clients d'une façon optimale en respectant les contraintes établies par les configurations et les politiques de planification choisies aux niveaux stratégiques et tactiques. Le contrôle, monitoring et pilotage des flux de productions, d'achat, de livraisons deviennent les préoccupations majeures des décideurs à ce niveau.

III.1.2 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/COP

L'identification des décisions à retenir :

GRAILOG a comme objectif d'être un modèle de référence enrichi et adapté aux besoins des décideurs (en conception d'un réseau encore inexistant) jusqu'à son exploitation lorsqu'il est mis en œuvre. De ce fait il est important de converger vers les décisions de conception dans une chaine logistique. Pour classer les décisions liées à la conception d'une chaine logistique, on a établi une analyse des référentiels qui mesurent la performance de l'entreprise et qui aident à piloter et structurer une SC. Le but c'est de proposer une analyse qui s'appuie sur 4 référentiels, et de créer un modèle hybride de pilotage « **GRAILOG** » qualifié comme référence car associant les impératifs et les enjeux d'autres modèles connus et approuvés dans la littérature. Pour choisir les décisions on s'est basée sur une analyse des référentiels suivant **VRM – SCOR – EVALOG – ASLOG**, une lecture du détail nous a permis d'analyser les décisions consistantes et manquantes.

Dans GRAILOG, nous avons jugé nécessaire pour un modèle de référence de clarifier les sources d'enrichissement au fur et à mesure de la progression. Nous avons créé des codes notés entre < code de référencement > pour les décisions inspirées de chaque référentiel. Lorsqu'une décision existe dans un autre modèle (décision consistante) nous formulerons une décision qui correspondrait aux deux décisions citées dans les modèles. Le tableau ci-dessous présente les désignations des codes clés.

Tableau III. 1 Désignation des codes clés

Fonction	Niveau décisionnel	Code clé	Désignation
Gérer les finances **« Concevoir le modèle économique »**	**Stratégique**	∈< VRM.GV4>	Définir la politique financière appartient au référentiel VRM processus GOVERN.
		∈<Boulocher, 2013>	Politique de pénétration de marché.
		∈< VRM.GV1>	Communiquer le plan de la chaine de valeur
		∈<ASLOG.ch11.2.1.>	Identifier les investissements les plus rentables. Investissement logistique
		∈< VRM.GP4>	Gérer la trésorerie du développement de produits
		∈<VRM.GS4.>	Gérer la trésorerie de la chaine logistique
		∈<VRM.GC4.>	Gérer la trésorerie de client
		∈<VRM/Berrah, 2004.>	Politique de Marketing
		∈<Berrah, 2004.>	Nombre de points de ventes
			Localisation des points de ventes.
			Plan stratégique de vente.
			Capacité des points de ventes.
		∈<Boulocher, 2013>	Définir le plan marketing
			Plan stratégique de vente.
		∈<VRM.S1/CONVAS>	Clientèle cible
		<D-GP/VRM.EM1>.	Analyser le marché
	Tactique	∈<Berrah 2004>	Les modalités de ventes.
		∈</ASLOG.ch1.1.3 >	Définir les coûts logistiques
		∈<Berrah 2004>	Définir les prévisions des références de ventes.
Gérer les partenaires **« Concevoir le réseau des partenaires**	**Stratégique**	∈<Berrah 2004>	Définir la vision partenariale
		∈< VRM.GV3>	Définir la politique d'information
	Tactique	∈<Pons 2005>	Sélectionner les fournisseurs proches ou éloignés
		∈< VRM.M3>	Planification des activités sous-traitées
		∈< VRM.A6>	Evaluer les besoins de la clientèle
		∈< EVALOG. Ch5,5.4>	Traçabilité des produits (acheter, distribuer)
		∈< VRM.EA1>	Qualifier les fournisseurs
		∈< EVALOG.Ch4,4.5>	Planification et ordonnancement des expéditions.
« Concevoir le produit »	**Stratégique**	∈<ASLOG2 .1.1>	Définir les types des produits
		∈<VRM.N4>	Définir le portefeuille de produits.
		∈<VRM.ED3>	Créer la nomenclature de produit
		∈<VRM.EN1>	Définir les exigences de la marque.∈<VRM.EN1)
	Tactique	∈<EVALOG.Ch3>	Gérer les composants et les produits entrants, le réseau de fournisseurs.
		∈<VRM.ED7>	Définir le cycle de vie de produit
		∈<VRM.EB3>	Construire le produit
		∈<VRM.ED5>	Valider le produit et processus
		∈<VRM.ED6>	Réingénierie de produit
		∈<SCOR.Sp3>	Déterminer les priorités et regrouper les besoins de prototypage.
	Stratégique	∈<SCOR.M1>	Définir la stratégie production MTS, MTO, ATO
		∈<PENZ, 2010>	Définir la capacité production

« Concevoir la production »		*∈<Troje,t 2014>*	Déterminer le nombre des sites de production
		∈<PENZ, 2010>	Choix de l'implantation des sites de production
		∈<Trojet, 2014>	Localisation des sites
		∈<PENZ, 2010>	Capacité des sites
	Tactique	∈<SCOR.Sm1>	Planification de la production
		∈<PENZ, 2010>	Allocation des produits aux sites de production.
		∈<Croguennec,2010/Berrah, 2004>	Définir le mode de manutention
		∈<SCOR.Sp2.2>	Définir les modalités de réception
		∈<SCOR.Sp2.3/VRM.EB4>	Vérifier le produit
		∈<VRM.EA8>	Vérifier l'inventaire pour valider les processus de fabrication.
« Concevoir les modalités d'approvisionnement »	**Stratégique**	*∈*<Lyonnet,2015>	Identifier les sources d'approvisionnement
		∈<Penz,2010>	Détermination du nombre de fournisseurs
		∈<Lyonnet, 2015>	Choix des fournisseurs
		∈<VRM.GV4>	Définir les contrôles internes.
		∈<VRM.A4>	Définir les contrats
	Tactique	∈<SCOR.S1>	Planification des approvisionnements
		∈<EVALOG.ch2.2.1>	Allocation des fournisseurs aux sites de production
		∈<Ghedira2006>	Choisir le mode de transport (flux amont.) pour les appros en cas d'urgence
« Concevoir le transport »	**Stratégique**	∈<Filser 2012>	Déterminer le nombre et la localisation de ses différents centres de distribution.
		∈<SCOR.SD/Filser, 2012>	Déterminer la localisation des entrepôts et leurs dimensions
		∈<Lyonnet2015/Pons, 2004>	Choix de types de transport.
		∈<SCOR.D>/<Lepori,2013>	Définir les ressources de transport.
		∈<Filser2012>.	Capacité des entrepôts et leurs dimensions
		∈<SCOR.SD2>	Planification de distribution
	Tactique	∈<SCOR.Sp4.2>	Déterminer, évaluer et regrouper les ressources de prestation
		∈<SCOR.SD2.7>	Sélectionner les transporteurs et tarif d'expéditions
		∈<SCOR.Sp4.3>	Vérifier l'alignement (équilibrage) des livraisons proposées avec les exigences
			Définir les modalités de livraison (Cross Docking-plateforme intermédiaire)
« Concevoir le système d'information CSI »	**Stratégique**	∈<ASLOG.Ch1.3.1>	Définir la politique du système information.
	Tactique	∈<Lacombe,2015>.	Spécifier le Système d'information
		∈<BAG,2013>.	Définir les l'architecture des systèmes d'information soit autonome ou intégrée.
		∈<Lacombe,2015>.	Choisir l'ERP
		∈<BAG2013.p :632>.	Vérifier la couverture des systèmes S. I
		∈<SCM/M.SI).	Exploiter efficacement le système d'information

Comparatif des modèles d'évaluation de la performance :

Plusieurs modélisations de la SC existent. Une analyse comparative a été initiée, elle n'a pas pour objectif de définir quel est le modèle d'évaluation le plus pertinent, mais de trouver en fonction des critères recherchés celui qui apportera la bonne analyse. (Estampe, 2013).
Dans cette analyse, il est opportun de souligner que chaque référentiel considère certains aspects et pas d'autres : par exemple SCOR considère plusieurs aspects mais occulte les détails du niveau stratégique rendant ainsi son exploitation difficile concernant la gestion financière que nous souhaitons relater dans GRAILOG. Le modèle VRM définit l'aspect financier qui nous intéresse mais ne relate pas de détail sur les flux physiques pourtant nécessaires dans notre étude. Ce comparatif inspiré de (Estampe, 2013) nous permet de concentrer nos efforts sur l'élaboration d'un modèle de référence afin de pallier les manques constatés dans les autres modèles et offrir le maximum d'exhaustivité possible. Les décideurs pourront ainsi bénéficier d'un modèle GRAILOG représentant une forme de cartographie et un guide décisionnel dans la conception de la SC.

Tableau III. 2 Comparaison des modèles (Estampe 2013)

Critères de comparaison		**SCOR**	**EVALOG**	**ASLOG**	**VRM**	**Présente thèse - GRAILOG**
Niveau décisionnel	*Niveau Stratégique*				✓	VRM utilisé
	Niveau Tactique	✓	✓	✓	✓	Les 4 modèles utilisés
	Niveau opérationnel	✓	✓	✓	✓	Les 4 modèles utilisés
Flux analysés	*Flux physique*	✓	✓	✓		Trois modèles utilisés « SCOR, EVALOG, ASLOG »
	Flux informationnel	✓	✓	✓	✓	Les 4 modèles utilisés.
	Flux financier	✓	✓			VRM utilisé +modèle CONVAS
Bench markin	*Interne*	✓	✓	✓	✓	—
	Externe	✓	✓		✓	—

. **Tableau III. 3 Grille GRAILOG de conception de la supply chain globale**

	Gérer les finances - GF	**Gérer les partenaires - GP**					
	Concevoir le modèle économique CME	**Concevoir le réseau du partenaire DP**	**Concevoir Produit CP**	**Concevoir la production**	**Concevoir le système d'information CSI**	**Concevoir le Transport CT**	**Concevoir les modalités d'approvisionnement DA**
H = 5ans **P** =6 mois **<S>**	-Définir la politique financière : **∈<VRM.GV4**> -Politique de pénétration de marché. **∈<Boulocher,2013>** -Communiquer le plan de valeur **∈< VRM.GV1>** -Identifier les investissements **∈</ASLOG.ch1.10>** - Investissement Logistique : -investissement Approvisionnement**∈<VRM.GV4/ASLOG.ch1.2.1**> - Des investissements d'entreposage. -Des investissements de ventes/ commercialisation. -Gérer la trésorerie du développement de produits. **∈<VRM.GP4>** -Gérer la trésorerie de la chaine logistique **∈<VRM.GS4>** - Gérer la trésorerie des clients. **∈<VRM.GC4>.** - Définir la politique en matière *d'actifs***∈<D7-GP/VRM.GV5>.** - Définir la Politique marketing **<VRM/Berrah, 2004>.** -Nombre de points de ventes. **∈<Berrah 2004>.** -Localisation des points de ventes.**∈<Berrah,2004>.** -Capacité des points de ventes.**∈<Berrah 2004>.** -Définir le Plan marketing**∈<Boulocher, 2013>**-Plan stratégique de vente.**∈<Boulocher, 2013>** - Clientèle cible **(VRM.S1 et modèle CONVAS.)** - Analyser le marché **<VRM.EM1>.**	-Définir vision et stratégie partenariale<**VRM.GV1/CONVAS>** -Communiquer le plan de chaine de valeur. **∈< VRM.PV3>** -Définir la politique d'information.**∈<VRM.GV3>.** -Etablir les politiques en matière en personnel et d'éthiques. **∈<VRM.GV6>.** - Définir les critères logistiques pour le choix de fournisseurs et les prestataires logistiques. **∈<Berrah 2004>.** -Equilibrer les ressources de la chaine de valeur**∈<VRM.PV3>.** - Capacité des sites **∈<VRM.PV3<EVALOG.ch3>.** -Balancer les ressources avec les demandes, établir et communiquer la planification pour toute la chaine logistique. **∈<SCOR>.** - Diriger des relations clients **∈<Berrah, 2004>.** - les critères géographiques **∈<Raimbault, 2017>.**	-Définir les types des produits (Câbles.)**∈<ASLOG2 .1.1>** - Définir le portefeuille de produits.**∈<VRM.N4>** - Définir les exigences de la marque.**∈<VRM.EN1>** -Créer la nomenclature du produit.**∈<VRM.ED3>** -Design de produit.**∈<VRM.ED3>**	-Définir la stratégie production de **∈<D-P/SCOR.M1>** - MTS - MTO - ETO - ATO -Définir la capacité production. **∈<PENZ 2010>** -Déterminer le nombre de sites de production. **∈<FEN,2016>.** -Choix de l'implantation des sites de production **∈<PENZ, 2010>.** -Localisation des sites**∈<Filser,2012>.** -Capacité des sites**∈<PENZ, 2010>.**	Stratégie Système D'information -Définir la politique du système d'information. **∈<ASLOG.Ch1.3.1>**	-Déterminer le nombre et la localisation de ses différents centres de distribution. **∈<Filser,2012>.** -Déterminer la localisation des entrepôts**∈<SCOR.D/Filser2012>.** - Choix des types de transport**∈<Pon2005>.** - Définir les ressources de transport. **(LEPORI,2013).** -Capacité des entrepôts et leurs dimensions **∈<Filser,2012>.** - Définir les modalités de livraison (Cross Docking- plateforme intermédiaire) **∈<Lyonnet, 2015>.** -Planification de distribution. **∈<Pons 2005 /SCOR.D2>.**	Identifier les sources d'approvisionnement - Machine - Internet**∈<Lyonnet,2011>** -Détermination du nombre de fournisseurs. **∈<PENZ, 2010>** -Choix des fournisseurs**∈<Pon,2005>.** -Définir les contrôles internes. **∈<VRM.GV4>** -Définir les Contrats **∈<VRM.A4>**
H = 2 ans **P** =6 mois **<T>**	-Les modalités de ventes. **∈<Berrah, 2004>.** -Définir les couts logistiques. **∈<ASLOG.ch1.13>.** -Définir les prévisions à moyen terme de ventes. **∈<Berrah, 2004>.**	- Sélectionner les fournisseurs proches ou éloignés **∈<VRM.M3>.** - Planification des activités sous- traités. -Définir les besoins de clients **∈<VRM.M3>.** -Evaluer les besoins de la clientèle. **∈< VRM.E. A6>.** -Contrat de négociation **∈<VRM.A4>** -Traçabilité des produits (acheter, distribuer)**∈<EVALOG. Ch5, 5.4>.** - Planification des activités sous- traités.**∈<Lavigne>.** -Qualifier les fournisseurs.**∈<GP /VRM.EA1>** -Planification et ordonnancement des expéditions. **∈<EVALOG. Ch4, 4.5>.**	- Gérer les produits entrants, le réseau de fournisseurs.**∈<EVALOG.Ch3>** -Définir le cycle de vie de produit **∈<VRM.ED7 >** -Construire le produit**∈<VRM.EB3 >** -Valider le produit et processus**∈<VRM.ED5>.** -Réingénierie de produit.**∈<VRM.ED6>** -Déterminer les priorités et regrouper les besoins de prototypage. **∈<SCOR. Sp3>**	-Planification de la production **∈<SCOR.Sm1>.** -Définir le cycle de vie du produit.**∈<VRM.ED7>** -Allocation des produits aux sites de production (le concepteur doit considérer les conditions et les contraintes).**∈<Penz 2010>.** -Définir le mode de manutention **<Berrah 2004>** -Recevoir le produit.**∈<SCOR.Sp2.2>** -Vérifier le produit. **∈<SCOR.Sp2.3.VRM.EB4>** -Construire le produit. **∈</VRM.EB3 >** -Transfer de l'inventaire.**∈<VRM.EA8 >**	- **Spécifier** le Système d'information **∈<Lacombe,2015>.** -Définir les l'architecture des systèmes d'information soit autonome ou intégrée. **∈<BAG,2013>.** -Choisir l'ERP **∈<Lacombe,2015>.** -Vérifier la couverture des systèmes S. I **∈<BAG2013.p :632>.** - Exploiter efficacement le système d'information **∈<SCM/M.SI).**	-Déterminer, évaluer et regrouper les ressources de prestation. **∈<D1-GR-DT/SCOR.Sp4.2>.** -Sélectionner les transporteurs et Tarif d'expéditions. **∈<D-GR-CT/ SCOR.SD2.7>.** -Vérifier l'adéquation des livraisons avec les exigences de de livraison. **∈<D-GR-DT/ SCOR.Sp4.3>.** - Vérifier l'alignement (équilibrage) des livraisons proposées avec les exigences. **∈<SCOR.D/Fil2012**	-Planification des approvisionnements **∈<SCORS1>.** - choix de fournisseurs **∈<PENZ 2010>** -Allocation des fournisseurs aux sites de production. **∈<PENZ 2010>** -Les processus logistiques sont définis de l'interface client à l'interface fournisseur en passant par les flux internes. **∈<EVALOG.Ch2.2.1>.** -Choisir le mode de transport en cas d'urgence (Flux amont) pour les appros **∈<Ghedira, 2006>.**

III.1.2.1 La fonction « Gérer les finances » :

Dans une conception de SC, l'aspect financier est de taille. Cet aspect définit la stratégie de déploiement. Plusieurs décisions doivent être prises en compte. Dans le paragraphe qui suit, nous définissons les points retenus en accord avec nos analyses des référentiels existants (définis plus haut).

- **Les décisions stratégiques retenues**

Définir la politique financière **:** l'entreprise doit définir sa stratégie financière et déterminer le cadre global de la stratégie de financements des projets, elle définit l'ensemble des orientations et des choix d'activités à entreprendre et à prendre en compte. L'analyse de l'environnement et de son évolution permet à définir le cadre de référence des décisions financières en accord avec la politique générale au sein de l'entreprise. Elle permet de hiérarchiser et classer les priorités, de choisir les décisions et déterminer les objectifs.

Définir la Politique de pénétration de marché : La politique de pénétration de marché doit être stratégiquement discutée. Certaines entreprises pénètrent le marché avec une stratégie de coût bas, d'autres avec une stratégie d'innovation, ou encore avec une stratégie de se distinguer dans le service après-vente et d'autres se distinguent par la qualité du produit. Chaque entreprise avant de se lancer sur le marché et avant même de concevoir son réseau de partenaire se doit de définir l'angle d'attaque visé par ces choix (Cohen & Roussel, 2005). Dans la politique à cout bas, l'entreprise vise à obtenir des parts de marché en proposant une politique de prix qui consiste à réduire le prix du produit par rapport au prix moyen du marché, largement distribué (Boulocher, 2013). L'entreprise se doit donc de connaitre sa cible et ses contraintes. Cela permet de donner directement une image des segments où l'entreprise souhaite se positionner et ainsi la faire croître.

-Communiquer le plan de chaine de valeur : La chaîne de valeur est une étude que l'entreprise doit réaliser afin de déterminer quelles sont ses activités qui participent le plus à apporter de la valeur ajoutée à son activité. Il s'agit, en clair, de ses activités en particulier logistiques qui lui assure un avantage concurrentiel et qui présentent les meilleurs avantages en termes de coût, de rendement et d'image. Grâce à l'étude de la chaîne de valeur (la VSM peut être un outil), l'entreprise est en mesure d'opérer un replacement au niveau du marché et de définir clairement les principales sources de valeurs ajoutées, ce afin de pérenniser ses activités. L'entreprise devrait bien communiquer, le plan de la chaine de valeur, avec les parties internes et externes sur la façon dont elle traite ses relations de bonne relation. Pour ce faire, elle devrait sensibiliser ses parties prenantes, réaliser un plan de communication et mettre sur pied un comité de liaison.

Identifier les investissements les plus rentables : La décision d'investissement apparaît donc comme une décision à caractère stratégique (entrepôt, manutention, matière première, transport.) tant par l'importance des flux financiers engagés que par celle des choix commerciaux, technologiques ou organisationnels qu'elle induit.

Gérer la trésorerie du développement de produits : L'entreprise doit assurer une bonne gestion de la trésorerie qui est essentielle pour accompagner le développement de produits lors de sa conception, l'achat de la matière première, les ressources humaines, la sous-traitance …Le besoin en ressource financière est considéré comme un indicateur important de la trésorerie. Une trésorerie mal maîtrisée en phase de structuration et/ou de croissance, aboutit à de fortes tensions, qui peuvent conduire à l'échec de la mise au point du produit.

Gérer la trésorerie de la chaine logistique : Actuellement les enjeux financiers et en particulier ceux de la trésorerie sont au cœur des préoccupations de toutes les entreprises. Toutefois, les difficultés à cet égard sont aggravées en matière d'illiquidités, du retard de paiement, ainsi que des conditions des crédits commerciaux. Au niveau de la SC ses risques peuvent générer de graves

incidences sur la situation de la trésorerie d'une entreprise sachant que la concurrence et la nature des activités de la SC peuvent aggraver ces risques. Pour réduire le besoin en ressources financières, l'un des leviers d'action consiste à réduire l'en cours clients :

- Essayer de négocier avec les partenaires un paiement à une durée limitée
- Mettre en place des acomptes à la commande chaque fois que c'est possible.
- Mettre au point une procédure de relance adaptée pour les retards de paiement. Organiser une campagne de relance amiable ou faire appel à une société de recouvrement qui va mettre son équipe de spécialités à l'œuvre afin de faire rentrer de l'argent frais dans les caisses.

Définir le plan marketing : Avec la concurrence internationale et le nombre de produits disponibles élevé, les entreprises, doivent avoir un plan marketing. Il est très important d'avoir une vision pour planifier où l'on veut aller. Le plan marketing est considéré tel un canal qui relie l'entreprise à son marché. Les décisions marketing ont un effet à long terme sur l'efficacité et la rentabilité d'une entreprise au sein de son marché. Pour ces raisons, la planification marketing requiert de la réflexion, de la créativité et de la prévoyance. Elle est essentielle pour assurer le succès de l'entreprise.

Nombre de points de ventes : les flux physiques des chaînes logistiques peuvent maintenant traverser plusieurs mers et continents, depuis l'origine des matières premières jusqu'au consommateur final. Ces chaînes ont atteint une longueur et un volume sans précédent d'où la nécessité de définir des points de ventes stratégiques (espace commercial). C'est le lieu d'accueil du client, de son accompagnement et de la transformation de ses intentions en achat réel.

Localisation des points de ventes : L'optimisation et la massification de la plupart des flux logistiques reposent sur la mise en place d'un réseau de plateformes logistiques pour le groupage et le dégroupage de marchandises. Véritables centres de valeur ajoutée logistique à proximité des opérateurs économiques et des consommateurs. La localisation de ces points de ventes logistiques serviront de zones pour la canalisation et la concentration des flux nécessaires au développement d'une offre de services compétitive et à forte valeur ajoutée.

Capacité des pointes ventes : le point de vente est avant tout un espace avec une capacité de stockage où les marchandises sont rangées suivant un ordre bien précis. Il permet de garder un état juste des stocks ; il assure pour chaque article un point de gestion entre l'approvisionnement et la consommation ; c'est le lieu où l'on pointe les entrées et les sorties. Cet espace offre des emplacements de stockage bien matérialisés. Il faut donc dimensionner ces capacités afin qu'elles soient suffisantes ; ce qui permet de réaliser des inventaires afin de garantir l'exactitude permanente des quantités de marchandises disponibles.

Clientèle cible : Définir la clientèle cible est la base de la stratégie marketing de l'entreprise. L'identification des clients est un élément fondamental du projet. Ce sont effectivement des personnes qui achèteront des produits. Il est nécessaire de déterminer dans l'étude de marché leurs besoins, leurs envies et leurs sensibilités vers la qualité, le prix, la quantité. Selon le client cible l'entreprise doit développer le type de produit, le canal de distribution, les points de vente.

Analyser le marché : L'analyse du marché au sens large offre une vision plus approfondie du marché. Elle met en lumière tous les éléments quantitatifs évoqués dans l'analyse au sens étroit. Au sens large, le marché désigne l'ensemble des publics consommant ou susceptibles de consommer un produit ou un service dans une zone géographique donnée, mais également les variables environnementales pouvant exercer une influence sur les ventes d'un produit ou d'un service. L'analyse du marché principal sert de base à l'établissement des politiques de l'entreprise : c'est dans son marché principal qu'elle va déployer les politiques de produit, de distribution, de prix et de communication.

- **Les décisions tactiques retenues**

Les modalités de ventes : Dans le cadre international, en fonction du pays de vente, une réglementation particulière peut s'appliquer à des modalités de vente. Elles doivent notamment comprendre : Les conditions de règlement (avec notamment des clauses relatives aux délais de paiement, aux pénalités de retard et au montant des indemnités pour frais de recouvrement). Les éventuelles réductions de prix et conditions d'escomptes. Le barème des prix unitaires.

Définir les coûts logistiques : L'entreprise doit définir les coûts logistiques qui correspondent à l'ensemble des dépenses liées aux différents flux : équipement, transports, frais de douane, stocks, informatique, frais, etc. Les coûts logistiques sont en étroite relation avec les charges, qui correspondent à des flux de valeurs déterminés par la comptabilité. Les charges peuvent être décrites comme des prestations obtenues en compensation d'un décaissement (frais d'entretien, salaires). Au niveau logistique, deux types de charges existent et doivent être définies : les charges fixes et les charges variables. Les frais relatifs au transport se divisent également en charges fixes et variables. On y trouve : Les niveaux de services clientèle, les coûts de préparation des commandes, les coûts intrinsèques des stocks, les coûts d'entreposage, les coûts de production définis par lots, les coûts de transport.

Définir les prévisions des références : Prévoir les ventes est capital. Il faut s'intéresser à l'environnement de l'entreprise, comprendre le contexte économique et réaliser des études du marché. Chaque entreprise doit définir des prévisions de références de ventes pour chaque famille de produits. Il faut prévoir le niveau des stocks adéquat, les besoins en équipement et en ressources, collecter et analyser les données et établir des prévisions concernant la demande globale des produits et des ressources (technique ou humaine).

III.1.2.2 Fonction « Gérer les partenaires »

Dans la grille GRAILOG l'aspect logistique est le point distinctif de notre approche. Il n'est pas de SC sans partenaires. Il est donc assez intuitif de devoir gérer les partenaires constituant le réseau logistique. Ce point doit donc rassembler les divers points d'alerte lorsque les décideurs conçoivent la chaine logistique. Nous relatons dans ce qui suit les différents éléments décisionnels retenus.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Définir la vision et la stratégie partenariale : Il est nécessaire de déterminer les alliés extérieurs de l'entreprise grâce auxquels elle pourrait faire évoluer et améliorer son offre. Il peut s'agir de fournisseurs, de sous-traitants, de coproducteurs, d'experts, d'intégrateurs, etc. Le choix des partenaires est naturellement lié à la clientèle ciblée. Une bonne relation partenariale peut par ailleurs lui garantir certains avantages sur les concurrents : maîtrise du cycle de production, contrôle des prix, exclusivité d'un savoir-faire. Convaincre des partenaires de travailler avec elle, mérite autant d'attention que de convaincre des prospects de devenir clients.

Définir la politique du système d'information : L'entreprise doit définir un système d'information, un moyen de communication et d'échange de données informatisées comme les EDI entre les fournisseurs et les clients en externe et aussi en interne afin qu'ils puissent partager les données et de faciliter la communication (Lyonnet, 2010). L'entreprise doit intégrer une politique des systèmes d'informations comme les ERP. L'absence de système d'information complet et cohérent expose l'entreprise à plusieurs risques en particulier : les pertes de commandes, retard de livraison, la communication difficile avec le client et bien entendu avec ses partenaires pour suivre les commandes.

Etablir les politiques en matière en personnel et d'éthique. Pour une entreprise, établir une politique d'éthique s'inscrit ainsi dans une logique de l'action humaine individuelle et contextuelle : dans une situation donnée, face à un dilemme éthique, le personnel décide du comportement qui

va être le sien. L'éthique d'entreprise s'inscrit dans cette définition en considérant que les entreprises sont des "individus collectifs". L'éthique est également une notion ancienne mais qui met au contraire l'accent sur le comportement des individus en les considérants libres de s'autodéterminer et responsables, à ce titre, de leurs décisions et de leurs actions.

Définir les critères logistiques pour le choix de fournisseurs et les prestataires logistiques. La sélection des fournisseurs et des prestataires logistiques devrait être faite en utilisant une procédure de recherche qui débouche sur un choix clair.

Nous présentons ci-dessous une série de mesures qui devraient être prises lors de la procédure de sélection d'un prestataire logistique : Rechercher et sélectionner les prestataires potentiels, Définir les paramètres du travail et les activités dont on veut se défaire, Développer les capacités requises ainsi que la sollicitation de réponses de la part des fournisseurs, Évaluer les alternatives, Évaluer les finalistes sur place et enfin Sélection.

Equilibrer les ressources de la chaine de valeur. La réussite des entreprises dépend de la performance de leur chaîne d'approvisionnement et de distribution. À l'heure actuelle, les entreprises s'approvisionnent à l'échelle mondiale et livrent leurs produits à des partenaires et clients sur plusieurs continents. Cependant, l'expédition des produits à l'étranger pose de nombreux défis en matière d'approche efficace pour la gestion de toute la chaine.

Capacité des sites : Définir la capacité est liée à celle du nombre de sites, et quelle quantité de produits ou de matière première est affectée sur chaque site. Une capacité très grande engendre une réactivité très grande mais aussi des coûts élevés (surtout en cas de sous-production). Il faut arbitrer et trouver le juste nécessaire en fonction des historiques des demandes passées et en accord avec la stratégie de satisfaction client mise en place par le groupe.

Balancer Equilibrer les ressources avec les demandes, établir et communiquer là à toute la SC. Selon les prévisions des commandes et dans le cadre de sa stratégie, l'entreprise doit communiquer et planifier ses commandes en assurant les moyens humains et matériels. Pour fluidifier les processus mis en œuvre entre acteurs de la SC, la gestion fait en premier lieu appel à des outils de planification et d'ordonnancement des tâches et des flux (avec un outil de type APS - Advanced Planning and Scheduling - par exemple). Ces outils ont pour objectif de projeter l'ensemble des processus mis en œuvre entre les différents acteurs de la chaîne logistique : approvisionnements, production, gestion d'entrepôts, transport, etc.

Identifier les relations clients : Une entreprise doit identifier la nature des relations qu'elle souhaite entretenir avec les clients. Cela concerne tous les moyens employés, au-delà du produit ou du service vendu, pour s'assurer de la fidélité des clients, en acquérir de nouveaux, faciliter l'acte d'achat, voire augmenter la fréquence d'achat. Il peut s'agir de fournir une assistance personnelle dédiée, un service de retour des marchandises, une carte de fidélité, etc. L'entreprise doit définir les éléments qu'elle souhaite faire figurer dans son approche client.

Les critères géographiques : L'entreprise doit communiquer avec les divers partenaires et sélectionner les fournisseurs les plus appropriés afin d'arriver à livrer le produit au bon moment et au bon endroit, ceci tout en minimisant le cout et le risque. La question stratégique qui doit figurer dans les préoccupations du donneur d'ordre est le positionnement géographique des partenaires. Dans certains cas de figure la criticité de livraison impose des fournisseurs géographiquement proches, dans d'autres cas de figure les fournisseurs de composants dans les pays à bas coûts est tout à fait envisageable. Il est important que lors de l'étude de cette décision stratégique, les décideurs statuent sur l'approche retenue. Les catégories les plus citées sont ; fournisseur local et mondial, fournisseur local et semi local, fournisseur local.

- **Les décisions tactiques retenues :**

Sélectionner les fournisseurs proches et éloignés : l'entreprise doit sélectionner la proximité des fournisseurs. Plus le nombre de sites est grand, plus on est proche des clients, et plus on utilise des modes de transport économiques. Cette décision a pour objectif d'optimiser le délai, le cout de livraison,et l'emprunte carbone.

Planification des activités sous-traitées : La sous-traitance au niveau tactique est davantage conjoncturelle que structurelle, c'est-à-dire qu'elle est guidée par un manque de capacité temporaire à faire de la part de l'entreprise. Il est donc important que l'entreprise ait préparé en amont une sélection de sous-traitants capables de répondre rapidement à une commande.

Définir les besoins clientèle : Définir et comprendre **les besoins du client** est au centre de toute entreprise, qu'elle vende directement à des personnes ou à d'autres entreprises. Lorsqu'une entreprise possède cette connaissance (sondages, statistiques,), elle peut l'utiliser pour persuader les clients éventuels et existants qu'il est dans leur intérêt d'acheter chez elle.

Traçabilité des produits (acheter, distribuer) : La traçabilité des produits est une technique qui permet de retrouver l'historique, l'utilisation et la composition des produits industriels à partir de la chaîne de production jusqu'à la chaîne de distribution et de consommation. Il est essentiel d'en comprendre le fonctionnement et les enjeux. Cette traçabilité de bon nombre de produits est une exigence réglementaire, elle peut être en amont (origine du produit son emballage, ressources utilisées pour le réaliser, nature du cycle de vie), elle peut être en aval (informations utilisateur / consommateur sur la nature du produit contenu, lutte contre la falsification ou la contrefaçon de produits). Elle peut porter sur toute la chaine logistique du couple produit / emballage (savoir en temps et en heure où se trouvent les produits/emballages, gérer les flux, rapatrier les produits, piloter la logistique). La recherche de la traçabilité peut se faire de manière descendante (pour retrouver la localisation de produits notamment en cas de retrait /rappel) ou de manière ascendante (pour retrouver l'origine et les caractéristiques d'un produit notamment à cause d'un problème qualité).

Qualifier les fournisseurs : Il est intéressant pour une entreprise de qualifier et classer les fournisseurs potentiels qui sont caractérisés par un ensemble des composants qu'ils peuvent fournir avec leur prix, leur quantité maximale d'approvisionnement, leurs coûts de transports vers chaque site et un coût fixe de contrat par fournisseur et par produit.

Planification et ordonnancement des expéditions : Le responsable du Planning et Ordonnancement doit coordonner et négocier avec les différents services (production, achats, logistique, qualité, marketing…), garantir la gestion des stocks et des échéances de délais de livraison et mise à disposition de produits commandé tout en respectant les exigences des clients**.**

III.1.2.3 Fonction « Concevoir le produit »

Concevoir un produit a pour principal but de mettre sur le marché un artefact après une étude de besoin et du marché. Il faut comprendre les futurs utilisateurs et créer un produit qui les aidera à satisfaire leurs besoins. Dans le monde industriel, la conception de produit consiste à inventer, développer et commercialiser sur un marché, un bien ou un service nouveau.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Définir les types des produits : L'entreprise doit définir la famille de produit dont les composantes matérielles et immatérielles sont sources d'utilités qui permettent de satisfaire les besoins et les désirs des consommateurs. Le produit possède une identité propre qui se caractérise entre autres par un nom, une marque, un conditionnement, une stylique, une étiquette. De plus, il répond à certaine exigence en matière de qualité et de normalisation.

Définir le portefeuille de produit. : C'est l'ensemble des produits gérés par une entreprise ou dont la gestion est confiée à un responsable marketing (chef de produit, chef de secteur…). Le portefeuille produit regroupe l'ensemble des produits proposés par l'entreprise. Le portefeuille produit doit si possible être équilibré en fonction des différents cycles de vie. Il doit idéalement comprendre des produits en phase de lancement lorsque d'autres sont plutôt en maturité ou en fin de vie.

Design de produit : Le design d'un produit ou design industriel consiste à concevoir la forme, le rendu, le design et les matériaux. Il doit répondre à l'identité de l'entreprise et enrichir l'offre de l'entreprise. Trois caractéristiques doivent figurer pour un produit donné : Opératoire, technique et économique.

Créer la nomenclature de produit : L'entreprise doit définir la nomenclature d'un article à fabriquer qui est le recensement structuré de l'ensemble des éléments qui le composent. Elle est le plus souvent représentée par un schéma logique qui recense : les composés : produits au sous-ensemble produit, ainsi que les composants : MP ou pièces entrant dans les composés. Dans une nomenclature apparaissent les quantités de composition : quantités des composants nécessaires pour la fabrication d'un composé. La structure du produit est également définie : place (niveau) des composants dans l'ensemble du produit. La nomenclature d'un produit peut être représentée par une structure arborescente ou par une liste hiérarchisée des composants qui entrent dans sa composition.

Définir les exigences de la marque : la marque est considérée comme signe distinctif ou un symbole visuel. La marque permet à une entreprise commerciale ou industrielle ou à une personne la reconnaissance des biens proposés et surtout de faire la différence avec ceux de la concurrence. La marque est devenue enjeu de pouvoir. Une marque peut se définir (pour un acheteur) comme un panier d'attributs qui lui apporte un ensemble de plus, qui constituent des points distinctifs entre les marques et qui ont un effet sur les préférences des acheteurs

- **Les décisions tactiques retenues :**

Gérer les composants et les produits entrants : La mise sur le marché d'un nouveau produit suppose de passer par plusieurs phases qui commencent par l'idée du nouveau produit et s'achèvent à sa mise en fabrication, sa distribution et la mise en place d'un service après-vente, voire d'un service de « Maintien en conditions opérationnelles de fonctionnement » du produit. Ces constats montrent que la relation entre SC et conception est riche de nombreuses problématiques.

Définir le cycle de vie de produit : Le cycle de vie regroupe une série d'étapes que le produit traverse, depuis sa création à sa mise sur le marché et jusqu'à la fin de sa production. Il comporte cinq phases : le Prototype, le lancement, la phase de croissance, la maturité et la phase du déclin qui est la fin de cycle de vie du produit.

Construire le produit : Dès que le dessin de produit est réalisé, le choix des procédés de fabrication doit être statué. Un processus de fabrication est une combinaison de plusieurs techniques qui vise à obtenir une pièce ou un objet en transformant la matière brute. Obtenir d'une pièce souhaitée nécessite parfois l'utilisation de divers procédés de fabrication.

Valider le produit : Pour valider un produit il est nécessaire de confronter le résultat de la conception à cet usage, autant que possible, avant mise à disposition du client. Il peut s'effectuer de manière physique (prototypes, campagnes de tests...) ou virtuelle (présentation à un panel, simulation informatique…). Et pour le processus de fabrication de produit, l'entreprise doit définir les machines convenables pour réaliser un produit de qualité.

Réingénierie produit : La réingénierie a pour finalité la diminution des couts associés à l'organisation avec une amélioration de l'efficacité globale. Elle a aussi comme objectif la reconstruction de la structure afin de garantir un changement positif pour l'organisation. Lors de la réingénierie on s'attend aux résultats suivants : la réduction des coûts d'opération du produits,

l'augmentation de la satisfaction des clients et l'amélioration du service des clients, la réduction des délais de production et l'augmentation de la productivité tout en augmentant la qualité des produits.
Déterminer les priorités et regrouper les besoins de prototypage : Le prototypage permet de fabriquer les pièces en utilisant différents procédés de production. Ces modèles peuvent simuler des pièces en série. Le prototypage nous permet la validation des caractéristiques, le design et le fonctionnement d'une pièce. Il permet aussi de rassembler rapidement les recommandations de la part des clients et la validation de la faisabilité des fonctionnalités avec les développeurs et principaux partenaires. Cette solution permet d'écarter les erreurs de conception qui peuvent engendrer des couts très élevés à l'entreprise. Le bon prototypage permet d'éviter de livrer des produits de non qualité.

III.1.2.4 Fonction « Concevoir la Production »

Cette fonction est l'ensemble des activités qui permettent la transformation de la matière première et des composants en produits qui peuvent être vendus aux clients. On peut distinguer différents types de production : production par projet, en continu, en discontinu.

- **Les décisions stratégiques retenues**

Définir la stratégie production MTS - MTO -ETO - ATO : l'entreprise doit définir le choix de la gestion de production qui dépend à la fois des exigences techniques et des demandes clients.

Définir la capacité production. La capacité correspond à la fabrication maximale de produits que peut générer une ligne de production. Cette capacité est considérée comme un indicateur de performance qui sert à évaluer l'offre maximale que l'entité peut produire pour un client.
Déterminer le nombre de sites de production : L'entreprise doit déterminer le nombre de sites de productions pour la SC. Ces sites peuvent générer du stockage, en même temps cela peut réduire les coûts de transports. Les entreprises doivent choisir entre des politiques de groupages de sites ou au contraire des politiques de dégroupage. Une augmentation des couts de stockage peut être due au nombre élevé des sites de production ou d'entrepôt par contre cette décentralisation entraine la diminution des couts de transport et les délais de livraison. Un arbitrage doit être opéré par l'entreprise.
Choix de l'implantation des sites de production : Le choix d'implantation des sites inclut aussi la décision d'affecter les activités aux sites. Les décisions concernant la localisation des sites de production sont très stratégiques et très importantes car elles conditionnent les décisions de transport et de distribution. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de la prise de telles décisions comme la proximité par rapports aux clients et aux fournisseurs, les taxes et tarifs, et la disponibilité de la main d'œuvre.
Localisations des sites de production : Cette décision se pose pour l'implantation des sites de stockage des matières premières, des produits semi-finis, des sites de production, des sites de stockage des centres de distribution, des centres de services après-vente. Une démarche en deux étapes pour la décision de localisation des sites de production est nécessaire. Dans la première étape, la démarche examine les alternatives potentielles vis à vis de quatre facteurs critiques. Ce sont les besoins (en ressource) du produit et de la production, les règlements gouvernementaux, la stratégie de l'entreprise et le risque. Dans une deuxième étape, la démarche prend en compte des critères de décision. Ces critères relatifs aux choix de l'entreprise.
Capacité des sites : Définir la capacité des sites est liée à celle du nombre de sites. Une capacité très grande engendre une réactivité très grande mais aussi des coûts très grands (surtout en cas de sous-production).

Technologie des sites : Cette décision dépend de certains critères économiques, financiers, sociaux. Le choix de la technologie de chaque site de stockage ou de production a normalement un lien important avec la décision sur les capacités des sites, car une capacité donnée peut contraindre le choix de la technologie. Inversement une technologie choisie peut, pour être économiquement rentable, nécessiter une capacité minimale d'utilisation en particulier l'automatisation, la robotisation, la manutention…

- **Les décisions Tactiques retenues :**

Planification de la production. C'est programmer les activités de production qui permettent de transformer des matières premières en produits finis.
Allocation des produits aux sites de production : Les coûts de production et de transport sont différents d'un site à l'autre. Par ailleurs, la capacité de fabrication d'un site est limitée, il est parfois impossible de produire l'intégralité de la demande. Il est impératif de considérer ces éléments et contraintes pour déterminer les produits et les quantités à produire pour chacun des sites de production.
Définir le mode de manutention : La fonction de la manutention est de décharger et recharger les unités de transports (camions, avions, trains, conteneurs…) le plus rapidement possible afin de réduire au maximum leurs immobilisations. Les coûts de manutention sont principalement les coûts humains utilisés pour l'opération auxquels il faut ajouter les coûts d'acquisition et d'entretien des outils de manutention (transpalettes, chariots élévateurs…). L'entreprise définie le mode de manutention lié à l'activité et acquérir les moyens techniques adéquats
Réception du produit et entreposage de produit : A la réception d'un produit, il doit être contrôlé et positionné afin de faciliter son stockage et sa distribution. Le positionnement des produits permet non seulement de réduire les coûts, mais il est souvent requis afin de maîtriser les fonctions avancées d'un centre de distribution.
Vérifier le produit pour valider les processus de Fabrication : vérifier la conformité du produit par rapport au cahier des charges est absolument nécessaire. Selon la norme ISO 9001version 2015, l'organisme doit définir des étapes clés comme la vérification du produit qui permet de s'assurer que les éléments de sortie élaborés (plans, descriptifs, nomenclatures…) répondent au cahier des charges. La vérification doit être enregistrée. Ces vérifications sont souvent faites document par document et matérialisées par une signature électronique ou physique du document. Le processus d'obtention du produit doit être validé sur le plan technique, économique, faisabilité, …
Transférer l'inventaire : l'objectif est d'évaluer le bon volume du stock à un moment donné et indiquer comment faire le suivi. Le contrôle d'inventaire s'applique à tout composant et article utilisé pour construire un produit, des stocks permettent de détenir le bon volume de stock au bon endroit et au bon moment.

III.1.2.5 Fonction « Concevoir le système information ».

Cette fonction constitue la clef de la compétitivité dans le domaine de la supply chain. Concevoir Le système d'information est un système support qui permet la gestion des flux d'information de l'entreprise localement et SC au niveau global. C'est dans le secteur de la production et de la distribution que l'on rencontre les plus grands volumes d'informations à traiter comme les nomenclatures, gammes, ordres de fabrication, etc. Pour cette raison il est très important lors d'une conception du réseau logistique de choisir un système d'information dont la rapidité de traitement de l'information est importante et qui serait en adéquation avec les objectifs stratégiques du groupe.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Définir la politique du système d'information logistique industriel. Ce système à dominante industrielle est fait d'un sous-système plus global qui permet de répondre aux interrogations stratégiques de l'entreprise. Sa conception permet également interfaçage et paramétrage dans un environnement contrôlé, aisément accessible.

- **Les décisions tactiques retenues :**

Spécifier le Système d'information. L'entreprise doit spécifier le système d'information le plus adapté à son organisme. Pour ce faire, une analyse de sa situation, de son secteur d'activité, et la définition des objectifs, doivent être engagées afin de déterminer le meilleur moyen pour les atteindre. Ainsi découleront la stratégie d'information et la définition des besoins du système d'information.

Définir l'architecture des systèmes d'information soit autonome ou intégrée. L'installation d'un nombre d'équipements techniques adéquats, fiables et sécurisés dont l'objectif est d'assurer la bonne circulation des informations est nécessaire. Il faut répondre aux fonctionnalités demandées et construire l'architecture du système d'information. Lors de la conception, il faut également intégrer une architecture fiable pour accompagner la croissance de l'entreprise et pouvoir rajouter progressivement des modules de traitement pour augmenter la couverture opérationnelle du SI.
Choisir l'ERP : Pour spécifier et choisir l'ERP, l'augmentation de l'offre et diverses solutions sur le marché peut rendre le choix d'un outil informatique compliqué. Le choix est d'autant plus important quand il s'agit d'un progiciel de gestion intégré (ERP). En fonction du domaine industriel de la SC, certains facteurs de comparaison apparaissent comme : rapidité, sécurité et traçabilité qui sont alors des notions prioritaires. (Lacombe, 2015).

Vérifier la couverture des systèmes S.I. Un système d'information doit couvrir l'ensemble des processus d'une entreprise en assimilant l'ensemble de ses fonctions, dont le management des ressources humaines, la gestion financière, ainsi que la distribution et la vente, l'approvisionnement et le e-commerce, etc.
Exploiter efficacement le système d'information. Pour qu'un système d'information soit efficacement exploité il faut réunir les critères suivants : L'exhaustivité, l'exactitude, la fiabilité, la forme et la précision, la sécurité des données. Chaque entreprise doit se doter d'un tableau de bord de pilotage afin de vérifier l'efficacité de son SI et rebondir pour l'améliorer.

III.1.2.6 Fonction « Concevoir le transport »

Le management du transport est une des fonctions importantes en management de la Supply Chain. Les décisions majeures concernent la sélection du mode de transport, le choix des transporteurs, la planification du transport et la consolidation des chargements. Nous aborderons par la suite le choix des modes de transport, la détermination des coûts ainsi que les choix de location/sous-traitance.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Déterminer le nombre et la localisation de ses différents centres de distribution : Les conditions de choix de la localisation des centres de distribution dépendent des acteurs. Pour un chef d'entreprise, le coût de stockage et les temps de livraison sont ses critères de préférence. Pour les entreprises de logistique, l'exigence la plus importante pour le choix est la "fiabilité" : respect des temps de parcours et du planning de livraison.

Le choix des modes de transport : Tout d'abord, le choix des modes de transport (il peut différer selon la destination) est dépendant des contraintes de mise à disposition des produits sur le marché.

Le choix du mode de transport est, en fait, induit par des décisions logistiques en amont concernant : La localisation des sites de production, la décision de transports couteux et rapides, mais avec des stocks minimums (Mode aérien), la décision de transports lents et à moindres coûts, mais avec des stocks importants en cours de transport (maritime).

Définir les coûts de transport : L'entreprise doit définir les coûts de transport jusqu'aux entrepôts en accord avec les positions des sources d'approvisionnement et des volumes de transport. Les coûts de transport peuvent être difficiles à prévoir car le transport représente un véritable marché et les tarifs fluctueront donc en permanence en fonction de l'offre et de la demande.

- **Les décisions Tactiques retenues :**

Déterminer, évaluer et regrouper les ressources de prestation : Une entreprise doit évaluer les prestataires qui doivent être équipés de moyens qui respectent les standards opérationnels en matière de transport, de satisfaction des clients, livraison des produits et matière premières, respect du temps etc…
Sélectionner les transporteurs et tarif d'expéditions : Tout acheteur de transport devrait se constituer une grille de comparaison et pondérer selon les exigences de son entreprise. Les principaux critères qui doivent y figurer sont les suivants : Le prix global de la prestation, le respect des délais, les contraintes de qualité et de délai. Ces éléments déterminent le niveau d'un prix acceptable.
Vérifier l'adéquation des livraisons avec les exigences : Pour répondre aux exigences de ses clients et contribuer à leur performance opérationnelle, l'entreprise doit développer un véritable savoir-faire logistique qui lui permet de livrer le bon produit au bon moment, partout et sur n'importe quel site de livraison.
Définir les ressources de transport : Les ressources du système de transport sont définies en fonction des modes de transport définis au niveau stratégique, tout en intégrant les caractéristiques du produits finis, capacité de remplissage de transport et sélection des transporteurs fiables.
Capacité des entrepôts et leurs dimensions : La conception d'entrepôts doit prévoir la capacité, l'organisation des différentes zones d'opérations et la répartition de l'espace. Dimensionner un entrepôt c'est tenir compte des composantes suivantes : réception, contrôle de qualité, adaptation des unités de charge, stockage, préparation de commandes et expéditions.
Vérifier l'alignement (équilibrage) des livraisons proposées avec les exigences : Aligner les livraisons avec les exigences de la stratégie est nécessaire. La quantité, les points de livraison, et autres critères doivent être respectés. L'usage de solutions d'optimisation permettent de rendre maximum le nombre de livraisons et être plus rapide en mettant en œuvre un plan de tournée optimal. Les itinéraires peuvent être réajustés en temps réel en fonction de l'impact des conditions de circulation ou encore de la météo sur le délai de livraison.
Définir les modalités de livraison (Cross Docking- plateforme intermédiaire) : L'organisme doit définir la politique de transport : l'entreprise doit décider si les livraisons aux clients se font de manière individuelle pour chaque client ou par regroupement de livraisons.

III.1.2.7 Fonction « Concevoir l'approvisionnement »

Cette fonction a pour but de répondre aux besoins de l'entreprise en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement. L'approvisionnement consiste à l'achat de la quantité des matières pour une période donnée qui seront revendues, transformées ou encore stockées. Nous présentons dans le paragraphe suivant les décisions retenues dans les niveaux décisionnels stratégiques et tactiques.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Identifier les sources d'approvisionnement : L'approvisionnement est l'ensemble des activités qui contribuent à l'achat des matières ou des services dont l'entreprise a besoin pour son fonctionnement. La logistique dans ce contexte est un processus qui intègre les taches suivantes : déterminer les quantités de commande, chercher les sources d'approvisionnement (fournisseurs, fabricants), faire les achats (passation des commandes) et gérer des magasins et des stocks de matières.

Détermination du nombre des fournisseurs : l'entreprise peut avoir un seul fournisseur ou un nombre réduit de fournisseurs pour augmenter le niveau de coopération, ou bien avoir un grand nombre de fournisseurs pour jouer sur la concurrence. Les composants peuvent être approvisionnés d'un fournisseur (mono fournisseur ou mono source) ou auprès de plusieurs fournisseurs (multi fournisseurs).

Choix des fournisseurs : Les fournisseurs sont choisis en fonction des prix, qualités de service, délais de livraison, proximité géographique et autres critères propres à l'entreprise. Le choix des fournisseurs est lié à l'activité d'approvisionnement. Trois catégories de critères existent pour choisir des fournisseurs : La capacité technique, l'état financier, la qualité du système, son service et l'historique des performances. Pour les produits ou les pièces externalisées, il faudra sélectionner un ou plusieurs fournisseurs.

Définir les contrôles internes L'amélioration en permanence d'un système de contrôle interne reste une obligation, c'est un moyen très efficace pour renforcer la bonne gestion de l'entreprise. Il est considéré un des moyens clés de la bonne gouvernance. Le contrôle interne est un outil permanent mis au point par l'organisme, et qui a pour objectif la maîtrise de l'ensemble des techniques et des processus mis en œuvre. L'entreprise doit intégrer le contrôle interne qui se matérialise par la mise en place de procédures, de méthodes et de règles.

Définir les Contrats : Dans un contrat de vente international, les obligations du vendeur et de l'acheteur en matière de transport doivent être précisées de façon claire dans le cadre d'un contrat avec l'entreprise, en ayant recours aux Incoterms initié par la Chambre de Commerce Internationale (ICC) en 1936.

- **Les décisions tactiques retenues :**

Planification des approvisionnements : selon le modèle SCOR, l'entreprise doit planifier la gestion des commandes de produit, cela figure dans le processus « Source ». Les exigences de commandes de produits sont déterminées et constituent la base pour un plan d'approvisionnement détaillé référence par référence à lancer auprès des fournisseurs.

Allocation des fournisseurs aux sites de production : Les fournisseurs retenus doivent être identifiés afin d'être affectés à l'approvisionnement des divers sites de production. Un responsable d'une entreprise peut trouver plusieurs fournisseurs, à lui de définir une allocation « optimale » des fournisseurs aux divers sites de production.

Choisir le mode de transport en cas d'urgence : Choisir un mode de transport (Flux amont) est d'une grande importance pour l'activité de la logistique et la SC, le transport assure l'expédition et la réception des produits quotidiennement. Le flux interne de production dépend des arrivées matières depuis les fournisseurs et en cas de problèmes des arrêts de lignes seront constatés. Les facteurs qui ont un impact l'acheminement des matières premières et marchandises doivent être analysés.

III.2. Elaboration de GRAILOG/EXP : grille de pilotage d'exploitation d la SC

III.2.1 Les fonctions de la SC retenues dans GRAILOG/EXP

Nous avons argumenté notre volonté de déconnecter la conception SC de l'exploitation SC. Ce choix se justifie par la possibilité prodiguée au décideur de faire usage du GRAILOG approprié à son besoin (GRAILOG/Cop ou GRAILOG/Exp). Notre modèle de référence se veut être modulaire afin que l'utilisateur final puisse piocher et l'utiliser en adéquation avec son besoin décisionnel. La grille GRAILOG Exp sert à piloter une SC, en incluant toutes les fonctions et les processus clés. Dans la grille GRAILOG/Exp conçue, nous avons débuté l'analyse par le modèle SCOR qui est incontournable dans une SC car il permet une visualisation par processus clé. SCOR tient compte des processus de base PLAN, SOURCE, MAKE, DELIVER, et RETURN. Pour enrichir la vision, nous avons ajouté des colonnes exprimant les « fonctions vitales » comme Gérer l'aspect commercial, l'industrialisation, Gérer le développement durable/responsabilité sociétale et Gérer la crise.
Toutes les fonctions de GRAILOG sont justifiées et référencées de la littérature par des référentiels de mesure de performance comme RSE, ASLOG, SCOR... et des normes comme l'ISO 9001.
Nous présentons dans ce qui suit le tableau III.7 la grille GRAILOG/EXP suivant les trois niveaux décisionnels stratégique, tactique et opérationnel qui visent à contrôler les opérations d'une SC.

Tableau III. 4 Elaboration de la grille d'exploitation GRAILOG de la Supply Chain

Fonctions / **Centres de Décision**	**Infos Ext**	**Gérer le commercial**	**Gérer l'industrialisation**	**Gérer les achats et l'appro**	**Gérer la qualité des composants et M.P**	**Gérer la Production**	**Gérer la qualité des P. F**	**Gérer les ressources techniques de production**	**Gérer les ressources humaines**	**Gérer le Développement durable et Responsabilité sociétale**	**Gérer les crises/risques**	**Gérer la distribution**	**Gérer les retours**	**Infos Int**
Niveau Stratégique **H =** 5 ans **P =** 6mois	Evolution du marché	Stratégie commerciale (DC) -Adopter une stratégie commerciale innovante. **(Chang,2015)** -Identifier le risque économique. **(Bou,2013)**	Stratégie d'industrialisation : -Productions multisites **(FEN,2016).** -Mode de fabrication des produits. (**VICIEN2011)**	Stratégie d'achat et d'approvisionnement -Stratégie de multi-sourcing / mono-sourcing. **(BAG,2013)** -Programme d'achat (articles, références, famille) **(Berrah 2002)** -Critères géographiques des fournisseurs et prestataires. **(ASLOG.Ch3.1.1)**	Stratégie qualité des composants et des matières premières -Sélection des fournisseurs (**Bakiri, 2005)**	Stratégie qualité du P. F -Réaliser le PIC **(SCOR. Plan/Lyonnet, 2015)**	Stratégie qualité du P. F -La traçabilité des produits. **(BAGLIN, 2013)**	Stratégie de gestion des ressources techniques -Investir en équipement, machine **(Bagholia, 2015**)	-Définir la culture éthique de l'entreprise. **(ASLOG.Ch1.4.4)** -Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement.	-Intégrer l'environnement dans la stratégie logistique(logistique verte) **(RSE.V:2018)** -Intégrer les contraintes logistique **(ASLOG.10.1.2)** - Intégrer les aspects sociétaux (handicapés, statu appentis). **(RSE.V.2018**) -Définir le risque environnemental (**Humez, 2008)** -Définir une politique verte de distribution et de Transport **(Ageron, al,2012)**	-Définir la politique de la gestion de la crise. **(Combalberd 2018)** -Pré-crise : définir le plan de prévention.**(CCIM 2020)** -Analyse de l'entreprise et son environnement. **(Bloch2012)** -Veille. (**VAN,2015)**	-Définir la Stratégie logistique aval : Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution **(BAG2013)**	La conception de la chaine de retour (**Ramezani et al.,2013)** -La sélection des sites de retour (**Ramezani et al.,2013)**	Bilan semestriel d'activité DG
Niveau Tactiques **H=**1 ans **P=**3 mois	Clients Commandes prévisionnelles	-Définir le plan prévisionnel commerciales (vision des ventes terrain). **(Bou,2013).** -Négocier les offres des clients. **(BAG,2013)** -Collecter et analyser des erreurs de prévisions. **(BAG, 2013)**	-Investissement du matériel industriel et formation. **(VICIEN,2011)** -Allocation équipement/sites. **(Berrah, 2002)** -Standardiser les composants et la modularisation **(ASLOG/Ch.2.1.4)** -Identification des machines des équipements. (Décider sur quelles machines chaque pièce sera produites) **(BAG,2013)**	-Définir les Politiques d'appro (Politique de suivi continu et politique de suivi périodique.) **(BAG,2013)** -Définir les modes d'approvisionnement (KANBAN par exp) **(Vallespir, 2004)** -Planning d'approvisionnement des pièces « MRP » **(EVALOG.Ch4)** /. (**ASLOG.3.2.3)** -Réapprovisionnement des entrepôts **(FEN,2016)** -Assurer la fiabilité des appros **(ASLOG.Ch.3.2.5)** -Négocier les réadaptations de charge. **(ASLOG.Ch3.1.3/ Berrah, 2002)**	-Définir le système de management et pratiques Qualité. **(ISO9001.4.2 : 2015/ASLOG. Ch10.1.1)** -Audit qualité internes. **(ISO9001.9.2 : 2015)**	- Réaliser le PDP **(Lyonnet,2015)** -Programmation de la production Et calcul des besoins net. (**Stadlter et Kilger, 2005/CRO2010)** -Gérer leniveau de stocks **(EVALOG.Ch.5/Berrah, 2002).** -Planifier le plan de charge. **(Lyonnet2015/Ducq,2007).**	-Contenu de SMQ **(ISO9001.2.5 :2015)** Respecter Délai de mise en œuvre **(CRO,2010).** -Revue de direction **(ISO9001.9.3.2 :2015)** -Déployer La traçabilité des produits**. (Bag, 2013)**	-Définir une politique de maintenance dans l'optique TPM **(*Total Productive Maintenance)* (BAG2013p.638)** - Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machine). **(Bagholia, 2015**)	-Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées. **(Bakiri 2005)** -Planification des plannings de ressources humaines **(Stadlter et Kilger, 2005)** -Conditions de travail et protection sociale **(ISO 26 000.6.4.4)** -Développement des pratiques de management équipes. (**ASLOG.Ch.1.4.9)**	-Sélectionner des sous-traitants et fournisseurs donnant les meilleures garanties sur le plan environnemental. **(RSE.V :2018)** -La sélection d'éco-fournisseurs. **(RSE.V :2018).** -Gérer l'environnement dans les différents stades de la fabrication du produit **(ASLOG.Ch10)** -La conformité aux réglementations environnementales **(ISO 26000).** -Eco conception **(ISO14000)** -Les 3Rs (Réduire, réutiliser recycler) (**Kafa,2013).** -Identification des nouvelles technologies avancées en support au respect de l'environnement. **(BAG,2013).** - Identification des technologies facilitatrices à l'inclusion des personnes handicapés **(ISO :26000).**	-Etablir un plan de gestion de crise. **(VAN2015)** -Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle...) **(CCFIM 2020)** -Mesure de précautions. **(CCFIM2020)** -Définir et analyser la crise, et de ses parties prenantes. **(Combalberd 2018)** -Traiter le risque de la délocalisation **(Combalberd 2018)** -Traiter le risque de la supplychain. **(Combalberd 2018)** -Relocaliser la production. **(Combalberd 2018)** -La gestion de la communication interne et externe. **(CCFIM 2020)** -Créer une cellule de crise.**(VAN2015/Hafyane2012)**	-Simulation du plan transport. **(MILION2015)** -Plan des besoins de distribution (DRP). (**Berrah2002/BAG, 2013)** et Prioriser les livraisons. **(Humez, 2008).** -Planning de livraison (**Ducq,2007/FEN,2016)** -Elaboration des contrats occasionnels avec les transporteurs et révision des contrats annuels. **(FIL,2012)**	-Gérer les incidents. **VRM/U1** -Gérer les réclamations clients. (Remarque et suggestions) **(ASLOG.Ch.8.2.1).** -Mise en place des moyens pour définir un plan de progrès. **(ASLOG.10.1.4)** -Maitrise de risque (**SCM.23/ISO9001.v 2015)**	Réclamations en cours, taux ruptures de retards

Niveau Opérationnel **H=**2semaine **P** = 1 jour	Formations sur les clients.	-Accepter les commandes **FEN2016/BAG 2013)** -Suivi des commandes **(FEN2016/BAG2013)**	-Mode de fabrication des produits. (**VICIEN2011)** -Valider les documents (**VICIEN2011)** -Intervention à court terme comme les urgences. (**VICIEN,2011)**	-Suivre le stock **EVALOG.Ch3** -Commande des matières premières. **(BAG2013)** -Confirmer la commande (**VRM/F2)** -Relance de fournisseurs (**Ducq et al., 2005)** -Echange de Données informatisé (EDI). **(EVALOG.Ch4)**	-Vérifier la conformité des produits **(ISO9001 :2015)** -Relance des fournisseurs en cas de défaut matières et établissement des clauses. **(ISO9001 :2015/BAG, 2013)**	-Planification ordonnancement des usines**. (FEN2016) / ASLOG.Ch4.1.2** -Dimensionnement des lots. -Lancer la fabrication. (**BAG2013p :540)** -Gérer l'emballage et le conditionnement. **(ASLOG.Ch2.1.8)** -Contrôle de l'atelier. (**LYONNET,2015)**	-Gérer les non conformités et actions correctives. **(ISO9001.10.2 : 2015)** -Maitrise des produits N.C **(ISO9001.8.7 : 2015)** -Contrôles et essais (**ISO 9001)** - Gérer les informations relatives de l'obsolescence des produits. (**ASLOG.Ch2.1 .10)**	-Contrôle des machines et entretiens (**BAG2013)** -Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation (**BAG2013)** -Gérer la maintenance préventive et curative. (**BAG2013)**	-Création d'emplois et développement des compétences **(ISO26 000.6.8.5**) -Affecter et gérer les ressources humaines. **(ASLOG.Ch.1.4.2)** -Gestion des effectifs. **(ASLOG.Ch1.4.3)** - Gestion de conflits -Arrangement à l'amiable -Application d'un règlement intérieur -Application de la loi (**code de travail**).	-Eco-production (lots) (**Brioual,2016**). - Usage de l'écoemballage. **(KAFA, 2013)** -Planification du Recyclage **(RSE.v :2018)**	-Mise en œuvre d'un plan d'action **(VAN2012)** -Constituer des stocks de sécurité **(Combalberd, 2018)** -Passer au télétravail. (Pour certains métiers) **(CCFIM, 2020)** -Gérer les salariés en temps de crise**. (CCFIM, 2020).** -Gérer la sortie de la crise. **CCFIM 2020 /Combalberd2018)** -Définir le plan de continuité. **(CCIM,2020)** -Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image. **(Foudhaili2015)** -Restitution des données relatives à la situation de crise.**(VAN2012)** -Réfléchir de nouveau au Business model. **(CCFIM 2020)**	-Installer le produit **(SCOR.Sd2.14)** -Planning des tournnées (**FEN,2016)** -Allocation des moyens de transport aux sites**. (BAG2013)** -Gestion de stockage du P.F. **(EVALOG.ch6/SCOR.Sd2.8)** -Sélections d'itinéraires. -Ordonnancement et consolidation du transport (**BAG2013)** -Préparer **(SCOR.Sd2.5)** -Procédures d'expédition **(EVALOG.Ch6)** -Gérer le conditionnement et emballer le produit **(VRM/B5/SCOR.Sd2.10 ASLOG.6.1.3))** -Recevoir et vérifier le produitpar le client (**SCOR.Sd2.13)** -Facturer **(SCOR.sD2.15)** -Lancer la livraison **(SCOR.Sd2.12**	-Acceptation et validation des commandes (**BAG,2013)** -Analyse et traitement de commande (retardées ou bloquées (**ROUX,2011)** -Contrôle des produits. **(LYONNET 2015).** -Emission des avoirs (**BAG,2013)** -Contrôle Qualité. **(LYONNET, 2015)** -Révision du plan prévisionnel **(FEN,2016)**	
		GC	**GI**	**GAA**	**GQM**	**GP**	**GQP**	**GR**	**GRH**	**GDRS**	**GC**	**GD**	**GR**		

III.2.2 Explicitation des contenus des fonctions et leurs décisions :

III.2.2.1 Fonction « Gérer le commercial »

La gestion commerciale consiste à piloter la SC en adéquation avec le marché et les clients. En fixant un prix de vente, en suivant l'évolution des stocks, en accédant aux informations d'un client, d'un fournisseur, la fonction commerciale peut apporter des indices sur la tendance du marché et la situation de la SC au regard des produits qu'elle propose et des clients qu'elle a. La fonction commerciale permet aux donneurs d'ordres de prendre des décisions sensibles selon les trois niveaux décisionnels.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Adopter une stratégie commerciale innovante. Une stratégie commerciale innovante a pour objectif de rendre la rentabilité de l'entreprise assurée sur une période définie. Cette stratégie doit tenir compte des ressources disponibles (ou potentielles) et les marchés en vigueur. L'innovation commerciale est caractérisée par la mise au point de nouveaux services, processus ou produits pour avoir un effet positif sur son activité, son image de marque, son offre et le portefeuille produit qui s'en trouvera amélioré (Chang, 2015). Toute stratégie de communication commence à déterminer sa cible marketing, qui désigne un ensemble de clients potentiels qu'une entreprise peut conquérir et les fidéliser par la suite.
***Identifier le risque économique*.** L'analyse du risque économique d'une entreprise permet de mesurer les capacités d'une société à résister devant la concurrence. La mesure du seuil de rentabilité dit « Point mort » permet à l'entreprise de mieux appréhender la faisabilité de tel ou tel projet. La gestion des risques permet d'identifier des activités non rentables, repérer les risques à traiter en priorité et la mise au point de stratégies pour contrer ces risques. Les entreprises qui peuvent identifier les risques seront mieux préparées, et outillée pour mieux affronter et plus tard anticiper ces risques

- **Décisions tactiques retenues :**

***Définir le plan prévisionnel commercial (vision des ventes terrain*).** Le plan prévisionnel des ventes est un document qui spécifie la quantité de produit que la société pense commercialiser au cours d'une période donnée. Ce document facilite de faire sa planification de la production en adéquation avec les prévisions établies et permet aussi d'optimiser la gestion de ses stocks.
***Négocier les offres des clients*.** Le déroulement de la négociation des offres des clients se fait en trois phases : Le recueil des informations sur le client. La préparation technique du dossier et l'élaboration d'une stratégie de négociation. Avant toute négociation, on peut établir une liste des critères qui sont les plus pertinents pour l'entreprise. Une décision sur les points intransigeants et les points sensibles doit être établie. Evidemment, un compromis doit être trouvé concernant les points critiques pour pouvoir avancer.
Collecter et analyser des erreurs de prévisions. La mesure des erreurs de prévision et donc l'analyse des anomalies et des pertes marchées ou clients doivent être surveillées. Une telle information statistique, rigoureusement établie, constitue la vraie mesure de performance de l'ensemble du processus de prévision et permet d'éviter des erreurs. Il est possible d'agréer ou au contraire de remettre en cause tout ou partie du processus et d'évaluer les impacts d'éventuels changements. La mesure de l'erreur de prévision typique est de plus une information quantitative-clef pour paramétrer les stocks de sécurité de l'entreprise

- **Décisions opérationnelles retenues :**

Accepter les commandes. A partir des prévisions de l'entreprise en matière de consommation de la matière première à consommer pour une période donnée la SC accepte et passe la commande à des fournisseurs.
Suivi des commandes. Il s'agit de l'ensemble des étapes nécessaires pour acheminer un produit commandé jusqu'au magasin : appel d'offre, évaluation des fournisseurs, transport vers l'entreprise, contrôle qualité du produit et son stockage.

III.2.2.2 Fonction « Gérer l'industrialisation »

C'est la mise en place et la conception des processus de fabrication (moyens, humains et matériels) de produits qui peut s'effectuer dans une chaîne de production avec des techniques permettant une productivité acceptable pour assumer la cadence de production prévue. Elle permet de formaliser et hiérarchiser les modes de production. Lorsque le produit est défini, l'ensemble des plans et des exigences est transmis au Bureau des méthodes chargé de déterminer le processus de fabrication. Il décidera des machines, équipements et outillages dédiées à la production des composants de la nomenclature produit.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Stratégie d'industrialisation : Productions multisites. L'élaboration de la stratégie d'industrialisation doit se fonder sur un diagnostic du secteur industriel qui identifie les secteurs clés et les secteurs à promouvoir. Une telle stratégie doit déterminer le lieu du site ou les sites pour la production.

Mode de fabrication des produits. Le mode de fabrication désigne la méthode dont les différents éléments de fabrication (ressources matérielles ou humaines nécessaire au processus de fabrication) sont bien organisés pour fabriquer un produit. Le choix du mode de production fait partie de sa stratégie. Les procédés doivent être définis, ainsi que les différents modes production : unitaire, par lot, en série, en continue.

- **Décisions tactiques retenues :**

Investissement matériel industriel et formation. Les investissements (achat de machines, de bâtiments, équipements…) sont considérés comme étant des dépenses nécessaires qui ont pour objectifs de maintenir ou d'augmenter le potentiel de production de l'organisme, en particulier son capital technique. Ce matériel doit répondre au besoin de l'entreprise en qualité et quantité avec un coût faible de production et un ROI acceptable. Le personnel doit avoir les compétences requises et être qualifié pour une meilleure utilisation de cet équipement, et pouvoir assurer une maintenance efficace pour prolonger la durée de vie des équipements et matériels.

Allocation équipement/sites. L'entreprise doit spécifier les équipements adéquats à acquérir sur un site de production. Un donneur d'ordre peut avoir plusieurs équipements qui répondent aux besoins. Il doit trouver une allocation « optimale » des équipements aux divers sites de production.
Standardiser les composants et la modularisation. La standardisation permet la satisfaction de plusieurs besoins par un seul produit. Son objectif est de diminuer le nombre de références à gérer et d'augmenter les quantités de composants avec les conséquences de réduction de la complexité dans le système de fabrication. Ainsi, dans cette fonction d'industrialisation, la standardisation permettra une simplification des gammes de production et une flexibilisation des lignes de production.

Identification des machines des équipements. Une fois le produit défini l'entreprise doit penser le procédé, identifier et acquérir un équipement industriel de bonne qualité. Ces équipements sont indispensables afin d'assurer la fabrication et l'assemblage du produit défini.

- **Décisions opérationnelles retenues :**

Valider les documents. L'objectif de la validation des documents est de faire évoluer des documents afin de les utiliser, les archiver ou les publier. Elle consiste de suivre toutes les phases depuis la création du document sa jusqu'à la version finale. Les étapes d'un circuit de validation des documents (modification, validation, archivage, …) diffèrent en fonction des besoins de chaque entreprise, et chaque service. Une attention particulière est nécessaire afin de bien tracer la documentation et être capable de retrouver les éléments en cas de problèmes de lots ou de défaut produit.
Intervention à court terme comme les urgences. L'élaboration des plans d'interventions à court terme (comme les urgences) devraient être considérés comme une activité permanente. Cette activité permet d'expérimenter et d'affiner les plans qui existent et d'intégrer aussi de nouveaux partenaires si les interventions requièrent un partenariat.

III.2.2.3 Fonction Gérer « les achats et l'approvisionnement »

Cette fonction correspond au processus SOURCE de modèle SCOR. Cette fonction est capitale dans une SC. Les entreprises se concentrent sur leurs savoirs faires métiers et délèguent certaines fabrications à des tiers. Ces fournisseurs sont responsables de la fourniture de pièces nécessaires dans les nomenclatures. Sans fiabilisation des approvisionnements, la SC est fragile. La fonction « achat et approvisionnement » est vitale, elle permet de faire une évaluation et sélection des fournisseurs et traiter les étapes afin d'acquérir les produits souhaités aux points de livraisons négociés.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Stratégie de multi-sourcing / mono-sourcing : les professionnels des achats adoptent une approche multi-fournisseurs afin de se prémunir contre les risques de pénuries ou de ruptures. La pression concurrentielle exercée sur les fournisseurs, l'accès aux compétences spécialisées et la recherche de la meilleure performance permet de nos jours de faire rivaliser des compétences égales et sélectionner des fournisseurs intéressants. Il est rare qu'une entreprise se limite à une source unique sauf pour des produits très spécifiques et de haute technicité (comme c'était le cas en aéronautique y'a quelques années). Dans le cas de produits dont la demande est volatile et donc nécessitante des stocks de sécurité élevés, on peut imaginer un système avec deux fournisseurs ou plus (multisourcing). Un premier fournisseur chargé de livrer des quantités stables pour faire face à la fraction de la demande sans variabilité. Au deuxième fournisseur, dit de « dépannage », on attribue la fraction de la demande variable.

Programme d'achat (articles, références, famille). Dans un environnement de pression concurrentielle importante, des économies d'échelle peuvent être réalisées avec des grands volumes d'approvisionnement. Diminuer les coûts d'achat peut améliorer la marge bénéficiaire des entreprises. Un programme d'achat doit être bien défini par famille, par référence afin de clarifier les points sur lesquels une économie d'échelle peut être réalisé tout en maintenant les exigences qualités des composants et MP fournisseurs.

Critères géographiques des fournisseurs et prestataires. L'entreprise choisit les fournisseurs et prestataires en tenant compte du nombre et de la localisation de ses sites, en vue d'optimiser le service, la rentabilité et la flexibilité. Les éléments clés du service sont fixés comme l'organisation du transport, les délais douaniers, le coût de transport. (Décision détaillée dans la section précédente dans la grille de GRAILOG/Cop).

- **Les décisions tactiques retenues :**

Définir les politiques d'approvisionnements. La politique d'approvisionnement est un élément majeur de la performance d'une entreprise, on peut la définir comme une activité permettant de garantir la maîtrise des marchandises en termes de quantité, qualité, coûts et respect des approvisionnements. Les entreprises doivent choisir et définir la politique et les paramètres de gestion du stock de façon optimum pour optimiser l'efficacité de la commande. Les différentes méthodes de gestion des stocks peuvent être regroupées en deux catégories : le suivi continu (Quantité fixe à date variable avec point de commande ou stock d'alerte et le suivi périodique) et le suivi périodique (Quantité variables à date fixe). Une quantité économique peut être calculée afin de représenter la référence de commande pour les références devant être traités par suivi périodique.
Définir les modes d'approvisionnement (KANBAN par exp). Cette méthode de gestion des flux dans les ateliers, entre les ateliers, et même entre fournisseurs et clients, s'oppose aux méthodes traditionnelles d'ordonnancement qui s'appuient sur des lancements effectués sur prévision de lots de tailles prédéterminées. Elle permet de tendre le flux et réduire les niveaux des stocks dans les ateliers et sur les plateformes de réceptions de MP.
Planning d'approvisionnement des pièces « MRP » L'application du MRP se traduit par une masse considérable de calculs qui engendrent des milliers d'ordres de fabrication et d'achat qu'il faut contrôler et dont il faut suivre la réalisation. Souvent réalisé par l'ERP de l'entreprise, la fiabilité des ordres dépend fortement de celle des données utilisées (prévisions de vente, capacités des postes de charges ou machines, nomenclatures, gammes de fabrication) qui doivent être tenues à jour avec le plus grand soin. Une fois le planning connu et fiable, il est utile pour lancer les Ordres d'Achat périodiquement en fonction des besoins calculés sans encombrer les entrepôts.
Réapprovisionnement des entrepôts. C'est une activité qui permet de reconstituer le stock dont le but est d'éviter les ruptures. C'est un processus qui permet de ravitailler après réception de nouveaux produits envoyés par les fournisseurs ou les sites de production. Il peut également s'agir de transfert des matériaux, de rayonnages de stockage vers les rayonnages de picking.
Assurer la fiabilité des approvisionnements. Les fournisseurs qui génèrent régulièrement des produits non conformes en termes de délais ou quantités doivent être clairement identifiés afin de réaliser un monitoring adapté. Des actions sont engagées (pénalités, relances) pour améliorer leur fiabilité. Si les progrès ne sont pas significatifs dans un délai raisonnable, de nouveaux fournisseurs sont recherchés pour les remplacer**.**
Négocier les réadaptations de charge. Il est souvent nécessaire d'établir des négociations des offres avec les fournisseurs retenus. En fonction des réponses reçus, les acheteurs s'entretiennent avec les fournisseurs pour d'éventuelles réadaptations et améliorations de prix, délais, conditions de livraison.

- **Les décisions opérationnelles retenues :**

Suivre le stock. Le contrôle du stock et son suivi est utilisé pour mettre en évidence quel est le volume du stock en temps réel et assurer le suivi. Il est appliqué à tout produit qu'il soit fabriqué ou fourni depuis les matières premières jusqu'aux produits finis. Ce contrôle couvre le stock à

chaque étape du processus de production, de l'achat et de la livraison à l'utilisation et au réapprovisionnement du stock.

Commande des matières premières Le processus d'approvisionnement est l'ensemble des activités prises par l'entreprise en vue d'acquérir de biens. Pour gérer les commandes, il faut monitorer le processus depuis la passation de commande, relance des fournisseurs, vérifications des exigences qualités, control à la réception. Dans cette étape, la passation de commande doit être négociée avec le fournisseur afin de connaitre les modalités de passation, les stabiliser et les pratiquer par la suite.

Confirmer la commande. Une commande vérifiée aide le client à éliminer tout risque de malentendu. Il est nécessaire que l'organisme réalise le service demandé. C'est pour cette raison que les confirmations de commande doivent être rédigées correctement et avec pertinence.

Relance de fournisseurs. La relance permet d'établir un suivi pour éviter des ruptures d'approvisionnement et des arrêts de lignes en production. La relance permet également aux fournisseurs de confirmer les ordres d'achat pour chaque activité qui est déjà matérialisée dans un document d'achat (contrat, commande, programme de livraison). Cette étape permet de collecter, à des fins de relance, les documents d'achat pour lesquels aucune confirmation n'a été émise.

III.2.2.4 Fonction Gérer « la qualité des matières premières et composants »

Elle consiste à vérifier les caractéristiques par rapport aux cahiers de charges définie par le service approvisionnement. Nous relatons dans ce qui suit les différents éléments décisionnels retenus.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Sélection des fournisseurs. La première décision est de sélectionner les fournisseurs sur la base d'une évaluation de leur capacité de ses fournisseurs à fournir le produit ou la prestation attendue. Les critères d'évaluation doivent être définis. Ils peuvent être différents lorsqu'il s'agit d'un nouveau fournisseur ou d'un fournisseur régulier pour lequel l'historique des relations laisse présager des critères en vigueur à utiliser. Cette décision rejoint la décision de sélection des partenaires de la SC de la grille de conception.

- **Décisions Tactiques retenues :**

Définir le système de management et pratiques Qualité. L'entreprise doit définir un système de management de la qualité afin de démontrer que l'organisme est capable de fournir régulièrement les prestations ou les produits conformes aux attentes des clients et de la réglementation et capable de mettre en place une amélioration continue du système management (ISO 9001, 2015).

Audit qualité internes. Ce contrôle interne répond en premier lieu au souci d'optimisation des opérations. En particulier le contrôle des procédures et leur application doit être un point de vigilance. Les deux piliers du contrôle interne sont la fiabilité des informations et le respect des lois et réglementations en vigueur.

- **Les décisions opérationnelles retenues :**

Vérifier la conformité des produits. L'entreprise doit vérifier la conformité et s'assurer que les éléments élaborés (descriptifs, nomenclatures, plans…) répondent au cahier des charges. La vérification doit être enregistrée, et souvent faite document par document et matérialisée par une signature physique ou électronique du document. (ISO9001, 2015)

Relance des fournisseurs en cas de défaut matières et établissement des clauses. Dans le cas de défaut de matière, il est important de notifier l'état de la matière acheté dans un délai définis dans le contrat avec le fournisseur. Selon les conditions d'achat, il est possible de demander un avoir ou un remboursement ou un remplacement de la matière en question. Si les produits sont non conformes il est aussi possible de négocier, à titre dissuasif pour le fournisseur, et de lui renvoyer les non conformités à ses frais.

III.2.2.5 Fonction Gérer « la production »

Elle consiste, bien entendu, à combiner des moyens matériels (ateliers, entrepôts, machines et équipements), des moyens humains (personnel compétent et formé) et les matières (matières premières, matières consommables) dans un programme commun, organisé et échelonné dans le temps afin d'assurer la fabrication du produit en qualité et quantité et en temps voulu.

- **Les décisions stratégiques retenues :**

Réaliser Le PIC (Plan Industriel et Commercial). Le PIC a pour objectif l'adaptation des moyens (main d'œuvre qualifié et de stocks disponible) aux besoins de production pour la satisfaction de la demande en quantité et qualité demandées. Elle est assurée collectivement par la direction de la production, et la fonction commerciale en se basant sur le carnet de commandes et des prévisions du service commercial. C'est une projection à long terme afin de donner une traduction chiffrée des ressources nécessaires à mettre en place au regard du marché.

- **Les décisions tactiques retenues :**

Le programme directeur de production PDP. Le PDP a pour objet d'assurer le respect des délais tout en minimisant les coûts. Ce dernier utilise les prévisions de vente et les données techniques pour proposer un programme de production conforme aux besoins et aux capacités. Il représente une vue désagrégée du PIC après son éclatement. Il spécifie mois par mois, par famille de produits, les prévisions des ventes et les objectifs de production.
Programmation de la production et calcul de besoin net. La procédure de calcul des besoins nets permet de déterminer pour chaque article (référence de produit) la quantité et la date des lancements nécessaires ou des commandes à passer aux fournisseurs à travers les ordres d'achat. Il est possible de procéder aux regroupements des commandes ou des lots pour diminuer les couts de lancement ou de commandes selon les règles choisies par l'utilisateur.
Niveau de stocks. Le stock de sécurité se caractérise par le niveau de stock qui permet d'éviter les ruptures de stock dues à des aléas (produits non conformes à la demande, retards de livraison plus, etc.). Dans certains secteurs d'activités, ce niveau de stock de sécurité est discuté et peut même être élevé afin de permettre un taux de service élevé.
Planifier le plan des charges **:** On définit un plan de charge prévisionnelle effective en fonction du calcul des besoins nets. Ce plan est un outil du pilotage des moyens (les ressources, matérielles, humaines et temporelles), il permet de faciliter la planification et optimiser l'affectation des ressources, et avoir une vision synthétique de leur prévision. Le principe du plan de charge est de répartir de façon optimale la charge du travail.

- **Les décisions opérationnelles retenues :**

Planification ordonnancement des usines, l'ordonnancement se fonde sur les données de position temporelle des ordres de fabrication (dates au plus tôt et au plus tard) pour proposer un ordre de passage des lots sur les machines et un jalonnement prévisionnel. L'analyse de la position des lots dans l'atelier permet de calculer la charge actuelle et prévisionnelle au niveau

des ressources, de faire un suivi des entrées et des sorties de charge et donc de prendre des décisions d'ajustement à court terme de la capacité. Notons que souvent cette fonction est traitée dans un logiciel séparé interfacé avec (de type APS par exemple ou MES) l'ERP.

Dimensionnement des lots. On entend par lot de production une certaine quantité de produit à lancer en production à fabriquer à l'aide des machines. Le problème de dimensionnement des lots se résume à déterminer la quantité des produits à fabriquer à l'intérieure pour 'une période donnée en considérant les couts de mise en course. Son objectif est de trouver une planification de production qui réduira le coût total.

Lancer la fabrication. Après avoir défini un ordonnancement de manière centralisée ou retenu des règles locales de priorité. Le responsable vérifie la disponibilité en stock des composants nécessaires, des machines, de l'outillage et du personnel et démarre la production afin de lancer les ordres de fabrication. Ensuite, il devra suivre le cheminement de ces ordres dans tout l'atelier et réagir lorsqu'un problème survient (panne d'une machine, opérateur absent, produit défectueux).

Gérer l'emballage et le conditionnement. L'emballage est une activité d'une grande importance de la logistique. La standardisation des emballages est étudiée avec soin, ainsi que la possibilité de ré-emploi. Si l'on doit dimensionner un parc d'emballages ré-employables, une méthodologie précise est appliquée. L'emballage permet une personnalisation après coup si elle est nécessaire. Dans les cas ou des emballages perdus sont concernés, l'impact environnemental de leur destruction est étudié avec soin et pris en compte.

Contrôle de l'atelier. Cette décision a pour objectif d'évaluer le volume du stock à un moment donné et d'indiquer comment en faire le suivi. Ce contrôle s'étend à tout produit et composant utilisé pour produire un article jusqu'aux biens finis. Cela concerne le stock à chaque étape du processus de production, de l'achat et de la livraison. Il entre dans les concepts de réduction des coûts de fabrication (méthode Lean manufacturing, juste- à- temps, MRP).

III.2.2.6 Fonction « Gérer la qualité du produit fini ».

Gérer la qualité d'un produit consiste à vérifier par des moyens appropriés s'il est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies par le client et intégrant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Traçabilité des produits La traçabilité est définie comme un moyen de retrouver l'historique, localisation ou l'utilisation d'un article ou d'une activité, ou d'articles ou d'activités semblables, au moyen d'une identification enregistrée (ISO 8402). L'entreprise doit suivre et mettre au point des outils pour suivre, détecter et retrouver le produit durant son cycle de vie.

Décisions tactiques retenues :

Contenu de SMQ. Le contenu doit être construit en conformité avec ISO 9001, il doit être supporté par une description écrite. Il doit être appliqué et doit évoluer en fonction des nécessités. L'organisme doit en permanence améliorer son efficacité. Pour cela, il est nécessaire d'analyser le fonctionnement de son organisme et de définir les processus qui permettent de réaliser un produit et une prestation conforme aux exigences de satisfaction client.

Respecter Délai de mise en œuvre. Il est absolument important de garantir le respect du délai de livraison avec les bonnes quantités promises au client en respectant le cahier de charge.

Revue de direction. L'entreprise doit, à intervalles planifiés, faire réaliser une analyse appropriée de son système de management qualité pour avoir la garantie qu'il demeure pertinent et efficace et adéquat.
Déployer la traçabilité des produits Lorsqu'un défaut est détecté, il faut d'une part retrouver rapidement l'origine du défaut pour l'éliminer et d'autre part, limiter son impact sur les utilisateurs et assurer les techniques de contrôle qualité selon le cahier de charge.

- **Décisions opérationnelles retenues :**

Gérer les non conformités et actions correctives : Quand un produit est détecté non conforme (NC) aux exigences, il est nécessaire de le repérer, de l'exclure du système afin qu'il ne soit pas involontairement utilisé ou fourni au client. Une procédure écrite doit définir les contrôles à réaliser, ainsi que les responsabilités et les pouvoirs de décision concernant la gestion des produits non conformes.
Maitrise des produits N.C : Pour traiter un produit non conforme, il existe deux possibilités : Le remettre en conformité, c'est la solution idéale, mais elle n'est pas toujours possible. Dans ce cas, il faut le recontrôler pour être certain qu'il est désormais conforme. Ou alors, accorder une dérogation permettant sa livraison ou pas, son utilisation ou son acceptation. Celle-ci doit être accordée par une personne compétente ou éventuellement par le client.

Contrôles et essais. Le système de management qualité doit prévoir des outils et des techniques pour un contrôle de produit ou essai afin de garantir la conformité au cahier de charge.
Gérer les informations relatives de l'obsolescence des produits : Une fois les causes potentielles d'obsolescence technique ou commerciale identifiées, le service Bureau d'études prend en compte tous les aspects concernant la gestion des stocks avant de déterminer la date d'application de l'obsolescence. Une procédure de gestion de ces produits doit être mise au point.

III.2.2.7 Fonction « Gérer les ressources techniques de production »

Le rôle de cette fonction est de mettre en œuvre des savoir-faire, des méthodes de travail, des modes d'organisation pour assurer au système de production l'ensemble des moyens techniques (machines, installations) nécessaires.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Investir en équipement, machine. Les besoins en espace et en équipements dépendent des modes d'organisation et de l'implantation envisagée. Ainsi les investissements en matériels auxiliaires des équipements de fabrication représentent toujours une action capitale. L'évaluation de la rentabilité de l'investissement engagé pour une implantation devra inclure également l'incidence de la modification du besoin en fonds de roulement associé.

- **Décisions tactiques retenues :**

Définir une politique de maintenance dans l'optique TPM (Total Productive Maintenance) : Le bon fonctionnement de l'outil de production est un des objectifs prioritaires de l'entreprise, particulièrement pour les processus continus et les entreprises fonctionnant en Juste à temps où la fiabilité de production doit être élevée pour soutenir la logique du flux tendu. L'entreprise doit définir une politique de maintenance pour améliorer l'efficience globale des installations et pour anticiper les arrêts de production.

Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machine : L'entreprise doit déterminer les moyens humains et matériels pour assurer le bon fonctionnement du service de maintenance : budget, outils techniques de diagnostic et surveillance, formation du personnel.
Contrôle des machines et entretiens : Le service de contrôle des machines a pour objectif la maintenance préventive et curative pour réparation des matériels ainsi que la gestion des pièces de rechange. Ce service a donc un rôle fondamental dans le taux de disponibilité des équipements. Les prérogatives de ce service s'étendent souvent à la gestion des fluides et de l'énergie ainsi qu'à l'entretien des locaux et aux travaux neufs. Il peut aussi être en charge de la maintenance des outillages.
Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation. Les activités de maintenance considérées comme premier niveau ne nécessite pas une gestion complexe. Elles ne nécessitent que peu de pièces ou de consommables et un contrôle simple. Ces activités sont basiques en préventif de type graissage, contrôle de niveau, relevé de compteur, ou en correctif (remplacement de pièce simple…). Elles sont réalisées sur des composants faciles d'accès et ne posant pas de problème de sécurité particulier, le personnel peut être non spécialisé. Les opérateurs destinés à les réaliser suivent les instructions visuelles de travail.
Gérer la maintenance préventive et curatif. La gestion de la maintenance préventive est une décision qui concerne le volume de maintenance que l'on engage. Globalement, plus on fait de maintenance préventive, moins il y aura de pannes. Mais elle ne supprime pas totalement les risques de pannes. La maintenance curative est une opération qui permet de remettre un équipement en état de fonctionnement et qui s'opère après qu'il y a eu un arrêt pour cause de panne.

III.2.2.8 Fonction « Gérer les ressources humaines »

Elle Consiste à sensibiliser et responsabiliser des personnels aux objectifs définis par l'organisme l'encadrement qui doit fédérer l'ensemble des ressources humaines et les adapter régulièrement pour atteindre les objectifs. Nous abordons les décisions liées à cette fonction selon les trois niveaux décisionnels.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Définir la culture éthique de l'entreprise. Le travail en équipes autonomes développe non seulement la performance collective, mais aussi la performance individuelle des membres du groupe. La notion d'éthique d'entreprise doit définir les valeurs de développement et de production adoptées par l'entreprise. Ces valeurs éthiques doivent être comprises de chacun.

Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement. Les tendances introduites par les évolutions sociétales et économiques imposent l'alignement de la stratégie RH et celle de l'entreprise. Le processus de recrutement et la préparation finale de cette étape sont prioritaires pour trouver des collaborateurs efficaces qui vont s'intégrer facilement aux équipes et qui disposent de toutes les compétences requises.

- **Décisions tactiques retenues :**

Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées. La gestion des compétences est une activité centrale pour améliorer la performance de l'entreprise. L'amélioration des savoirs, savoir-faire et savoir-être permet aux salariés de mener leurs missions avec un objectif d'excellence et d'être adaptés aux taches exigées. Ce capital humain procure à

l'entreprise une agilité et une adaptabilité à condition qu'il y ait une bonne adaptation du nombre de ressources à allouer aux tâches exigées. Cela permettra de faire face aux aléas et de saisir de nouvelles opportunités.

Planification de ressources humaines. Planifier les ressources humaines c'est définir les moyens humains et matériels dont l'entreprise aurait besoin, puis organiser dans le temps et avec une optimisation de ces ressources, le planning. C'est un élément clé de réussite pour les entreprises. L'efficacité d'une planification des ressources humaines aide les entreprises à atteindre leurs objectifs. Le service RH prend en charge généralement la gestion des plannings dans une entreprise. Le planning est considéré comme un outil de management dans le temps pour prévoir les besoins et l'utilisation des moyens disponibles dans l'entreprise.

Conditions de travail et protection sociale : *Le* personnel d'une SC doit se soumettre aux aspects spécifiques de la politique en matière de conditions de travail et de sécurité, sur la base de critères logistique. Des indicateurs adaptés sont mis en place et montrent des progrès en la matière. Chaque fois que cela est possible, du personnel logistique est intégré dans les groupes de travail constitués dans l'entreprise sur ce sujet.

Développement des pratiques de management équipes : L'efficacité d'une équipe ne tient pas simplement aux compétences présentes au sein de cette dernière. Le manager doit être conscient des différentes étapes d'évolution d'une équipe, de sa constitution à sa vitesse de croisière optimale. Il doit ainsi être capable d'accompagner chacune de ces phases en adoptant la posture managériale adéquate afin que sa pratique de management soit gage du bon fonctionnement du groupe.

- **Décisions opérationnelles retenues :**

Création d'emplois et développement des compétences : Dans le cas où l'investissement dans les compétences est insuffisant, l'investissement dans l'augmentation des connaissances et la formation est un levier décisionnel important. Les stratégies de création d'emploi ou de développement des compétences doit tenir compte de : la mise en adéquation des compétences le perfectionnement des compétences. Une connaissance fine de la cartographie des compétences interne doit être constituée afin de vérifier les affectations de formation possibles pour des évolutions de postes ou des recrutements nécessaires, le cas échéant.

Affecter et gérer les ressources humaines : Une analyse de charge prévisionnelle permet de connaitre à l'avance et de façon assez fiable, les besoins en personnel. Des actions préventives sont mises en place de façon à lisser la charge et à réduire l'amplitude des écarts d'activité. Le personnel est motivé et participe au progrès.

Gestion des effectifs : Dans une entreprise la gestion des effectifs est l'une des notions clés du succès, car l'humain y tient une place primordiale. Lorsqu'on dispose d'équipes performantes et de collaborateurs épanouis dans leur travail, l'entreprise augmente sa compétitivité sur le marché, sa capacité d'innovation et ses objectifs commerciaux. Une gestion efficace des effectifs permet à l'entreprise de maitriser : les entrées et les sorties des salariés, leurs évolutions de contrat, leurs évolutions de postes et leur mobilité interne, les évolutions à la fois personnelles et professionnelles. La gestion des effectifs permet à l'entreprise de mesurer ses activités par indicateurs et ainsi d'apporter une visibilité à sa stratégie de ressources humaines.

Gestion de conflits. Lorsque on ne maitrise pas un conflit il peut y avoir peut avoir des conséquences non négligeables en entreprise : retard de livraison, rentabilité en chute, perte de l'image de marque auprès des fournisseurs et clients, la démotivation des équipes. Il est important de ne pas laisser la montée des tensions prendre le dessus et engager impérativement des actions pour gérer ces conflits. L'encouragement du dialogue, comme dans toute relation, est considéré comme élément essentiel pour dissoudre les conflits. Échanger permet d'éviter les conflits et réduire des tensions latentes.

Arrangement à l'amiable. Dans la mesure du possible, il faut éviter de porter un litige devant les tribunaux. Au contraire, un règlement à l'amiable peut être avantageux pour toutes les parties, d'autant plus qu'à faible coût.
Application d'un règlement intérieur : L'employeur établi un document qui précise certaines règles de conduite dans l'organisme et les sanctions encourues. Il est également unique à chaque entreprise et doit être pensé contextuellement à chaque entreprise.

III.2.2.9Fonction « Gérer la responsabilité sociétale et le développement durable »

Cette fonction désigne la prise en compte par les organismes, sur une base volontaire, des enjeux, sociaux et éthiques dans leurs activités. Par conséquent, le RSE est également inclus dans la mise en œuvre en entreprise des principes de développement durable, en intégrant les trois piliers environnementaux, social et économique.

- **Décision stratégiques retenues :**

Intégrer l'environnement dans la stratégie logistique (logistique verte). Appelée Green supplychain, cette démarche cherche à réduire l'effet de ses opérations sur l'environnement et vise à minimiser ses impacts environnementaux durant le cycle de vie du produit : conception, achats, fabrication (à ses différents stades), logistique, emballages, distribution et recyclage. De ce fait, la gestion de la SC devient un gisement majeur d'opportunités d'optimisation et d'amélioration pour à la fois protéger l'environnement et réaliser la performance globale (économique, sociale et environnementale) et durable.
Intégrer les contraintes logistiques. L'entreprise doit tenir compte des différentes contraintes exigées par les clients : Coût, délai, qualité, environnement, distance. L'entreprise qui aspire à être considérée dans la sphère RSE se doit être certifiée aux normes ISO 14000.
Intégrer les aspects sociétaux (handicapés, statu appentis). C'est un phénomène qui désigne l'interaction entre les spécificités de l'entreprise et les caractéristiques corporelles d'une personne. Pour les personnes handicapées, il faut inclure l'aspect social, et surmonter les difficultés auxquelles elles sont confrontées.
Définir le risque environnemental. La norme « ISO 31000 : 2009 » définit la notion de « risque lié à l'environnement », la désignant comme étant « la possibilité qu'un événement survienne et dont les conséquences (ou effets de l'incertitude) seraient susceptibles d'affecter les personnes, les actifs de l'entreprise. Toute considération améliore l'anticipation et l'entreprise sera mieux armée pour affronter ces risques environnementaux.
Définir une politique verte de Distribution et de Transport. À l'échelle mondiale, la consommation finale d'énergie des transports dépend fortement des carburants pétroliers. Selon les régions du monde, l'évolution est différente, mais la consommation globale augmente et les volumes de transport augmentent également. Une mutualisation des transports, des moyens plus écologiques doivent être déterminés pour soutenir les entreprises dans cette transition.

- **Décisions tactiques retenues :**

Sélectionner des sous-traitants et fournisseurs donnant les meilleures garanties sur le plan environnemental. L'organisme doit intégrer les critères réglementaires, mais également prendre en compte les demandes des parties prenantes et les impacts environnementaux du secteur dans lequel elle opère.
La sélection d'éco-fournisseurs. La sélection éco-fournisseurs valorise l'entreprise et soutient l'achat d'articles et d'opérations ayant un impact environnementale moindre, tout en intégrant la

dimension sociale. Cette stratégie vise à intégrer progressivement une démarche de coût global et des exigences de développement durable dans les appels d'offre et le choix des fournisseurs, en accord avec les exigences qualité et de sécurité.

Gérer l'environnement dans les différents stades de la fabrication du produit. Tous les articles ont un impact sur l'environnement au cours de leur cycle de vie. Le cycle de vie d'un produit se caractérise par quatre étapes : son lancement, son développement, sa maturité et son déclin. L'entreprise doit contrôler tous les flux entrants et sortants nécessaires à sa production, son transport, son utilisation et sa destruction : matières utilisées, énergie consommée, rejets dans l'environnement et déchets produits. Pour le cycle de vie d'un produit, l'organisation doit le maitriser afin de minimiser les émissions et les nuisances environnementales des flux entrants et sortants à chacune de ses étapes, et d'apporter tous les changements possibles pour réduire son empreinte écologique.

La conformité aux réglementations environnementales. Le niveau d'intérêt pour cette démarche devient de plus en plus important et les entreprises sont sensibles aux questions environnementales, économiques et sociales/sociétales. Cette préoccupation est motivée par le respect des réglementations gouvernementales qui deviennent beaucoup plus rigoureuses au profit de l'environnement.

Eco conception. L'éco-conception consiste à intégrer les aspects environnementaux dans les phases de conception ou d'amélioration d'un produit. Il s'agit d'une méthode qui étudie le produit pendant son cycle de vie. Elle tient compte de l'utilisation des matériaux et de l'énergie dont le produit a besoin, des rejets dans l'environnement naturel qu'il produit, des impacts sur le climat et la biodiversité.

Les 3Rs (Réduire, réutiliser recycler). Les 3Rs forment une méthode de gestion des articles en fin de vie et des déchets qui en découlent, qui vise à : réduire la quantité de l'article en fin de vie ; réutiliser des articles ou certaines de leurs parties et recycler les matières premières.

Identification des nouvelles technologies avancées en support au respect de l'environnement. Plusieurs technologies sont apparues pour réduire l'impact sur l'environnement on peut citer : les filtres utilisés pour la désulfuration, qui sont conçus pour réduire les émissions de substances nocives qui sont des sous-produits de la production, Les moteurs des véhicules consommant moins de carburant…

Les technologies de fabrication intégrées réduisent au minimum les impacts environnementaux négatifs à la source.

Identification des technologies facilitatrices à l'inclusion de personnes handicapées (ISO 26000)**.** Dans les dernières années, nous avons également constaté l'augmentation de l'utilisation des technologies de l'information et des communications (TIC) à différents niveaux. Les applications futures de celles-ci ont changé la vie quotidienne de la population et favoriseraient l'intégration des personnes handicapées.

- **Décisions Opérationnelles retenues :**

Eco-production (lots). L'éco-production est basée sur une économie sobre reposant sur les principes d'optimisation et de récupération des flux (matières premières, ressources énergie), du cycle de vie et de la gestion durable. L'organisation pourra améliorer la compétitivité d'une entreprise en intégrant l'éco-production dans ses opérations et sa stratégie.

Usage de l'écoemballage. À ce stade, nous parlons principalement de la réduction des emballages utilisés, de leur réutilisation par les consommateurs, de leur réduction de taille. Le choix des emballages et la promotion d'emballages plus écologiques, avec plus de contenu recyclé, sont également une nouvelle tendance dans ce secteur vert

Planification du Recyclage. Les matériaux recyclables comprennent certains métaux, les plastiques et les cartons, etc. Pour ce faire, chaque organisme doit préparer l'élimination de ces objets qui arrivent en fin de vie, d'où les deux principales conséquences écologiques : la réduction de la quantité de déchets (certains matériaux mettent des décennies, voire des siècles, à se dégrader) et la protection des ressources naturelles, puisque le matériau recyclé est utilisé à la place de celui qui aurait dû être extrait.

III.2.2.10 Fonction « Gérer les crises/risques »

Cette fonction reflète l'ensemble de modes d'organisation, de stratégies et de moyens qui permettent à une entreprise de planifier et de faire face à l'émergence d'une crise, puis d'apprendre à développer des processus et des systèmes dans une optique prospective.

- **Décisions stratégiques retenues :**

Définir la politique de la gestion de *la crise.* La gestion de crise est l'ensemble des modes, stratégies et moyens organisationnels qui permettent à une organisation de planifier et de faire face à la survenue d'une crise, puis de s'appuyer sur les enseignements de l'événement pour améliorer les processus et les systèmes dans une vision prospective.
Pré-crise : définir le plan de prévention. Une stratégie de gestion de crise est la procédure que l'organisme suit lorsqu'il est confronté à une situation d'urgence perturbatrice ou imprévue. La stratégie de gestion de crise doit être mise en œuvre avant que les crises ne se produisent, afin que l'organisation soit prête à l'utiliser pour faire face à tout incident imprévu.
Analyse de l'entreprise et son environnement. L'analyse de l'environnement par l'entreprise répond à un double objectif : l'évaluation des différents éléments susceptibles d'avoir un impact sur son activité, la détection des opportunités ou des risques environnementaux. L'analyse de l'environnement interne doit permettre d'illustrer les forces et les faiblesses de l'entreprise. Elle met en évidence les compétences dont l'organisation doit tirer parti et les faiblesses à corriger.
Veille : Il est rare que les crises ne soient pas évitées. Pour ce faire, des ressources humaines et des stratégies sont mobilisées pour mener à bien une mission de surveillance et de veille. Les opérateurs peuvent être dotés d'outils de surveillance adaptés à tout type de risque. En outre, la propagation d'une culture du risque, par le biais de campagnes de sensibilisation, permet de renforcer la vigilance mutuelle et d'identifier les signes avant-coureurs.

- **Décisions tactiques retenues :**

Etablir un plan de gestion de crise. Un plan de gestion de crise doit être élaboré pour reconnaître les phases d'une crise et constituer une équipe de personnes et de ressources pour aider à résoudre tout incident ou crise inattendue qui empêchera l'organisation de subir des impacts négatifs durables.
Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle...). Il est nécessaire de définir la nature du risque dont les différents types sont regroupés en 5 grandes familles : Risques naturels, risques techniques, risques liés aux transports collectifs (marchandises dangereuses, personnes), risques liés aux conflits et risques de la vie quotidienne (accidents de la route, accidents domestiques, etc.).
Mesure de précautions : Avec les mouvements liés au bien-être des personnes, à l'environnement et à sa protection, l'idée de précaution a pris de l'ampleur. Les entreprises prendront toutes les mesures de précaution appropriées pour réduire les risques lorsqu'elles mènent ou autorisent des activités dangereuses mais nécessaires et pour garantir l'octroi d'une indemnisation si un dommage important est survenu.

Définir et analyser la crise, et de ses parties prenantes : L'analyse de la crise offre des pistes pour réfléchir aux éléments de ruptures et de continuité induits sur différentes activités de l'entreprise. Cette analyse doit être élargie aux parties prenantes d'une entreprise qui sont tous les acteurs dont les intérêts seront affectés par les activités de l'entreprise.
Traiter le risque de la délocalisation : Contrairement au grand nombre d'avantages offerts par les procédures de délocalisation, il y a aussi plusieurs inconvénients comme le traitement visant à minimiser les risques : Risque du non-respect au délai, la pollution, la qualité du produit…
Traiter le risque de la supply chain : Face à l'intensification de la concurrence et de la pression sur les prix dans certains marchés, les entreprises ont considérablement compliqué leurs SC, augmentant ainsi leurs risques. Face à la croissance de ces risques de SC et à leur effet sur la productivité, les entreprises doivent être en mesure d'examiner le risque causé de manière éclairée et d'adopter une approche de gestion des risques validée.
Relocaliser la production : Les grandes économies mondiales ont relancé le débat sur la relocalisation. Certains pays ont déjà pris des mesures, notamment l'industrie automobile, en offrant à leurs constructeurs un soutien financier important contre la délocalisation d'une partie de leur production vers des usines à bas coûts. De nombreuses économies ont souvent le même point de vue protectionniste afin de maintenir les emplois locaux et de faire face aux nouvelles contraintes internationales en matière de santé. Cette décision doit être soulevé et discuté afin d'y apporter une réponse claire en fonction de la situation de l'entreprise.
La gestion de la communication interne et externe. La communication de crise est fondamentale, elle peut être interne ou externe (dans ce cas l'entreprise est obligée de communiquer avec son environnement). Dans la communication interne, il s'agit de minimiser le temps de réaction en communiquant les actions à l'intérieur de l'entreprise. Cette communication interne mobilise les membres de l'organisme, permet de développer le sentiment d'appartenance pour adhérer plus facilement aux idées. Pour la communication externe, elle est utilisée pour avertir et informer les partenaires extérieurs à l'organisme, mais aussi pour maintenir la confiance des parties prenantes comme (clients, fournisseurs, banque...) et fidéliser des nouveaux clients dans le but de garder l'image de l'entreprise et gérer au mieux la crise.
Créer une cellule de crise. En temps de crise, il est recommandé de créer une cellule au sein de 1 'organisation touchée, composée du directeur de la communication, d'experts sur le sujet, ainsi qu'un haut responsable capable de trancher dans les débats. La cellule en question s'occupe de la préparation des messages à transmettre et désigne un porte-parole pour faire face aux médias. Les médias sont l'une des parties prenantes les plus importantes lors d'une crise « Ce sont eux qui informent le public sur ce qui se passe ».

- **Décisions opérationnelles retenues :**

Mise en œuvre d'un plan d'action. Lorsque les causes et les effets présents et futurs d'une crise ont été clairement établis, les mesures appropriées peuvent être énoncées pour sortir de la crise et empêcher qu'elle ne se reproduise. Les actions mises en place par le responsable doivent se concentrer sur les problèmes sous-jacents afin de remédier au problème dès sa source. Il fixe soigneusement le budget, les ressources et la préparation, en essayant de trouver un nouveau rythme adapté.
Constituer des stocks de sécurité. Face aux variations aléatoires des conditions de marché, la constitution d'un stock de sécurité devient une étape incontournable. Savoir comment gérer efficacement le stock de sécurité aide l'entreprise à trouver le niveau de stockage optimal pour maximiser les coûts tout en réduisant au maximum le risque de rupture de stock vis-à-vis des clients.
Passer au télétravail. (Pour certains métiers) : Pour certaines professions, les entreprises préconisent de mettre autant que possible leurs travailleurs en télétravail et d'empêcher les

mouvements professionnels afin de réduire le risque (comme dans le cas de la pandémie de COVID 19). Dans le cas où le télétravail n'est pas possible, veiller à ce que les travailleurs évitent les lieux ou préviennent les personnes fragiles et toute sortie ou rencontre (conférences, meeting, etc.) Si nécessaire, l'utilisation de la vidéoconférence est encouragée pour éviter tout contact physique.

Gérer les salariés en temps de crise. En temps de crise, il est important que les managers prennent le pouls de l'équipe en organisant des réunions et des entretiens individuels. Il faut écouter le personnel, l'encourager à verbaliser ses inquiétudes et écouter ses questions avec empathie et sincérité.

Définir le plan de continuité. Il est nécessaire de déterminer, pour chaque opération importante et chaque processus ou flux critique, le niveau de service minimum requis et la période d'indisponibilité maximum appropriée pour assurer les activités de l'entreprise.

Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image. La crise peut détruire l'image de l'entreprise. Dans certaines situations, une crise portera atteinte à la crédibilité de l'entreprise et provoquera la confusion et même des pertes de ventes et une perte de confiance. Dans ce cas l'entreprise doit communiquer auprès de ses clients et instaurer une procédure pour rétablir la confiance.

III.2.2.11 Fonction « Gérer le transport » ou « DELIVER »

Cette fonction concerne l'expédition des produits et services aux clients pour répondre à la demande prévue, planifiée ou actuelle. L'entreprise doit gérer et traiter les commandes, les cotations et la sélection des transporteurs. Plusieurs décisions doivent être prises au niveau de la gestion d'entreposage, le picking, le conditionnement, l'étiquetage et la livraison des produits. Dans le paragraphe qui suit, nous définissons les décisions retenues en accord avec nos analyses des référentiels existants (définis plus haut).

Les décisions stratégiques retenues :

Définir la Stratégie logistique aval : Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution. L'entreprise peut définir une gestion de la SC aval en adoptant par exemple une politique de regroupement qui signifie que l'entreprise regroupe les marchandises avant d'effectuer une livraison spécifique au moment demandé par le client (en établissement des contrats annuels). Ou une politique de " Cross Docking ". Dans cette situation, l'entreprise livre les marchandises en grandes quantités à un réseau et utilise ensuite des méthodes de transport limitées pour répondre aux demandes de différents clients. Des questions doivent être débattues également : est-ce que l'organisation des livraisons se fait par les moyens internes, est ce que la livraison est sous-traitée….

- **Les décisions tactiques retenues :**

Simulation du plan de transport : Définir des trajets optimaux pour trouver le chemin le plus optimal des transports est capital pour acheminer le produit vers le client tout en respectant le délai le cout et la qualité des produits. Le circuit optimal déterminé par la simulation est de minimiser la consommation d'énergie. Souvent, le recours à un tiers permet de déléguer cette partie-là à des fournisseurs de service dotés de logiciels de calculs du plus court chemin et de minimisation de taxes carbones.

Plan directeur transport : Le plan de gestion des transports prend en charge et gère toutes les activités de transport au sein de l'organisme. Il assure la bonne conduite, l'efficacité et le contrôle

des opérations de transport. L'objectif est de réduire les retards de livraison et de maximiser le taux de remplissage des véhicules ou des conteneurs.

***Plan des besoins de distribution (DRP)* : (**Distribution Requirements planning) gère et planifie la distribution physique des produits stockés dans le réseau logistique vers les clients finaux. Les questions fondamentales concernent la répartition (entre les différents points de stockage existants) des quantités à livrer vers les clients finaux, les niveaux de stocks à conserver dans les différents entrepôts, et les politiques de regroupement pour limiter les couts de transport.

Prioriser les livraisons. L'entreprise doit désigner les commandes par ordre de priorité en se basant sur les critères comme la proximité du client, les clients prioritaires en termes de participation au chiffre d'affaires, etc. Ce planning qui est développé pour chaque site donne la répartition des charges.

Elaboration des contrats occasionnels avec les transporteurs et révision des contrats annuels. Le premier aspect de la stratégie du donneur d'ordre de transport est la négociation de ses contrats de transport. On notera en effet que de nombreux industriels préfèrent conserver plusieurs transporteurs plutôt qu'un seul afin de ne pas être bloqué par un seul transporteur et de profiter des avantages régionaux dont peuvent disposer certains transporteurs.

- **Les décisions opérationnelles retenues :**

***Installer le P.F* :** C'est le processus pour faire entrer le produit finis dans l'entrepôt ou le magasin de distribution. Après, il faut déterminer l'emplacement de stockage, et enfin déclarer l'entrée en stock dans le système informatique.

Planning des tournées. La gestion des tournées est la dernière étape de la planification des flux en aval, elle est donc intimement liée au processus de fabrication (sur stock ou sur la commande) et au système de traitement de l'information. Dans le cadre d'une approche qualitative, ce système ne garantit pas le remplissage optimal des véhicules et introduit une certaine rigidité dans le planning compte tenu de la prédétermination des dates de livraison. La procédure de tournée variable consiste à constituer chaque jour les tournées en fonction de la demande (quantité, localisation) et des véhicules disponibles. On affecte ainsi un nombre variable de véhicules à chaque zone en fonction de l'importance du tonnage à distribuer.

Allocation des moyens de transport aux sites : Le nombre de moyens de transport est limité. Ces moyens doivent être répartis entre les différents sites, en fonction du programme de distribution de chacun d'entre eux.

Gestion de stockage du P.F : Il faut vérifier si le PF est conforme dans le bon emplacement de préparation (picking) ou de stockage. L'objectif est de maximiser l'occupation du volume de l'entrepôt en adaptant la structure de stockage aux produits mis en stock, de réduire le temps de mise en stock physique et de sortie des produits finis du stock. Les méthodes de valorisation des stocks sont utilisées de type FIFO et LIFO. Lorsqu'il y'a une DLU, la méthode FIFO est évidemment de mise.

Sélection d'itinéraire : En fonction des positions géographiques des demandes à expédier ou des fournitures à effectuer, et compte tenu du trafic, l'itinéraire le moins cher ou le plus rapide doit être déterminé en fonction de l'objectif considéré. Des logiciels existent qui permettant d'optimiser les tournées. Aussi, grâce aux nouvelles technologies de communication, le trajet d'un véhicule peut subir des modifications de programme de transport. Les conditions de circulation doivent être considérées afin de proposer une meilleure reprogrammation.

Ordonnancement et consolidation du transport. Le groupage de transport est une activité qui consiste à rassembler des envois de produits provenant de plusieurs expéditeurs ou envers plusieurs destinataires et à organiser et exécuter l'expédition du lot ainsi constitué par un transporteur.

Préparer. Cette phase consiste à prélever dans le stock les différents articles composant les commandes des clients. Elle a fait l'objet de nombreuses études d'optimisation, nécessitant une main d'œuvre importante dans l'usine, d'où la présence de diverses méthodes : *Pas de zone de préparation de commande spécifique, prélèvement par commande, prélèvement par zone géographique, prélèvement par référence.*
Procédures d'expédition. Le responsable du magasin doit préparer le dossier d'expéditions qui comprend un ensemble de documents nécessaires pour expédier les marchandises du magasin par le biais de la procédure de sortie de stock. Les types de documents douaniers d'export sont : Bons de livraison, listes de colisage, manifestes d'expédition et notes de livraison. Cette décision est capitale notamment dans le cadre d'une SC internationale qui requiert un envoi vers des clients géographiquement loin et contraints aux procédures douanières.
Gérer le conditionnement et emballer le produit. La dernière opération consiste à placer tous les articles commandés par un client dans un emballage adapté, à effectuer un dernier contrôle de la conformité des produits prélevés par rapport à la commande (par pesage par exemple), à y placer les documents d'expédition (liste de colisage) et éventuellement la facture.
Lancer la livraison. Le lancement de la livraison est la dernière étape du processus « Deliver » qui est la distribution finale du produit finis aux clients.

III.2.2.12 Fonction « Gérer les retours »

Après la distribution des produits finis aux clients, il y'a encore un processus nommé « return » dans SCOR et qui représente la logistique de retour. Dans le cas où le produit est défectueux, le client sera amené à faire un retour au fabricant. Le fabricant doit organiser l'expédition du produit défectueux, l'inspecter, le démonter, le réparer, le recycler ou l'éradiquer. Nous abordons dans cette fonction les décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles concernant les retours en provenance des clients.

Décisions stratégiques retenues :

La conception de la chaine de retour : Cette conception est adaptée à la logistique inverse qui consiste à prendre en compte les besoins de la chaine inverse dans la conception, conditionnement et emballage du produit. Il faut combiner le besoin et la protection de l'environnement d'une part, et la chaîne inverse du produit et de la logistique retour d'autre part.
La sélection des sites de retour. Définir le nombre de centres de retours et leurs localisations et capacités, choix des politiques de retours.

- **Décisions tactiques retenues :**

Gérer les incidents : Les SC par leur nature, sont des systèmes composés d'éléments interdépendants et évolutifs pour lesquels la perturbation d'un élément aura un effet négatif sur les performances globale de la SC. C'est pour cela, que les maillons composants la SC doivent adopter des méthodes analytiques pour la maitrise des risques qui nuisent à leur capacité de servir les clients finaux.
Gérer les réclamations clients (Remarque et suggestions). Les retours et les réclamations clients doivent être traités avec le plus grand soin. Une analyse approfondie et régulière des causes de retour permet de déclencher des actions mesurables et efficaces permettant d'améliorer le service rendu, et gagner des parts de marché par la réduction et l'action sur les causes de ces retours.
Mise en place des moyens pour définir un plan de progrès. Un responsable ou un comité de pilotage est désigné pour conduire les processus d'amélioration, qui fixe les objectifs et régule les activités et contrôle la réalisation.

Maitrise de risques. Pour se protéger, une entreprise doit évaluer les risques encourus par sa SC et savoir les maîtriser. Parmi les causes de risque, on peut citer les problèmes avec le fournisseur et client, comme les dérives de qualité, la volatilité des marchés, les retards et les défaillances internes, les catastrophes, les crises et les accidents.

Décisions opérationnelles retenues :

Acceptation et validation des commandes : Cette phase consiste à valider la commande, stocker, trier et conserver les articles dans la quantité indiquée par la commande avant l'expédition de la commande.
Emission des avoirs. Une note de crédit est un document porté par le vendeur pour annuler une facture erronée ou un remboursement incorrect. Si le produit est retourné par le client, l'avoir doit être fourni pour prouver l'annulation du paiement partiellement ou totalement de la facture originale, il sera utilisé par la suite pour d'autres achats.
Contrôle Qualité. Pour mesurer la qualité du produit fini et la maintenir, des méthodes et moyens sont mis au point. Ces procédures assurent la conformité du produit fabriqué à l'aide de composants recyclés qu'il réponde aux exigences de l'entreprise dans le respect de son cahier des charges.
Révision du plan prévisionnel. Le plan prévisionnel doit être régulièrement remis à jour. Dans ce cas on parle d'un plan glissant (car la fréquence de révision est nettement inférieure à l'horizon couvert). Ceci permet d'établir des mises à jour et de coller au plus près des besoins de traitement de la chaine retour.

III.3. Conclusion

Dans un contexte mondialisé, la SC est composée de maillons divers et géographiquement dispersés au niveau international. Il y a un besoin de gestion et de maitrise de la SC dans sa globalité avec prise en compte d'un nombre colossal d'informations provenant de tous les maillons constitutifs de la SC.

Pour répondre à ce défi de gestion nous avons présenté dans le début de ce chapitre une nouvelle méthodologie appelé PERFLOG, en référence à Performance Logistique, qui est une méthodologie inspirée de la méthode ECOGRAI, un modèle qui permet aux entreprises d'assurer la cohérence entre les modes de contrôle et de suivi (décision et indicateurs). Le modèle PERFLOG est enrichie et s'appuie sur le postulat que la modélisation doit être étendue au-delà du périmètre de l'entreprise (le cas en ECOGRAI), que la modélisation doit prendre en compte différentes situations de SC (conception et exploitation) et que la modélisation des KPI doit être enrichie avec le prisme des technologies du 4.0.

Lors des développements des SC, deux problématiques majeures peuvent être soulevées. Comment concevoir une SC adaptée pour faire face aux demandes clients ? et Comment piloter la SC pour mieux répondre aux besoins clients ? Nous avons perçu deux niveaux d'analyses distincts en fonction des situations encourues par les décideurs. La phase design et conception de réseau de partenaire en émergence et la phase exploitation et pilotage d'un réseau de partenaire existant.

Le chapitre III est donc le catalyseur de la modélisation de ces deux situations. Nous proposons une modélisation décisionnelle de la conception de la SC en proposant un modèle de référence des décisions de conception appelé GRAILOG-Cop et par la suite, une modélisation des décisions de fonctionnement et pilotage de la SC sur la base d'un deuxième modèle de référence GRAILOG-Exp. La notion de SC prend tout son sens dans le développement de ce chapitre III

via les deux modèles de références GRAILOG (cop et exp) car l'analyse se veut la plus exhaustive et la plus étendue possible afin de faire figurer dans le modèle un maximum de décisions prises dans une SC et servir de guide et de mapping aux diverses entreprises soucieuses de concevoir ou piloter leurs SC. Les modèles de références proposées GRAILOG-Cop et GRAILOG-Exp ont été conçus intentionnellement de façon modulaire afin de prodiguer aux décideurs deux modèles distincts à utiliser en adéquation avec leurs problématiques. En effet, une SC existante avec un réseau de partenaires déjà conçu pourra utiliser en priorité le modèle de référence GRAILOG-exp et se passer de GRAILOG-cop. Elle peut également recourir au besoin à GRAILOG-Cop si émerge le souhait de reconfigurer sa supply chain. Une autre SC en émergence avant d'envisager GRAILOG-Exp pourra être accompagnée depuis les prémices de collaboration jusqu'à la mise en place du réseau de partenaires grâce à GRAILOG-cop. Le choix du modèle de référence est tributaire de la situation dans laquelle évolue la SC et cette modularité avec deux modèles distincts peut offrir de la souplesse dans le déploiement sans subir des recouvrements dans un seul modèle et présenter une difficulté de déploiements supplémentaires aux décideurs.

Le modèle de référence GRAILOG-cop contient 7 fonctions et 98 décisions. Le modèle de référence GRAILOG-exp contient 12 fonctions et 144 décisions. Une déclinaison décisionnelle par horizon a été analysée dans les deux modèles de références. Des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles ont été étudiées afin de fournir une aide à la prise décisions engagées par l'entreprise selon les strates managériales et les pratiques de l'entreprise en adéquation avec les horizons décisionnels qui lui sont propres. Toutes les décisions ont été définies de façon succincte mais suffisamment explicites afin de fournir une compréhension rapide et permettre aux décideurs de se positionner rapidement et pouvoir reconnaitre leur situation propre dans le modèle de référence proposé. Cette étude laborieuse, dense, semblant répétitive à cause des déclinaisons par horizon, a été rendue nécessaire. L'objectif d'un modèle de référence n'est-il pas d'être le plus exhaustif possible et proposer une synthèse la plus consistante possible car enrichie avec plusieurs références du domaine ?

Les deux premières phases 1 et 2 qui apparaissent dans la proposition PERFLOG, représentent donc en conclusion, une première contribution (la modélisation GRAILOG-Cop et GRALOG-Exp) à travers les différentes fonctions de la SC et les décisions relatives.

Toutefois, assurer la cohérence entre les décisions sélectionnées afin d'avoir un véritable système de décisions et non uniquement des décisions disparates est le prochain challenge que nous proposons d'étudier dans le prochain chapitre. L'analyse de cohérence peut illustrer cette recherche de construction cohérente.

Nous présenterons également plus en détail les différents éléments de PERFLOG dans le prochain chapitre afin d'y présenter les étapes consacrées à la définition des objectifs, des variables de décision et des indicateurs de performance éclairés par les technologies de l'industrie 4.0.

CHAPITRE IV. DEPLOIEMENT DU MODELE PERFLOG EXPLOITATION AVEC LE SUPPORT DES TECHNLOGIES DE L'INDUSTRIE 4.0

Sommaire

Introduction....92
IV.1. Identification des objectifs....92
IV.2. Identification des variables de décisions et analyse de cohérence entre les objectifs et les variables de décision....96
IV.2.1 Choix des fonctions pivots retenues : justification....96
IV.2.2 Développement des VD pour les fonctions pivots....96
IV.2.3 Développement des VD pour les autres fonctions....100
IV.2.3.1 La mise en cohérence des VD....101
IV.3. Identification des indicateurs de performance....101
IV.3.1 La place des KPI dans le pilotage d'une Supply chain....101
IV.3.2 Construction de KPI pour l'évaluation de performance de la SC....101
IV.4.1 Utilisation des technologies de l'industrie 4.04.0 dans l'industrie automobile....105
IV.4.1.1 Importance des publications....105
IV.4.1.2 Focus sur les articles scientifiques : les axes de recherche prioritaires dans l'industrie automobile....105
IV.4.2 La nécessité de pilotage par Indicateurs de performance....107
IV.4.3 l'intégration des technologies 4.0 dans l'usage des KPI's retenus dans la grille....107
IV.5.1 Revue des modèles de maturité existants....110
IV.5.2 Proposition du modèle PPTECH_IP : fondements, objectifs et déploiement....113
IV.5.3 L'étude de croisement des technologies 4.0 et leurs contributions à la fiabilisation des KPI115
IV.5.3.1 Fonction « industrialisation »....120
IV.5.3.2 Fonction « gérer la production »....121
IV.5.3.3 Fonction « Gérer le développement durable la responsabilité sociétale »....123
IV.5.3.4 Fonction « Gérer la distribution »....125
IV.6 Conclusion....127

Introduction

Dans le chapitre III nous avons proposé la méthodologie PERFLOG et nous avons entamé les deux premières phases de modélisation décisionnelle d'une supply chain, en l'occurrence une modélisation pour la phase « conception de SC » et une modélisation pour la phase « exploitation de SC » lorsque le réseau de partenaires est construit et connu. L'objectif du chapitre IV est de présenter la suite des phases de notre méthodologie. A ce stade, il est important de définir le périmètre d'étude. Nous avons développer en détail le modèle GRAILOG EXP car cette modélisation est en lien direct avec les besoins industriels qui nous ont été signifiés par les institutions marocaines dans le secteur automobile. Une étude de cas auprès de l'équipementier automobile PSA sera menée sur la chaine logistique en exploitation au chapitre 5. Dans un premier temps nous allons identifier les objectifs pour une SC globale qui sont associés à chaque centre de décisions de la grille GRAILOG-EXP (élaborée dans le chapitre III section III.3). Ce travail s'appuie sur l'identification des variables de décision (VD) sur lesquelles les décideurs agissent pour faire évoluer le système. Pour pouvoir piloter des décisions dans un contexte complexe de SC, le modèle PERFLOG permet de bénéficier d'une vision par fonction. Ces fonctions ont été créées, travaillées et détaillées afin de fournir des leviers d'actions de manière modulaire, permettant au décideur de sélectionner son périmètre et ses objectifs dans la grille proposée... Evidemment, suite à un positionnement par fonction et le large panel des décisions proposées, un décideur dans une SC souhaitera monitorer et vérifier l'état d'avancement de ses actions afin d'agir adéquatement sur le système. Les indicateurs de Performance prennent sens. Nous proposons, à cet égard, une grille GRAILOG de KPI's pour toutes les fonctions de la grille de pilotage. La dernière partie de ce chapitre évoquera l'intérêt des nouvelles technologies 4.0 dans la fiabilisation des KPI proposés. Nous ferons la démonstration de l'intégration des nouvelles technologies de l'industrie automobile dans notre grille de KPI's. Une étude de croisement des technologies et leurs contributions à la fiabilisation des KPI's sera menée.

L'objectif de ce travail est de visualiser l'impact des technologies de l'usine du futur dans les prises de décisions et dégager des pistes de progrès afin d'aider au mieux les décideurs à orienter leurs choix de technologies en accord avec leurs fonctions, les variables de décisions et les KPI en charge du pilotage.

Dans la littérature des modèles de maturité existent. Nous évoquerons l'existant et l'importance de mesurer la maturité de transformation numérique pour s'engager dans l'industrie 4.0. Nous justifierons également l'intérêt du modèle proposé PPTECH IP qui est un modèle de mesure de marge de progrès afin de compléter l'offre des technologies de l'industrie 4.0.

IV.1. Identification des objectifs

Dans ce chapitre nous allons présenter la suite de notre travail en élaborant la troisième, la quatrième et la cinquième étape (cadre en pointillé en rouge) qui sont consacrées à la définition des objectifs, des variables de décision et des indicateurs de performance. La dernière étape sera consacrée à l'établissement de liens entre les indicateurs et les technologies de l'industrie 4.0.

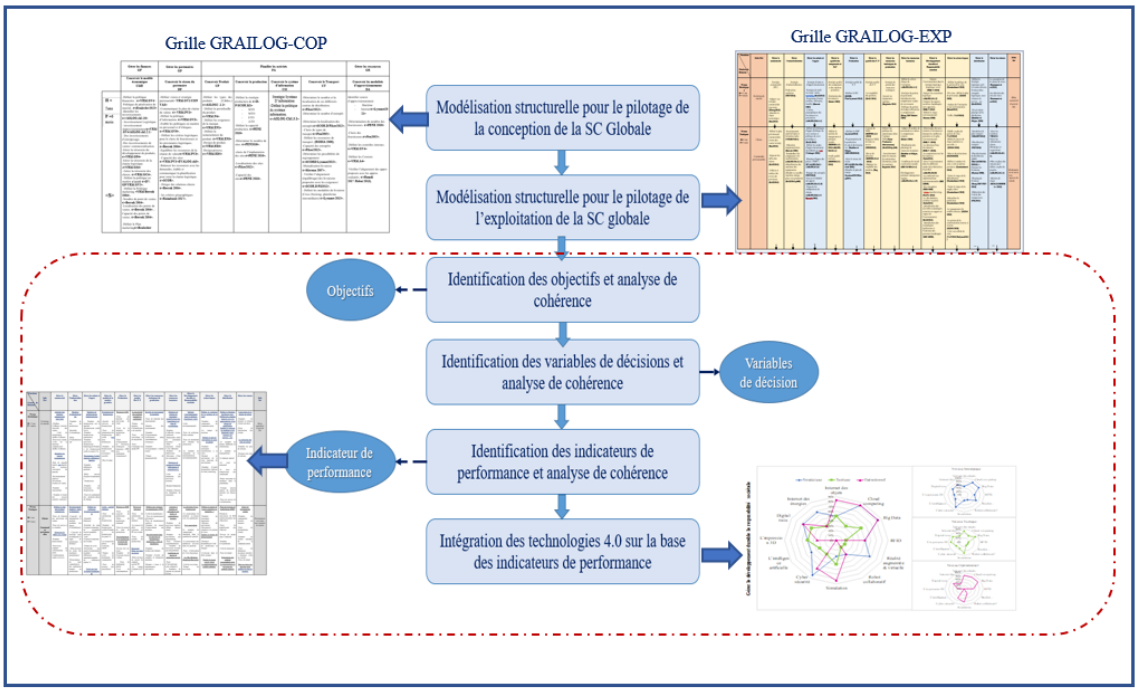


Figure IV. 1 Méthode PERFLOG

La troisième phase du modèle PERFLOG consiste à identifier les objectifs (O) en adoptant une approche descendante, en identifiant les objectifs pour une SC globale, en allant jusqu' au niveau des centres de décision de la grille GRAILOG. Des modèles étudiés dans le chapitre II, nous constatons que chaque modèle offre des domaines de performance standards qui sont identifiés dans une liste d'où découlent les objectifs. Selon la méthode ECOGRAI, pour chacune des modélisations, on doit définir de nouveaux objectifs de performance. En revanche, le modèle GRAI n'offre pas de liste standard de domaine de performance. Appuyant sur la littérature des modèles d'évaluation de la SC évoqués dans le chapitre II, nous avons pu dégager un ensemble d'objectifs principaux de domaines de performance pour la SC.

Pour assurer l'identification des objectifs à atteindre fixés par l'entreprise, nous présentons dans cette partie quelques objectifs trouvés dans la littérature. Les objectifs que nous souhaitons proposer, doivent rester dans le cadre global de la SC indépendamment de sa spécificité et de sa taille. Ces objectifs seront déclinés selon les trois niveaux décisionnels, stratégiques, tactiques et opérationnels. Ils seront également détaillés par fonctions SC (gérer le commercial, l'industrialisation, la production, le contrôle qualité, la distribution et la gestion de retours). Le détail de ces fonctions sera présenté dans les tableaux d'analyses qui suivront.
D'après notre étude bibliographique nous avons constaté que la plupart des auteurs utilisent les critères, de réactivité, d'efficience et de flexibilité pour évaluer la performance de la SC. Par contre nous constatons que la flexibilité fait partie des caractéristiques du critère de l'agilité et le critère d'efficacité est une partie intégrante du critère d'efficience (Lehyani et Zouari.,2016).
Nous avons aussi remarqué dans certaines recherches en plus de ces quatre critères de base l'apparition d'autres critères pour évaluer la performance comme l'agilité, la robustesse, la durabilité, la rentabilité et la productivité (Lehyani et Zouari.,2016).

Des facteurs clés de réussite récents, parfois subjectifs ou abstraits, peuvent apparaitre pour contribuer à la performance globale de l'entreprise et par rapport auxquels les entreprises sont maintenant évaluées. (Berrah.,2002) suggère les facteurs : respect des délais, flexibilité et

réactivité, qualité du service après-vente, innovation, compétences, impact écologique des produits…Dans (Okoshi et al. 2019) les auteurs adressent des critères de performance, et ont défini un ensemble d'objectifs industriels comme la qualité, la réactivité. Dans (Bortolini et al.,2018) les auteurs ont réuni les deux concepts de "fiabilité" à celui de "qualité". Quatre objectifs industriels ont été proposés par la thèse (Possik, 2019) au niveau opérationnel. Ces objectifs sont coût, flexibilité, réactivité et qualité. L'étude de Possik a de plus l'innovation comme objectif à atteindre par les entreprises pour obtenir de nouvelles parts de marché.

Dans les travaux de (Henao et al.,2018), les auteurs ont développé deux dimensions stratégiques avec des considérations environnementales (émissions énergétiques, etc.) et sociétales (qualité de vie de travail, polyvalence). Ces métriques liées à l'environnement et à la responsabilité sociétale sont importantes, nous allons donc considérer également ces axes dans notre construction d'objectifs et KPI.

Les objectifs retenus dans le cadre du modèle PERFLOG proposé dans cette thèse découlent d'une recherche bibliographique qui a montré une prépondérance de certains objectifs par rapport à d'autres. Les objectifs retenus sont présentés dans le tableau IV.1 ci-dessous. Nous regroupons dans une catégorie appelée « attributs de performance » les divers objectifs appartenant à une même famille d'objectifs. Parmi celles qui sont retenues **: *fiabilité, réactivité, coût, qualité, innovation, aspect environnement et social.***

Le tableau ci-dessous présente les attributs de performance proposés pour une SC globale :

Tableau IV. 1 Les objectifs proposés pour une supply chain globale.

Attribut de performance	*Objectifs*	*Références*
Fiabilité	**O1 :** Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications.	(Apics2018.,Heneo et al.,2018). Longoni et al., 2014 ; Shamsuzzoha et al., 2016 ;Berrah., 2002)
Réactivité	**O3 :** Garantir le délai de réponse (Lead Time) pour obtenir une référence de produit. **O4 :** Garantir le délai de réponse nécessaire pour assurer une diversité de produit**.**	(Apics 2018, Bonfanti et al., 2015 ; Prajajo et al. 2012 ; Ren et al., 2015 ; Chae et al. 2013 ; Dombrowski et Ernst, 2013)
Coûts / Aspet économique	**O5 :** Réduire les coûts globaux (*Coût commerciaux-coût d'achat et d'appro-coût de production-coût de transport.)*	(Apics 2018, Henao et al.2018, Okoshi et al 2019)(Lee et al 2010 ; (Bonfanti et al., 2015 ; Wang et al. 2011 ; Baglin 2013 ; Ageron, al,2012 ; RSE 2018 ;)
Qualité	**O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut »	(Bortolini et al., 2018 **;** Chen et al 2013, Drohomerestki et al.2014, Okoshi et al 2019 ; Possik.,2019)
Innovation	**O7** : Etendre le portefeuille des produits. **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents	Rohomeretski et al.2,014; Okoshi et al., 2019 ; Possik., 2019)
Aspects environnement aux	**O9 :** Réduire l'empreinte de Carbonne **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources.	(Kammas 2016, Sawadogo 2011 Bunse et al 2011; Kafa 2013; Ageron, al,2012; RSE 2018; Berrah.,2002)

Aspects sociaux	**O11** : Améliorer la QVT des employées. **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement)	(Achalal 2013 Wang et al. 2011 ; Ageron, et al.al,2012 ; RSE 2018)

Fiabilité : (APICS., 2017) affirme que la fiabilité est définie par la capacité d'une entreprise de délivrer de façon correcte le produit désiré par le client, au bon endroit, en temps voulu, dans le respect des spécifications d'emballages, de quantité, avec la bonne documentation et au bon client. Pour cette première métrique de fiabilité nous avons proposés deux sous objectifs qui y sont liés, ***O1*** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée et ***O2 :*** Fournir un produit conforme aux spécifications.

Réactivité : Pour une entreprise la réactivité est la capacité et la rapidité avec laquelle l'entreprise est à même de répondre aux exigences des parties prenantes. Nous avons proposé deux sous objectifs pour cette métrique, *délai de réponse (Lead Time) pour obtenir une référence de produit* et délai *de réponse pour obtenir diverses références de produits*.

Coûts/ aspect économique : D'une manière générale on peut considérer le coût d'un produit comme un coût regroupant l'ensemble des dépenses (matière première, coût de transformation) pour l'obtention du produit. Pour cette métrique, nous avons proposé un objectif global qui est de réduire les coûts globaux de la SC. La dimension financière de la performance interne de l'entreprise est représentée par les coûts.

Qualité : Nous avons présenté dans cette métrique un objectif qui est de *garantir une qualité « Zéro défaut »* afin de garantir une meilleure qualité de production, et de réduire le nombre des rebuts. La qualité est considérée actuellement comme facteur principal de performance au vu de la diversification des produits et des exigences clients. Au niveau international, d'après la norme ISO 8402, La qualité est définie comme « l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ».

Innovation : Pour cet aspect nous avons proposé deux sous objectifs**.** Le premier est d'étendre le portefeuille du produit. Pour être compétitif, l'entreprise doit être capable de fournir de nouvelles solutions, d'améliorer les produits, services, procédés, et savoir-faire ou technologies (Achhal.,2013). Le second sous objectifs proposé est de *réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents. Optimiser le time-to-market* est essentiel pour gérer et développer un portefeuille de produits cohérent en adéquation avec l'évolution des modes de consommation.

Aspects environnementaux : Nous avons intégré la métrique liée à l'aspect environnemental dans la fonction « *gérer la responsabilité sociétale et le développement durable* ». Elle représente l'intégration des principes du développement durable dans le mode de gestion de l'entreprise en se basant sur ses trois piliers, environnement, économie, social. Comme sous objectifs environnementaux, nous avons proposés les plus généraux : réduire l'empreinte de carbone et minimiser les gaspillages de ressources. L'entreprise doit minimiser l'impact sur l'environnement par une gestion efficace des déchets, une maîtrise des émissions de gaz dans l'air et une optimisation de l'utilisation d'énergie et des matières premières.

Aspects sociaux : Comme aspects sociaux, nous avons proposé des sous objectifs pour améliorer la qualité de vie au travail des employées. Pour la promotion et le développement des compétences des salariés et l'utilisation efficace du talent créatif, l'employeur doit assurer de

bonnes conditions de travail dans l'entreprise, améliorer les processus de recrutement (qualité et égalité de traitement), renforcer la communication et maintenir la cohésion des salariés.

IV.2. Identification des variables de décisions et analyse de cohérence entre les objectifs et les variables de décision

IV.2.1 Choix des fonctions pivots retenues : justification

Les fonctions choisies pour le déploiement du modèle PERFLOG, sont issues de la grille GRAILOG-EXP qui sert à piloter une SC globale. Nous avons retenu quatre fonctions qui sont : « gérer l'industrialisation, gérer la production, gérer le développement durable et la responsabilité sociétale et gérer la distribution ». Le choix de ces fonctions a été arbitré en concertation avec l'équipe de recherche productique de l'IMS. La fonction de production est, évidemment, une fonction prioritaire à analyser car elle relève des savoirs faires et compétences premières de l'équipe productique qui s'intéresse à la modélisation, la conception et l'ingénierie de production. D'autre part, cette fonction est également considérée comme prioritaire pour l'entreprise PSA qui accueillera notre étude de cas.
De même pour la fonction « gérer l'industrialisation ». Elle fait partie des axes de recherche de l'IMS, qui englobe la conception, la modélisation et la simulation du procédé d'industrialisation. C'est une fonction clé, pertinente dans une Supply Chain et jugée prioritaire par PSA. La fonction « Gérer la distribution » est justifié par notre étude de cas industriel, cette fonction est d'une extrême priorité pour le site de production de PSA Kenitra, car cette entreprise distribue ses produits à l'échelle internationale en utilisant différents modes de transport (ferroviaire, maritime et le terrestre), d'où l'importance de la chaine aval ou la chaîne de distribution. Toute amélioration de cette fonction de la logistique aval a été signifiée par PSA comme étant une priorité au regard notamment des incitations gouvernementales du Maroc.
Quant à la fonction de développement durable et la responsabilité sociétale, c'est une fonction transversale, que nous avons jugé dans l'équipe de recherche, comme étant impossible à contourner au regard des impératifs du monde économique actuel. Pour coller au plus près aux enjeux environnementaux nous avons décidé de la considérer comme prioritaire. Son intérêt est de réduire l'empreinte carbone, tout en intégrant la qualité de vie de travail des employés.

IV.2.2 Développement des VD pour les fonctions pivots

Dans la quatrième étape de notre méthodologie PERFLOG, nous déterminons des VD qui représentent les variables sur lesquelles les décideurs agissent pour faire évoluer le système vers l'atteinte des objectifs.
Pour optimiser la performance de la SC les VD sont des leviers par lesquels les décideurs peuvent agir. Par exemple, si l'objectif est de garantir une qualité « Zéro défaut », la VD correspondante peut être de prévoir les procédures de contrôle de qualité de produits en accord avec les normes ISO et la correspondance au cahier des charges (CDC). On peut agir sur l'une ou l'autre des variables pour atteindre l'objectif.
Nous présentons dans ce qui suit les quatre fonctions de la SC globale de la grille GRAILOG-EXP retenues par l'équipe de recherche. Prenons l'exemple de la fonction « Gérer la production » nous présentons dans le tableau suivant une liste non exhaustive de VD proposées afin d'atteindre les objectifs proposés dans PERFLOG. La rigueur de la modélisation GRAI impose que les VD soient cohérentes avec les objectifs et des décisions pour chaque fonction de la grille GRAILOG-EXP.

Tableau IV. 2 Analyse de cohérence des variables de décisions et objectifs pour la fonction « Gérer la Production »

Fonction de « Gérer la Production »		
Décisions	***Objectifs***	***Variables de décision VD***
Réaliser le PIC **H =** 5 ans **P** = 6 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts de stockage -coût d'énergie et coût de replanification **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents. **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources. (Main d'œuvre et niveaux de stock, matières premières, emballage.)	- Evaluer les besoins du marché national et international par famille de produit - Prévoir plusieurs stratégies (sous-traitance, stockage, heures supplémentaires,) - Estimer le coût de chacun des PIC et en sélectionner un. -Adapter les ressources (main d'œuvre et niveau de stock) -Adapter les équipements.
Réaliser le PDP **H =**1 ans **P =** 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Assurer un produit conforme aux spécifications **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit	- Réaliser l'éclatement de PIC en référence produit -Proposer un programme de production conforme aux besoins et aux capacités.
Programmation de la production et calcul des besoins net **H =**1 ans **P =** 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts de la production **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Lancer un MRP et un calcul des besoins nets afin de prévoir l'échéancier de production semaine par semaine, référence par référence.
Lancer la fabrication. **H=**2semaine **P= 1 jour**	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts de production, maintenance et énergie)	-Lancement de l'ordonnancement des OF -Etablir un pilotage pendant l'ordonnancement des OF pour connaitre en temps réel la capacité de production
Gérer l'emballage et le conditionnement. **H=**2semaine **P= 1 jour**	**O5 :** Réduire les coûts d'emballage. **O9** : Réduire l'empreinte de carbone **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources. (Pertes emballages, matières premières)	-La standardisation des emballages est étudiée ainsi que la possibilité de réutilisation. -L'impact environnemental de leur destruction est étudié.

Pour chaque centre de décision, plusieurs VD sont possibles comme présentés dans le tableau IV.2 ci-dessus. Pour chaque décision, nous avons identifié un ensemble d'objectifs homogènes et proposé des VD associées pour atteindre les objectifs sélectionnés.

Décision - Réaliser le PIC (H = 5 ans P = 6 mois), nous proposons les VD suivantes. Nous adoptons un code pour faciliter le repérage des différentes VD. FP : Fonction Production et D : la décision.

VD1.D1. FP -- Evaluer les besoins du marché national et international famille par famille de produit

VD2.D1. FP --Prévoir plusieurs stratégies (sous-traitance, stockage, heures supplémentaires,)

VD3.D1. FP -- Estimer le coût de chacun des PIC et en sélectionner un.

VD4.D1. FP --Adapter les ressources (main d'œuvre et niveau de stock)

VD5.D1. FP -- Adapter les équipements.

Réaliser le PDP H =1 ans P = 3 mois),

VD1.D2. FP -- Réaliser l'éclatement de PIC en référence produit
VD2.D2. FP -- Proposer un programme de production conforme aux besoins et aux capacités.
Programmation de la production et calcul des besoins net H =1 ans P = 3 mois :
VD1.D3. FP-- Lancer un MRP et un calcul des besoins nets afin de prévoir l'échéancier de production semaine par semaine, référence par référence.
Variables de décision proposée de lancer la fabrication. H=2semaine P= 1 jour
VD1.D4. FP-- Lancement de l'ordonnancement des OF
VD2.D4. FP -- Etablir un pilotage pendant l'ordonnancement des OF pour connaitre en temps réel la capacité de production.
Gérer l'emballage et le conditionnement. H=2semaine P= 1 jour
VD1.D5. FP-La standardisation des emballages est étudiée ainsi que la possibilité de réutilisation
VD2.D5. FP -L'impact environnemental de leur destruction est étudié.
Ces variables de décisions sont cohérentes pour toute horizon décisionnel de la fonction « gérer la production ». Les tableaux suivants illustrent la démarche de l'identification des VD pour les fonctions pivots. Nous présentons les décisions à chaque niveau décisionnel avec leurs VD.
Nous avons identifié un ensemble d'objectifs cohérents qui en découlent.

Tableau IV. 3 Cohérence des VD avec les objectifs – Fonction « Gérer l'industrialisation »

Fonction « Gérer l'industrialisation »		
Centres de décisions	***Objectifs***	***Variables de décisions***
Stratégie d'industrialisation **H** = 5 ans, **P** = 6mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références **O5 :** Réduire les coûts globaux **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents	- Définir les sites de production (interne ou multisites, ou internationalisation) - Décider de la pertinence de la sous-traitance - Sous-traitance nationale ou internationale - Identifier les risques d'industrialiser à une échelle internationale
Investissement dans du matériel industriel et formation **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts de traitement de rebuts, coûts de non qualité **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut » **O9** : Réduire l'empreinte de carbone **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources **O11** : Améliorer la QVT des employées.	- Identifier les équipements et machines du process de fabrication en adéquation avec la nomenclature produit. - Estimation de budget des équipements et de formation
Standardiser les composants et la modularisation **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références **O5** : Réduire les coûts de fabrication et d'assemblage **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources	-Identifier les possibilités de standardisation et créer des modules (assemblage de plusieurs composants en un seul composant à fabriquer) -Prise en compte des moyens disponibles des fournisseurs et prestataires potentiels concourent également à la réalisation des produits.
Mode de fabrication des produits **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références **O5** : Réduire les coûts de fabrication et d'assemblage **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Définir les procédés et la gamme opératoire (succession des étapes sur équipements) -Mettre à jour la gamme opératoire en cas de suppression ou de rajouts machines.

Intervention à court terme comme les urgences. **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut » **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement)	Resélectionner le bon partenaire d'équipement en cas de défaillance de fonctionnement ou retard de livraison Travailler sur la disposition d'atelier dans les lignes de production

Tableau IV. 4 Cohérence des VD aves les objectifs – Fonction « Gérer la Responsabilité sociétale et le développement durable ».

Fonction de « Gérer et le développement durable et la Responsabilité sociétale »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Intégrer l'environnement dans la stratégie logistique (logistique verte) **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (réduire la consommation d'énergie) **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources.	Définir un politique environnemental - Identifier les axes environnementaux à respecter : réduction d'émissions, économie d'énergie, recyclage de matériaux, sélection de matériaux adaptés. -Identifier les aspects environnementaux. -Respect de la loi environnementale dans sa structure et durant les activités.
La sélection d'éco-fournisseurs. **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O9 :** Réduire l'empreinte de carbone. (Choix des matériaux recyclables) **O5** : Réduire les coûts de recyclage avec des fournisseurs déjà certifié éco.	-Identifier les critères développement durable compatible avec la culture d'entreprise -Intégrer des critères de développement durable dans les appels d'offre et le choix des fournisseurs.
Eco conception **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O6 :** Produits conformes aux spécifications de conception en intégrant l'éco-conception des produits **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Choix des matériaux recyclables) **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources. (Consommation énergies)	-Choix de matières et composants en tenant compte de la stratégie environnementale -Réduire l'utilisation des matériaux dangereux. - Réduire l'utilisation de procédé énergivores - Privilégier des matériaux recyclables et peu polluant les sols.
Le 3Rs (Réduire, réutiliser recycler) **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O5 :** Réduire les coûts de recyclages des produits obsolètes **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources d'approvisionnement.	-Réduire les sources d'approvisionnements. -Substituer les matériaux -Recycler les produits -Réutiliser les matériaux
Eco-production **H**=2semaine **P=** 1 jour	**O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts de production (Energie et matériaux) **O7** : Etendre le portefeuille des produis recyclables. **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources.	- Inspection contrôle qualité -Nouvelles technologies avancées. - Eviter les procédés lourds et consommateurs d'énergie -Réduire au minimum la consommation de carburant et d'énergie
Usage de l'écoemballage. **H**=2semaine **P=** 1 jour	**O5 :** Réduire les coûts d'emballages **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Recyclage de l'emballage) **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources. (Réduire le poids des emballages)	-Réduire au minimum la consommation de carburant et d'énergie -Réduire et réutiliser les matériaux d'emballage. -les économies d'emballages et de conditionnements. -Choix des emballages avec matériaux recyclables
Définir une politique verte de la distribution et de Transport. **H**=2semaine **P=** 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications.	-Choix du moyen de transport moins polluants. -Réduction du nombre de kilomètres effectués grâce à un plan transport plus efficace. - Meilleur chargement des camions

	O9 : Réduire l'empreinte de carbone (Optimiser le circuit de distribution) **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources.	-Chercher des sites géographiques plus proche aux clients

Tableau IV. 5 Cohérence des VD aves les objectifs – Fonction « Gérer la distribution »

Fonction « Gérer la distribution »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Définir la Stratégie logistique aval: Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution Définir la capacité de stockage et de transport, sous-traitance du service…etc. **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O3 :** Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O5 :** Réduire les coûts de transport et de stockage. **O5** : Réduire les coûts de livraisons par le choix d'un prestataire adapté.	Définir une gestion globale de la chaine logistique aval. -Transport multi-sources ou multi-destinations -Capacité des entrepôts et l'équilibre entre les flux entrants et sortants de l'entrepôts.
Plan des besoins de distribution (DRP). **H** =1 ans**P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande confomme à la quantité demandée **O5 :** Réduire les coûts de stockage et entreposage. Et optimiser le chargement de produit dans la remorque. (Réduction du coût de chargement) **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Energie)	-Planifier la distribution physique des produits finis stockés dans le réseau logistique vers les clients finaux. - Prioriser les livraisons par clients critiques -Identification des fréquences des livraisons -La répartition des quantités à livrer vers les clients finaux. -Choix de Mode de transport -Contraintes de chargement
Elaboration des Contrats des transporteurset révision des contrats annuels . **H** =1 ans**P** = 3 mois	**O9 :** Réduire l'empreinte de carbone **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources.	-Choisir un transporteur fiable -Préciser les termes de leurs contrats afin de réduire au minimum les risques de litiges. -Définir les transferts de frais et de risques. -Préciser la nature des documents à établir qui doit procéder à leur établissement.
Planning des tournées **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O5 :** Réduire les coûts de transport en sélectionnant le prestataire adapté. **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Optimiser les tournées)	-Rassembler les marchandises sur un centre de regroupement. -Choisir les politiques de regroupement pour limiter les coûts de transport.

IV.2.3 Développement des VD pour les autres fonctions

Le choix de détailler les fonctions pivots a été justifié précédemment. Cependant le modèle étant plus large et plus consistant, d'autres fonctions existent dans le modèle GRAILOG-EXP (gérer le commercial, les achats et l'approvisionnement, gérer la qualité de la matière première et du produit fini, les ressources humaines, le développement durable et la responsabilité sociétale, gérer la crise et les retours).
Nous avons suivi la même démarche que celle énoncée dans l'identification des VD pour les fonctions pivots. Ces développements étant jugés non nécessaires dans cette partie, ils ne sont

pas détaillés dans le chapitre. Pour plus de détail, le lecteur pourra consulter l'annexeIV.1. Nous avons délibérément souhaité annexer les autres fonctions afin de ne pas alourdir le chapitre.

IV.2.3.1 La mise en cohérence des VD

Nous avons montré dans le chapitre précédent que la méthode ECOGRAI est articulée sur le triplet {objectif, variable de décision, indicateur} nécessaire pour concevoir et implanter, dans tous les centres de décision, un ensemble d'indicateurs de performance permettant l'évaluation.

La méthode GRAI (Ducq et al., 2004) permet une recherche d'analyse de cohérence à tous les niveaux :

- Cohérence interne au centre de décision, entre les variables de décision, les indicateurs de performance et les objectifs.

- Cohérence intra-fonction (dans une même fonction) Cohérence inter-fonction réalisée sur la structure décisionnelle de l'ensemble des fonctions.

Pour la mise en cohérence, en premier lieu, il faut établir le lien entre les objectifs et les variables de décision. La mise en œuvre aura un effet sur la performance du système. Dans les tableaux précédents (Tableau IV.2., IV.3, TV.4, IV.5) nous avons vérifié que tout objectif sélectionné est au moins lié à une variable de décision. En effet, un objectif ne peut exister si aucun moyen d'action (VD) n'est prévu en amont pour l'atteindre.

IV.3. Identification des indicateurs de performance

IV.3.1 La place des KPI dans le pilotage d'une Supply chain

La cinquième phase du modèle **PERFLOG** permet d'identifier les indicateurs de performance du système étudié. Nous allons désormais noter KPI (Key Performance Indicator) à chaque fois que nous relaterons les indicateurs de performance.

Les KPI de la SC sont toujours liés et aux VD et aux objectifs tout en étant utilisés de façon ascendante : ces KPI transmettent l'information de l'unité de production d'un centre de décision inférieur à un autre centre de décision supérieur. Nous avons identifié une grille de KPI's pour la grille GRAILOG-Exp, qui propose un ensemble d'indicateurs pour toute fonction proposée sur tout centre de décision**.** Les indicateurs sélectionnés sont basés sur une recherche approfondie des trois référentiels de la mesure de performance (SCOR, ASLOG, BSC) qui proposent des indicateurs pertinents ou des catégories d'indicateurs.

D'après la revue de littérature des modèles d'évaluation de performance (dans le chapitre II section I) le modèle SCOR propose une série d'indicateurs, standardisés susceptibles de venir en appui aux pratiques d'experts de terrain pour faciliter le pilotage logistique et permettre des comparaisons entre entreprises. D'autres modèles comme l'AFNOR vus dans le chapitre II donnent des indicateurs génériques jugés importants dans le secteur industriel (pour chaque fonction). Le résultat de ce travail de synthèse est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau IV.6).

IV.3.2 Construction de KPI pour l'évaluation de performance de la SC

Les types d'indicateurs caractérisent chacun des quatre domaines concernés. Une proposition très allégée avec une liste non limitative d'indicateurs est présentée ci-dessus. Les indicateurs développés dans la grille GRAILOG-EXP peuvent être de véritables outils pour piloter une SC.

Ces indicateurs sont précis et synthétiques. Ils permettent aux différents centres de prendre les bonnes décisions au bon moment. Ils doivent donner une vision la plus correcte et concrète possible de la SC dont les objectifs étaient clairement définis.

Les indicateurs de performance sont considérés comme des éléments observables et mesurables des biens, procédés, services et activités liées aux différentes stratégies de l'entreprise. Les mesures de performance doivent être observables, significatives, activées, réalistes et temporellement définis...Ces indicateurs de performance nous fournissent une indication plus claire soit d'une réussite (voie vers l'excellence,), soit d'un échec dans la réalisation de ses objectifs stratégiques. L'objectif de la grille KPI présentée précédemment est d'amener une vision la plus large possible balayant les divers aspects d'une SC, une synthèse la plus structurée possible afin de permettre aux décideurs un usage modulaire au besoin par fonction de la grille des KPI.

Tableau IV. 6 Grille GRAILOG-EXP/KPI's

Fonctions / Centres de Décision	Info Ext	Gérer le commercial	Gérer l'industrialisation	Gérer les achats et l'appro	Gérer la qualité de la matière première	Gérer la Production	Gérer la qualité Des P. F	Gérer les ressources techniques de production	Gérer les ressources humaines	Gérer le Développement durable et Responsabilité sociétale	Gérer les crises/risques	Gérer la distribution	Gérer les retours	Info Int
Niveau Stratégique **H** = 5 ans **P** = 6mois	Evolution du marché	Adopter une stratégie commerciale innovante -Chiffres d'affaires réalisés/ objectifs des ventes. - Coût de distribution/ chiffre d'affaires -Nouveaux clients. -Coût de la fonction commerciale/ chiffre d'affaires. Identifier les risques économiques -Part de marché (totale. par famille, par secteur), croissance du marché -Environnement (indices d'évolution d'achat, de vente) -Nombre de concurrents. - Nombre et durée des risques (naturel, sanitaire).	Stratégie d'industrialisation -Nombre de site de production -Rapidité d'assemblage -Délai d'industrialisation	Stratégie de multisourcing /monosourcing - Nombre des fournisseurs sur le marché. -Fournisseurs actifs suivis -Nombre de fournisseurs partenaires. -Nombre de nouveaux fournisseurs homologués/Nombre de fournisseurs actifs en panel (%). Programme d'achat (articles, références, famille) -Nombre de références de produits -Délai moyen d'approvisionnement / fournisseur -Nombre de livraisons des fournisseurs. -Taux de conformité des produits/cahier de charge	Evaluation des fournisseurs -Qualité de services de fournisseurs. -Taux de diminution des fournisseurs actifs. (sur base historique). -Nombre de fournisseurs sous AQ (assurance qualité) -Prix d'achat.	Réaliser le PIC -Taux de fiabilité des prévisions de vente -Cout de la stratégie de production (PIC) -Taux d'engagement de ressources techniques et humaines (TRE taux de rendement économique)	La traçabilité des produits Garantir la conformité -Temps de réponse d'identification du produit -Taux de couverture et de traçabilité. -Taux d'anomalie de stocks PF.	Investir en équipement de machine -Taux de fiabilité des équipements. -Emploi des équipements -Nombre d'équipements écologiques (non consommateur d'énergie) -Nombre d'équipement à faible risque -Temps de maintenabilité.	Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement. -Nombre d'effectifs (usine, extérieur) -Embauches (nbre de personnes recrutés) -Nbre de stagiaires (Total % des effectifs) -Nombre de démissions. -Moyenne d'âge des personnels. Politique de gestion de budget (affectation et compétences). -Coût de formation des nouveaux recrutes. -Budget formation -Nombre d'heures de formation du personnel.	Intégrer l'environnement dans la stratégie (logistique verte) -Coût environnemental -Taux de pollution/ bilan carbone -Taux de traitement des déchets de production -Le nombre de violations de la réglementation environnementale.	Définir la politique de la gestion de la crise. -Nombre de campagnes de communication -Le temps de réaction Définir le plan de prévention de crise en amont -Nombre de personnes sensibilisées à la crise. -Budget de prévention de la crise (moyens de prévention). -Nombre d'outils disponibles (tableau de bord, minutier)	Définir la Stratégie logistique aval : Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution Définir la capacité de stockage et de transport, sous-traitance du service…etc. -Le nombre de modes différents de distribution. -le nombre de transporteurs Le tonnage annuel -Le cout de transport -le taux de remplissage des contenants -Durée moyenne de stockage dans la plateforme -Volume moyen annuel du produit présent sur chaque site. -Taux de service de la distribution.	Conception de la chaine de retour -Nombre de plaintes et retours clients par mois -Taux de satisfaction des clients. La sélection des sites de retour -Nombre de sites de retours. -Distance des sites de retours.	Bilan semestriel d'activité DG
Niveau Tactiques **H**=1 ans **P**=3 mois	**Clients** **Commandes prévisionnelles**	Définir le plan prévisionnel commercial. -Taux de fiabilité des prévisions de ventes. -Taux de service à la clientèle. Négocier les offres aux clients -Nombre de négociations -Nouveaux contrats de collaboration et plans d'amélioration signés et suivis	Investissement matériel indus et formation -Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes d'assemblage) - Capacité de réaction pour reconfigurer la ligne de production à distance - Délai de mise en route des machines / maintenance -Pourcentage de poly compétences des opérateurs formés en production	Définir les politiques d'approvisionnement -Quantité à fabriquer -Fiabilité du plan d'approvisionnement (quantités reçues/quantités prévues) -coût d'approvisionnement et achat -Temps de cycle. -Flexibilité des approvisionnements (nombre de références standards/nombre de références totales ?) Taille des lots d'approvisionnement.	Audit qualité internes. -Taux de satisfaction des fournisseurs. -Nombre de fournisseurs audités/Nombre de fournisseurs du panel % -Le respect des délais de livraison. (M.P) -Temps de cycle de traitement de commandes. -Taux de respect des procédures/	Réaliser le PDP -Taux de capacité de production. -Délai de production estimatif -Taux de respect du plan de production. Programmation de la production et calcul des besoins nets -Niveau des en-cours. -Nombre de livraisons reçues à temps - Taux de rendement global -Cout de consommation	Revue de direction -Taux de satisfaction des clients internes. -Le respect de délai de livraison de PF aux clients. -Taux de qualité du produit fini. Respecter Délai de mise en œuvre -Délai de mise en œuvre du controle qualité PF -Le temps d'attente du P. F	Définir une politique de maintenance TPM -Coût de maintenance -Taux de maintenance préventive Taux de maintenance curative -Nombre de risque d'intervention sur machine Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machines). -Nombre de techniciens formés. -Nombre d'outils de contrôle et diagnostic machine. -Budget à louer à la maintenance préventive.	Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées. -Nombre de nouveaux emplois offerts chaque année. -Nombre de travailleurs par département -Taux d'heures supplémentaires. - Nombre de nouveaux recrutés par département Conditions de travail et protection sociale -Taux d'absentéisme (par catégorie) - Nombres de départs en période d'essai.	La sélection d'éco-fournisseurs -Le pourcentage de produits co-conçus avec les partenaires Eco conception Le nombre de composants standards dans le portefeuille produit -Le pourcentage des matériaux recyclés dans les produits -Taux d'utilisation de l'éco-étiquetage Le 3Rs (Réduire, Réutiliser Recycler) -Coût de recyclage. -Temps de recyclage	Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle...) -Nombre de personnes impactées -Mesures de prévention -Ressources adaptées à la gestion de crise. Traiter le risque de délocalisation -Distance kilométrique-Coût de production et énergie -Livraison dans le délai promis. Traiter le risque supply chain Le management de conflits internes.	Plan des besoins de distribution (DRP) Distances parcourues en KM (géolocalisation des véhicules) -Taux de remplissage par véhicule. -Niveau de stocks dans l'entrepôt -Nombre d'expéditions -Coût de transport -Taux de retard Elaboration des contrats occasionnels avec les transporteurs et révision des contrats annuels	Gérer les réclamations clients -Nombre de commandes passées en urgence -Taux de réclamations clients -Nombre de clients satisfaits de la communication -Taux de démarque inconnue (produits disparus, volés ou cassés) -Taux de retard Mise en place des moyens pour définir un plan de progrès.	Réclamations en cours, taux ruptures de retards

			-Budget d'investissement en (équipements et formation).	Définir les modes d'approvisionnement (KANBAN par exp) -Temps de changement de fabrication par série. -Temps de cycle. -L'encours WIP Assurer la fiabilité des appros -Cycle de réapprovisionnement des stocks. -Fiabilité de planning d'approvisionnement. -Taux de service moyen (quantités livrées ou de commandes honorées). -Nombre de références en ruptures de stocks.		des ressources techniques -Taux de rotation des stocks - Taux de produits conformes	Déployer la traçabilité des produits -Taux de fiabilité de l'information sur le produit. -Taux de précision de l'information du produit. -Délai de traitement des réclamations clients. -Fiabilité des techniques (RFID, Etiquetage,)		-Nombre de départs à la retraite Développement pratiques management équipes -Qualification du personnel. -Taux productifs/ Improductifs (personnels)	-Temps d'évacuation des déchets. -Consommation d'énergie lors de recyclage. Eco-production -Nouvelles technologies propres.	-Le nombre de partage de l'information. -Le nombre de formations liées à la gestion de conflits. - Nombre de jours d'arrêts (grèves) -Nombre de réunions avec les représentants des salariés	-Nombre de contrats occasionnels -Nombre de révisions de contrats annuels. -Durée moyenne de contrat. -Le nombre de nouveaux contrats de collaboration et plans d'amélioration signés et suivis.	-Livraison dans les délais promis. -Délai de réactivité du service SAV. -Budget alloué -Formation technique de contrôle.	
Niveau Opérationnel **H=**2semaine **P =** 1 jour	Infos sur les clients.	Valider les commandes -Précision de prévision. -Délai de traitement global ou par commande -Efficacité des points de vente (nbre de ventes par point). Suivi des commandes -Nombre de commande réalisés. -Délai de réponse. -Niveau des en-cours -Taux de couverture de stock du produit fini.	Mode de fabrication des produits -Temps de mise en route de production. -Nombre de procédés de fabrication. -Cycle de fabrication par commande. -Taux de qualité produit. Intervention à court terme comme les urgences. -Nombre d'intervention d'urgence -Flexibilité de production à court terme	Suivre le stock -Nombre de références gérées en stocks. -Coût des stocks (total, par m3, des stocks morts). -Surface de stockage utilisée (unités de stocks/m2) -nombre de références contrôlées. -Taux de rotation de stocks. Relance de commande -Taux de commandes livrées. -Coût de relance -Délai de réactivité fournisseurs. - Nombre de pénalités (problème de qualité, problème de retard) -Nombre de commandes suivis -Délai moyen de traitement d'une demande d'achat. -Retards de livraisons (en jours, en quantité différée) -Taux de satisfaction des commandes	Vérifier la conformité des composants -Taux de produits conformes -Coût de conformité. -Temps de conformité. -Taux de qualification de personnels.	Lancer la fabrication -Temps de cycle de fabrication -Taux de Productivité -Nombre de jours de stocks du produit finis. -Taux de rupture de stock -Taux de perte -Taux d'arrêt Gérer l'emballage et le conditionnement -Coût de production/conditionnement -Taux d'emballage recyclables	Maitrise des produits N.C Taux de non-conformité -Coût de non-conformité. - Pénalités (qualité, retard) Contrôles et essais -Taux de produits conformes -Taux de rebut. -Nombre du produit contrôlés	Contrôle des machines et entretiens -Taux de panne - Taux d'utilisation des machines. (TRS) -Taux d'arrêts de machines non programmés. - taux de disponibilité. - taux de maintenabilité. (Facilité d'accès aux organes de la machine) Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation. -Nombre d'opérateurs de production formés au premier niveau. -Nombre de moyens de contrôle de premier niveau (température graissage.) Gérer la maintenance préventive et curative. -Taux de maintenance préventive -Taux de maintenance curative -Nombre de pannes machines -Temps d'arrêt d'équipement -Nombre de techniciens formés en 2 et 3 niveaux (sont connu par les mainteniciens) -Degré de maitrise des outils de maintenance préventive (vibrations, CND)	Affecter et gérer les ressources humaines. -Nombre de licenciements par an. -Coût de licenciement -Taux d'absentéisme hebdomadaire. -Turnover Gérer le personnel de manutention (réception, préparation, expédition de réparation -Nombre de personnels formés de manutention. -Nombre de commandes préparées par jour Gestion de conflits -Nombre de réclamations clients. -Durée de grève (Arrêt du travail)	Usage de l'écoemballage. -Coût d'emballage éco emballage Définir une politique verte de la distribution et de Transport. -Consommation d'énergie. -Taux de CO2 dégagé sur l'horizon -Volume de déchets générés sur l'horizon -Nombre de kilomètres propres parcourus sur l'horizon par rapport aux nombres total de kilomètres parcourus.	Définir le plan de continuité. -Coûts de pertes financières. -Budget de relance des activités. -Plan de sortie de crise -Niveau de stocks de la matière première. -Nombre de commandes prévues. Gérer la sortie de la crise. -Nombre de scénario de sortie de crise. -Fiabilité du plan de sortie -Taux de disponibilité des équipements de production Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image -Données économiques crise/risque. -Taux d'intégration du personnel. -Délai de traitement de livraison.	Planning des tournées -Taux de remplissage des camions. -Délai de traitements des commandes clients. -Taux de conformité et de qualité des livraisons (Taux de service de livraison) -Nombre de réclamations clients -Délai de traitement de réclamation client. -Nombre de kilomètres parcourus - Nombre et volume des emballages disponibles sur chaque site -Coût de distribution et de transport.	Analyse et traitement de commandes retardées ou bloquées -Temps de cycle pour le retour des produits. -Délais de remboursement ou de rechange. -Délai de traitement de réclamation. -Coût de la logistique inverse -Valeur du stock des produits retournés. Contrôle Qualité. -Taux de conformité qualité. -Taux de retours clients Révision du plan prévisionnel -Suivi des erreurs de prévisions. -Délai de traitement des commandes urgentes. -Taux de service client -Taux de couverture de stock -Réactivité aux réclamations clients.	Paiement Et ventes

IV.4. Les technologies 4.0 de l'industrie 4.0 supports aux KPI : Analyse d'impact et intégration dans PERFLOG

IV.4.1 Utilisation des technologies de l'industrie 4.04.0 dans l'industrie automobile

IV.4.1.1 Importance des publications

Le concept « industrie 4.0» se base sur les technologies numériques pour rendre les activités de fabrication plus connectées, plus reconfigurables, plus agiles et mieux adaptées aux besoins des clients. L'acquisition en temps réel de données, la possibilité de les traiter avec des moyens avancés et l'usage d'internet et de capteurs rendent la maitrise de la SC possible. Aujourd'hui Il est possible de créer une usine intelligente où Internet, capteurs sans fil, logiciels et autres technologies de pointe sont utilisés afin d'optimiser la production. Selon (Moeuf 2017) l'industrie du futur fait référence aux usines connectées, rendues flexibles et intelligentes grâce à la mise en réseau des machines, des produits et des individus. L'industrie 4.0 est un concept de pilotage industriel visant la synchronisation en temps réel des différents flux et la production personnalisée de produit.
Plusieurs technologies ont été identifiées dans la littérature. Une importante étude de la littérature a été effectuée afin de renforcer notre connaissance concernant l'Industrie 4.0 dans le secteur automobile. Pour mieux appréhender les principaux outils technologiques et saisir leurs impacts non seulement sur des grands groupes mais également sur les petites et moyennes entreprises.

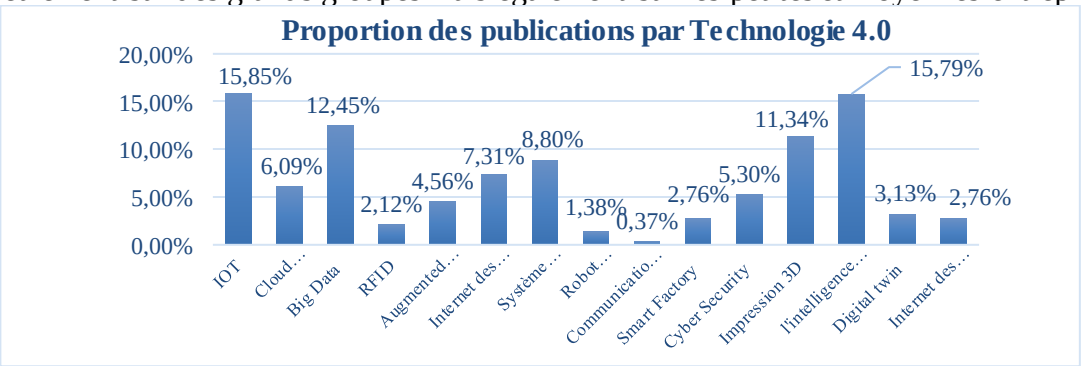


Figure IV. 2 Proportion des publications relatives aux technologies4.0 (publiés entre 2015 et 2020 - Panel de 1887 documents)

D'après les résultats obtenus dans la figure IV.2, nous constatons qu'il y'a une forte présence des publications relatives à la technologie **IOT** et **l'intelligence artificielle** suivie par le **Big Data** dans le secteur automobile, cela signifie leur importance d'utilisation et valeur ajoutée dans l'industrie.
On retient de cette étude le fort intérêt pour l'Industrie 4.0 en termes de volume de publications (1887) de 2015 à 2020, ce qui indique l'intérêt des nouvelles technologies auprès des scientifiques et industriels.

IV.4.1.2 Focus sur les articles scientifiques : les axes de recherche prioritaires dans l'industrie automobile

Une étude spécifique ciblant les publications scientifiques a été réalisée pour approfondir les connaissances actuelles concernant l'Industrie 4.0, en particulier les principaux outils numériques, et ses différentes applications dans le secteur automobile.

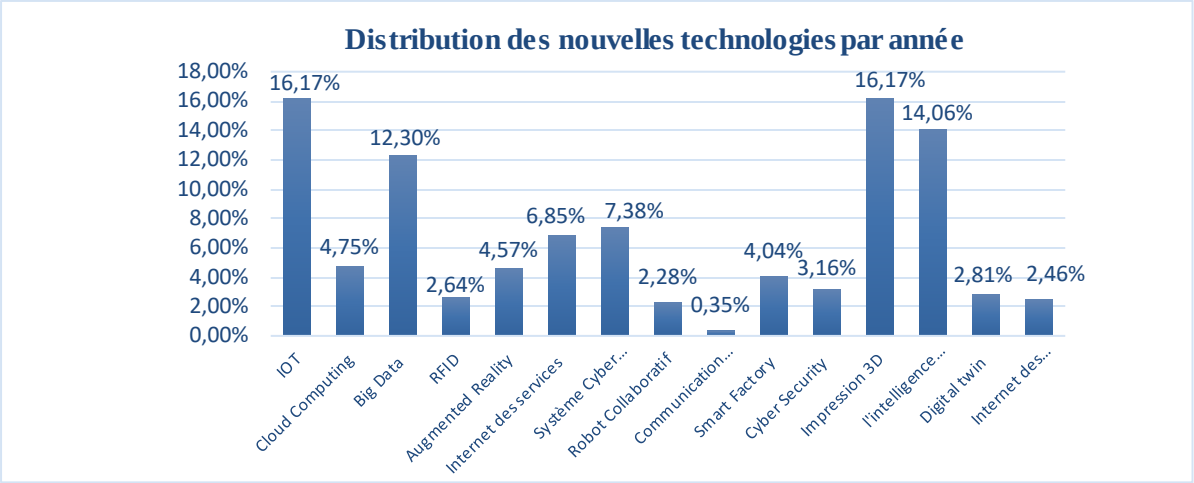


Figure IV. 3 Proportion des Technologies prioritaires (publiés entre 2015 et 2020 – Panel de 569 articles scientifiques)

D'après cette étude nous pouvons révéler différents éléments intéressants. La Figure IV.3 fait apparaitre que le plus grand nombre des articles publiés ces 5dernières années, étaient en lien directe avec le thème des **IOT** suivi par **l'impression 3D** et **l'intelligence artificielle.**

(Kagermann, 2015) a caractérisé cette nouvelle ère de la numérisation par une utilisation massive des connaissances capitalisées avec les nouvelles technologies de l'information pour avoir une production intelligente, réactive et efficiente. Dans ce contexte, on parle aussi de logistique intelligente., *la RFID, Le GPS, l'échange de données informatisées (EDI), les architectures informatiques cloud, les grandes données, la télématique et bien d'autres sont utilisés. Un système intralogistique fonctionnel* est la clé d'une production efficace dans l'industrie 4.0.Bien que dans (Hermann et al.2015), les auteurs évoquent les systèmes Cyber-Physiques, internet des services et internet des objets comme étant la base des technologies de l'industrie 4.0,d'autres auteurs ont balayé plus large : (Gamache 2019) ont examiné une étude sur 51 publications afin de ressortir les outils les plus fréquemment associés à l'industrie 4.0 comme *le Big data, Smart factory, Usine intelligente, Cloud computing, Internet des objets, M2M, L'internet des objets, …*

Pour mesurer la fiabilisation des KPI proposés par la grille GRAILOG-EXP-KPI's, avec les technologies 4.0lapremière étape est d'identifier les technologies 4.0 les plus pertinentes pour notre étude (Figure IV.4). Le choix de ces techniques et méthodes dépend notamment des orientations stratégiques, des enjeux, des contextes internes et externes et des ressources disponibles, tant humaines que technologiques. Pour sélectionner les technologies qualifiantes les plus pertinentes, on a considéré que celles qui sont le plus souvent citées dans la littérature soutiennent notre travail. Les analyses précédentes et les références traitant de ces comparaisons nous ont permis de consolider l'intérêt et l'utilisation des technologies dans l'industrie automobile. Nous pouvons à ce stade générer la liste de technologies habilitantes qualifiantes les plus pertinentes pour notre étude. Pour ce faire, ce travail a exploité une liste de 12 groupes technologiques les plus pertinents (donnée également dans le document de Boston Consulting Group (Jovanovski et JOANNEUM,2019) : *Big Data / Intelligence artificielle, RFID, Digital Twin, Cloud Computing, Réalité augmentée & virtuelle, Cyber sécurité, Internet des objets (IoT),*

Internet de l'énergie, Robots collaboratifs, Fabrication additive et impression 3D, Apprentissage machine, Simulation.

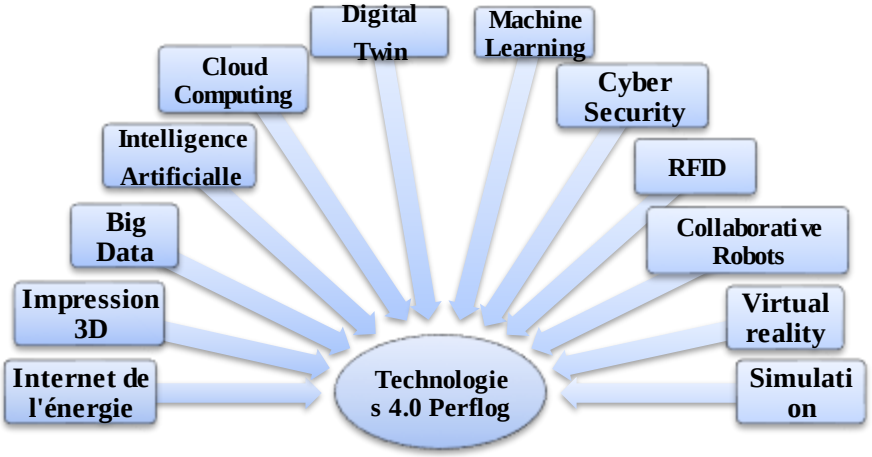


Figure IV. 4 Les Technologies de l'industrie 4.0 sélectionnées pour le modèle PERFLOG

IV.4.2 La nécessité de pilotage par Indicateurs de performance

La performance est considérée comme un concept souvent complexe à définir, car il est multidimensionnel, il a plusieurs facettes et il est utilisé dans plusieurs domaines. Cette performance s'appuie souvent sur les concepts d'efficacité et d'efficience. Pour y parvenir, il est nécessaire de gérer l'ensemble des fonctions opérationnelles intervenant entre les fournisseurs et les distributeurs considérés comme des acteurs essentiels d'une SC. La performance cible donc la production, l'approvisionnement, la distribution d'un produit, son stockage, son conditionnement jusqu'à sa livraison sur le lieu d'utilisation ou de consommation.

Pour piloter efficacement la performance d'un système logistique, il est nécessaire de détenir un ensemble d'indicateurs pertinents en lien avec les objectifs opérationnels et stratégiques de l'activité. Il permet au manager de bien monitorer la SC et d'agir rapidement en cas de dérive ou encore mieux, agir préventivement, donc avant que les écarts apparaissent. Pour relever ces défis des KPI (*Key Performance Indicator*) fiables sont incontournables. Ces KPI fournissent des informations pertinentes et précises sur l'état de l'existant**,** capables de mesurer la performance logistique d'une entreprise, suivre l'évolution des processus et effectuer des actions d'amélioration continue.

IV.4.3 l'intégration des technologies 4.0 dans l'usage des KPI's retenus dans la grille

Notre démarche à ce stade de réflexion est d'analyser l'apport que peut constituer l'axe technologique lié à l'industrie 4.0 dans l'élaboration et l'amélioration des performances liées à ces KPI. Les différentes technologies 4.0 qui ont été proposées précédemment sont potentiellement contributrices à la fiabilisation des KPI. En effet, un KPI n'a de valeur que lorsqu'il mesurable, pertinent, fiable et accessible. Nous partons du postulat que les évolutions technologiques et numériques actuelles permettent de fiabiliser aussi bien l'acquisition des données, leurs traitements, leurs transmissions et leurs consultations.

Cette étude vise donc à déchiffrer la contribution de chaque brique technologique à divers KPI de PERFLOG. Dans la grille qui suit nous avons élaboré un travail en deux temps : d'abord nous relatons les KPI nécessaires aux prises de décisions par fonction tout au long de la SC sur la base

de la grille GRAILOG-EXP-KPI's. Ensuite, nous avons établi une analyse permettant de montrer la contribution de chaque technologie aux KPI identifiés.

Le tableau IV.7 ci-dessous présente la grille GRAILOG-Exp des KPI's. Nous avons mis en avant quelques indicateurs en intégrant la liste des technologies les plus pertinentes avec des codes couleurs. Dans le paragraphe qui suit IV.4.6 une analyse plus fine détaillera davantage de technologies associées aux KPI. Ensuite, une étude de croisement des technologies et des indicateurs de performance sera menée, explicitée et détaillée pour clarifier la participation d'une technologie à la fiabilisation d'un KPI.

Tableau IV. 7 Elaboration de la grille GRAILOG EXPLOITATION/ KP en intégrant les nouvelles technologies de l'industrie4.0

Fonctions / Centres de décisions	Info Externe	Gérer le commercial	Gérer l'industrialisation	Gérer les achats et l'approvisionnement	Gérer la qualité de la matière premières	Gérer la production	Gérer la qualité Des P. F	Gérer les ressources techniques de production	Gérer les ressources humaines	Gérer le Développement durable et Responsabilité sociétale	Gérer les crises/risques	Gérer la distribution	Gérer les retours	Info Interne
Niveau Stratégique **H** – 5 ans **P** – 6mois	Evolution de marché	Adopter une stratégie commerciale innovante -Chiffres d'affaires réalisés/ objectifs des ventes. - Coût de distribution/ chiffre d'affaires . Coût de la fonction commerciale/ chiffre d'affaires.	Stratégie d'industrialisation - Nombre de site de production -Rapidité d'assemblage	Stratégie de multisourcing /transsourcing -Nombre des fournisseurs sur le marché -Nombre de fournisseurs partenaires.	Evaluation des fournisseurs -Qualité de services de fournisseurs -Nombre de fournisseurs sous AQ (assurance qualité)	Réaliser le PIC - Taux de fiabilité des prévisions de vente. -Cout de la stratégie de production (PIC)	La traçabilité des produits Garantir la conformité - Temps de réponse d'identification du produit -Taux de couverture et de traçabilité.	Investir en équipement de machine -Taux de fiabilité des équipements -Emploi des équipements -Nombre d'équipements écologiques (non consommateur d'énergie)	Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement - Nombre d'effectifs (usine, extérieur) -Taux de pollution/ bilan carbone -Embauches (nbre de personnes recrutés	Intégrer l'environnement dans la stratégie (logistique verte) -Coût environnemental -Taux de traitement des déchets de production	Définir la politique de la gestion de la crise -Nombre de campagnes de communication -Le temps de réaction Définir le plan de prévention de crise en amont -Nombre de personnes sensibilisées à la crise.	Définir la Stratégie logistique aval : Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution Définir la capacité de stockage et de transport, sous-traitance du service…etc -Le nombre de modes différents de distribution. -Le nombre de transporteur -Le cout de transport	Conception de la chaine de retour -Taux de satisfaction des clients. La sélection des sites de retour -Nombre de sites de retours. -Distance des sites de retours.	Bilan semestriel d'activité DG
Niveau Tactiques **H**–1 ans **P**–3 mois	**Clients** **Commandes prévisionnelles**	Définir le plan prévisionnel commercial. -Taux de fiabilité des prévisions de ventes. Négocier les offres aux clients -Nombre de négociations	Investissement matériel indus et formation -Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes d'assemblage). -Pourcentage de poly compétences des opérateurs formés en production	Définir les politiques d'approvisionnement -Quantité à fabriquer - Fiabilité du plan d'approvisionnement (quantités reçues/quantités prévues) - Coût d'approvisionnement et achat.	Audit qualité internes -Taux de satisfaction des fournisseurs --Le respect des délais de livraison. (MLP)	Réaliser le PDP -Taux de capacité de production -Taux de respect du plan de production Programmation de la production Et calcul des besoins net -Nombre de livraisons reçues à temps	Revue de direction -Taux de satisfaction des clients internes -Taux de qualité du produit fini	Définir une politique de maintenance TPM -Coût de maintenance -Nombre de risque d'intervention sur machine	Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées -Nombre de nouveaux emplois offerts chaque année. -Nombre de travailleurs par département -Taux d'heures supplémentaires.	La sélection d'éco-fournisseurs -Le pourcentage de produit eco conçues avec les partenaires. Eco conception - Nombre de composants standards dans le portefeuille produit	Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle…) Nombre de personnes impactées - Mesures de prévention Traiter le risque Surely Chain Le management de conflits internes -Nombre de partage de l'information. -Nombre de formations liées à la gestion de conflits	Plan des besoins de distribution (DRP) -Distances parcourues en KM (géolocalisation des véhicules) -Taux de remplissage par véhicule. -Nombre d'expéditions	Gérer les réclamations clients -Taux de réclamations clients -Taux de démarque inconnue (produits disparus, volés ou cassés) -Nombre de clients satisfaits de la communication -Taux de retard	Réclamations en cours, taux ruptures de retards
Niveau Opérationnel **H**–2semaine **P** – 1 jour	Infos sur les clients	Valider les commandes - Précision de prévision. -Délai de traitement global ou par commande -Efficacité des points de vente (nbre de ventes par point).	Mode de fabrication des produits -Temps de mise en route de production. -Cycle de fabrication par commande	Suivre le stock -Nombre de références gérées en stocks. - -nombre de références contrôlées. Relance de commande -Taux de commandes livrées. -Coût de relance -Délai de réactivité fournisseurs.	Vérifier la conformité des composants -Taux de produits conformes - Coût de conformité Gérer l'emballage et le conditionnement -Coût de production/conditionnement	Lancer la fabrication - Temps de cycle de fabrication -Taux de Productivité -Taux de perte	Contrôles et essais --Taux de produits conformes - Nombre du produit contrôlés	Contrôle des machines et entretiens - Taux de panne - Taux de maintenabilité. (Facile à accéder aux organes de la machine). - Taux de disponibilité.	Gérer le personnel de manutention (réception, entreposage, expédition de réception -Nombre de personnels formés de manutention. Gestion de conflits -Nombre de réclamations clients -Durée de grève (Arrêt du travail)	L'issue de l'écoemballage. -Coût d'emballage éco emballage Définir une politique verte de la distribution et de Transport. -Consommation d'énergie. -Taux de CO2 dégagé sur l'horizon	Gérer la sortie de la crise. -Nombre de scénario de sortie de crise. -Fiabilité du plan de sortie Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image Données économique crise/risque. -Taux d'intégration du personnel	Planning des tournées -Taux de remplissage des camions. -Délai de traitements des commandes clients. -Coût de et de transport.	Analyse et traitement de commandes retardées ou bloquées -Temps de cycle pour le retour des produits. --Coût de la logistique inverse Révision du plan prévisionnel -Suivi des erreurs de prévisions.	Paiement Et ventes

Cloud Computing · IoT · Robots Collaboratif · Simulation · Impression 3D · Digital Twin
Réalité augmenté & virtuelle · Internet des énergies · Cyber Sécurité · Intelligence artificielle · RFID · Big Data

IV.5. Analyse et critiques des modèles de maturité 4.0 existants

IV.5.1 Revue des modèles de maturité existants

Le but de cette section, et de faire une étude bibliographique rapide concernant les modèles de maturité, pour justifier les niveaux de maturité que nous présenterons par la suite section IV.5.2 suivant l'approche PPTechIP. Ces modèles aident une entreprise à atteindre un niveau de maturité plus important en matière de processus/structures et ou d'objets/technologies, et personnes/culture tout en suivant l'amélioration continue du processus dans toutes les étapes. (Mittal et al.,2018) ; (Blondiau, Mettler et Winter 2016). Les modèles de maturité, dans le contexte d'industrie 4.0, sont particulièrement importants. Cela est particulièrement intéressant lorsqu'il s'agit d'adopter une démarche systématique de transformation vers industrie 4.0 dans les entreprises (Pessel et al.,2018).

La littérature scientifique très abondante a montré plusieurs approches pour mesurer le niveau de maturité ou de préparation à la mise en place de l'industrie 4.0 dans l'entreprise (tableau IV.8). Leur objectif commun est d'évaluer le niveau de maturité des processus de l'entreprise et de fournir une indication sur les actions nécessaires pour augmenter ce niveau.

Tableau IV. 8 Les modèles de maturité trouvés dans la littérature (Paccini 2019)

Maturity and Readiness Models	Authors
ACATECH Maturity Index	Schuh et al. (2017)
The Singapore Smart Industry Readiness Index	Basll and Doucek (2019)
IMPULS - Industrie 4.0 Readiness	Lichtblau et al. (2015)
DREAMY - Digital Readiness Assessment Maturity Approach	Mittal et al. (2018)
A maturity approach for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises.	Schumacher et al. (2016)
SIMMI 4.0 – A Maturity Approach for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0	Leyh et al. (2016)
Industry 4.0: Building the digital enterprise.	Sarvari et al. (2018)
Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration approach	Stefan et al. (2018)
Three stage maturity model in SME's towards Industry 4.0	Ganzarain and Errasti (2016)

Certains de ces modèles portent le nom de "readiness", comme le modèle Singapore (Board.,2019), « DREAMY » (Mittal et al.,2018) mais aucun d'entre eux ne peut évaluer l'état de préparation à la mise en place de l'industrie 4.0. Selon Schumacher et al. (2016), ces modèles ne font pas la différence entre la préparation et la maturité.

Les entreprises d'aujourd'hui, tous secteurs confondus, tentent le saut de l'industrie du futur en introduisant les technologies 4.0. Afin de mieux se positionner et réaliser des progrès dans cette conversion de l'industrie 4.0, plusieurs modèles de maturités ont été proposés dans la littérature. Le premier modèle de maturité et le plus connu est CMMI (capability maturity model integration) développé depuis des années 1990 par le SEI (Software Enginering Institute) particulièrement pour les entreprises d'informatiques dans les activités d'ingénierie. L'objectif est d'améliorer l'efficacité des processus des activités de la maintenance et le développement des produits et services. Il couvre les pratiques liées au cycle de vie de produit depuis la conception jusqu'à la maintenance. Concernant le CMMI, la maturité d'un processus est située sur une échelle à cinq niveaux qui sont initial, discipliné, ajusté, géré quantitativement, optimisé constamment. Le CMMI décrit 25 processus (process areas) qui sont regroupés en 4 domaines (Process Management, Project Management, Engineering et Support) (Deniaud et al.,2019).

ACATECH maturity index (Schuh et al.,2017) est un modèle d'origine allemande qui propose l'aide aux entreprises pour déterminer à quel niveau elles sont situées dans leur transformation en une entreprise agile et apprenante. Il les évalue sur le plan technologique, culturel et

organisationnel, en se focalisant sur les processus commerciaux. Ce modèle propose six niveaux de maturité, le premier est "l'informatisation" - A ce niveau, différentes informations sont appliquées séparément dans des différents secteurs de l'entreprise, permettant de collecter des données (première phase) pour parvenir à la "numérisation". La connectivité est le deuxième niveau, le déploiement qui se définit par composants connectés. Ces deux niveaux font partie du domaine des « Numérisation » mais ne sont pas suffisants pour que l'entreprise soit considérée comme une Industrie 4.0.

Dans le même sens que ACATECH (Lichtblau et Stich.,2015), propose le modèle IMPULS « Industrie 4.0 Readiness 2015 ». Actuellement ce modèle est l'un des plus cités dans la littérature. Il fait référence à une série d'obstacles que les entreprises doivent relever et fournit des feuilles de route pour atteindre les niveaux les plus élevés de maturité. Les auteurs proposent six niveaux de préparation qu'ils ont regroupé en 3 classes différentes, les deux premiers niveaux nommés « *outsider* », « *beginner* » sont considérés comme les "nouveaux arrivants", le troisième niveau « *intermediate* » et le quatrième « *experienced* » sont pour les "apprenants", et les 2 derniers niveaux « *expert* », « *top performer* » pour les « leaders ». Le modèle considère six dimensions qui sont plus détaillées dans 18 champs : stratégie et organisation, usine intelligente, opérations intelligentes, produits intelligents, services basés sur les données, employés. Par contre, pas de déclaration concernant l'ensemble des "nouveaux arrivants » et leurs appartenances ou non à l'industrie 4.0, du fait que ce modèle ne concerne que la préparation et pas la maturité.

(Ganzarain et Errasti.,2016) ont élaboré le modèle « SME's towards I4.0 » qui peut aider à la mise en œuvre de l'industrie 4.0, structuré en trois dimensions et cinq niveaux. Les trois dimensions sont constituées par : Envision, Enable et Enact. Par contre chacune de ces étapes est constituée de cinq niveaux. Ce modèle de maturité s'intéresse aux compétences à la culture, et aux technologies que détiennent les entreprises, mais ne met pas en évidence l'aspect managérial. En outre, IMPULS établi par (Lichtblau et al., 2015), montre que les entreprises de grande taille sont plus avancées dans la mise en place de l'industrie 4.0 que les PME/PMI, ce qui prouve la nécessité de donner une attention particulière aux PME. D'après l'étude bibliographique effectuée, uniquement deux outils spécialement élaborés pour les PME sont disponibles – « Guideline Industrie 4.0 » et le " Model for SME's towards I4.0" (VDMA.,2016).

De nombreux responsables d'entreprise souhaitent appliquer le modèle CMM. Les entreprises qui ont atteint le niveau 3 du modèle, peuvent afficher des gains de productivité de 200 à 300 %. (Oubrahim et Tlemçani., 2020)

Bien que les modèles de maturité numérique varient en fonction des étapes numériques, nombre de dimensions couvrant les différentes organisations, les zones et la stratégie de mise en œuvre sont manquantes. Les modèles présentent tous essentiellement la même structure en termes de progression et les arguments sous-jacents aux étapes. Chaque modèle de maturité fournit une définition des différentes étapes et une indication des dimensions considérées. Le tableau suivant, détaille brièvement les différentes approches étudiées dans un précédent travail de recherche dans l'équipe IMS/productique. Tableau IV.9 (Urquia.,2020).

Tableau IV. 9 Différents modèles d'évaluation de la maturité 4.0 (Urquia, 2020)

Concepts / Models	Objective	Dimensions	Number of stages in the evaluation	How is evaluated (Tool)	Methodology to evaluate results	Maturity scale of the model	Target group	Usage position	Reference
IMPULS	Support Germany's mechanical and plant engineering companies as they embrace Industry 4.0.	*Strategy and organization * Smart factory *Smart operations * Smart products *Data-driven services *Employees	2 stages; 6 dimensions decompose into 18 fields of evaluation	Questionnaire online	Score trough an internal calculation of each stage and the weight of each dimension.	0: Outsider 1: Beginner 2: Intermediate 3: Experienced 4: Expert 5: Top performer	Mechanical engineering Manufacturing companies	2	Lichtablau_2015
Self-Assessment	To allow companies to understand their maturity level so that they understand what strengths they have and I what they need to work on in the future	*Business Models •Market •Value Chains •IT Architecture •Compliance, Legal, Risk, Security & Tax •Organization & Culture	2 stages; 6 dimensions and 4 maturity levels	Questionnaire of 33 (if the assessment is evaluated with the six dimensions)	The result is through a score that adds recommendations and explanation of the current stage	Digital Novice Vertical Integrator Horizontal Collaborator Digital Champion	Any type of enterprise from <100 million	1	Geissbauer_2014
The Singapore smart industry model	To equip companies with practical knowledge about: What's 4.0 and its benefits The maturity level or the organization and their facilities	•Process •Technology •Organization	3 stages; 3 building blocks, 8 pillars and 16 dimensions	Single choice questions (1-5) according to the level of your company	Each company according to their purpose should set their own weight to each pillar.	0: Undefined 1: Defined 2: Digital 3: Integrated 4: Automated: Intelligent	Any type of enterprise	3	Economic Development Board_2019
A maturity approach for assessing I4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises	Easy-to-use assessment tool that can be used by companies to self-assessment their Industry 4.0 maturity	•*Strategy* •*Leadership* •*Customers* •*Products* •*Operations* •*Culture* •*People* •*Governance* •*Technology*	2 stages; 62 Maturity items grouped into 9 dimensions	Email-based questionnaire	Equation that takes on account the maturity, dimension, item, weighted factor and number of maturity item	1: Utilization of a I4.0 Roadmap 2: Availability of resources 3: Comm and Docum of I4.0 activities 4: Suitability of business models 5: Strategy for digital transformation 6: Alignment of I4.0 with comp vision	Manufacturing enterprises	5	Schmacher_2016
SIMMI 4.0	To verify and asses the current IT system landscape	•Vertical integration •Horizontal integration •Digital product development •Cross-sectional technology criteria	2 stages; 4 dimensions and 5 sections	Questionnaire of 15 questions divided into 5 sections	With an equation you get a score that after you have to find in the table of the results to see which one is your level	1: Basic digitalization level 2: Cross-departmental digitalization 3: Horizontal and vertical digitalization 4: Full digitalization 5: Optimized full digitalization	Any type of enterprise	4	Leyh_2017
Three stage maturity model in SME's towards I4.0	Guide and train companies identifying new opportunities for diversification in areas within I4.0	•Envision •Enable •Enact	1 stage; 3 Dimensions	With a Matrix and the company's vision of I4.0	According to the true statements of your company in envision, enable and enact the company will position itself into a readiness level.	1: Initial 2: Managed 3: Defined 4: Transform 5: Detailed BM (Business Model)	SME's	6	Ganzarain_2016
M2DDM – A Maturity Model for Data-Driven Manufacturing	To help companies to assess the maturity of their IT architecture. It also outlines the necessary steps to reach the next level of maturity.	Data Storage and Compute Service-oriented Architecture Information Integration Digital Twin. Advanced Analytics Real-time Capabilities.	1 stage; 6 dimensions	Thought a self-positioning according to the definition of each dimension	Empirical according to the definition of the stages and the maturity scale	0: Nonexistent IT integration 1: Data and system integration 2: Integration of Cross-Life-Cycle-Data 3: Service Orientation 4: Digital Twin 5: Self-Optimizing Factory	Architect Project managers Smart projects	7	Weber_2017
Non-comparative, personalized Industry 4.0 readiness measurement	To measure the readiness on I4.0 through an evaluation personalized for individual manufacturing enterprises as a special form of company diagnostics	Strategy Leadership Offered Products and Services Customers Company Culture People Critical areas of intervention	1 stage; 7 dimensions (with the opportunity to add more)	Questionnaire classify into each dimension to evaluate each of them	Each company according to the set of questions that they decide to aggregate in each dimension will determine the evaluation	Personalized maturity scale	Any type of enterprise but mainly manufacturing companies	8	Viharos_2017

Le choix du modèle 4.0 mis en œuvre dans une chaine logistique d'une entreprise dépend de nombreux facteurs, tels que : La taille, le secteur, et la structure de propriété. Ces dimensions permettent l'évaluation globale de la capacité à poursuivre la transformation 4.0. Ces modèles recommandent des aspects utiles pour accompagner la transformation, en négligeant un aspect fondamental de la transformation promise par la connectivité et de l'omniprésence du numérique (Danjou.,2017).

- La majorité des modèles de maturité ne définissent pas le périmètre d'analyse de tout le processus de production.

- Presque tous les modèles de maturité sont orientés vers les processus de fabrication et de logistique. Par contre ils ne sont pas impliqués pour développer des produits, services nouveaux.

Au regard de notre analyse des modèles existantes, il y'a un réel besoin d'étendre le périmètre d'analyse au de la maturité en production pour la transformation 4.0. Le développement durable

la responsabilité sociétale, la distribution, les ressources durables…sont autant de fonctions auxquelles les décideurs aimeraient apporter des solutions en évaluant leurs positionnements et les potentielles améliorations. De plus, une évaluation par niveau sur une échelle de liker est délicate vu les différents processus : technologie, stratégie de l'entreprise, les clients... Nous souhaitons nous affranchir de ces échelles en proposant un positionnement en pourcentage de progrès qui sera décrit dans la section suivante.

IV.5.2 Proposition du modèle PPTECH_IP : fondements, objectifs et déploiement

Le modèle PERFLOG présenté précédemment est le socle de départ à partir duquel nous identifions les différentes fonctions de la SC. Au sein de chaque fonction, un ensemble KPI (stratégiques, tactiques et opérationnels) a été identifié.

A ce niveau d'étude et de connaissances bibliographiques, nous savons uniquement qu'il est possible qu'une entreprise mesure son état d'avancement dans les technologies 4.0 sur une échelle de valeur proposée par le modèle de maturité choisi dans la littérature présentée. En revanche, la contribution de la technologie et l'étude des liens avec les KPI n'a pour le moment pas été abordée, ni affinée pour en faire des observations concluantes.

Nous avons donc eu l'idée de mesurer différemment la progression d'une entreprise dans la démarche d'introduction des technologies 4.0 et leurs contributions à la fiabilisation des indicateurs de performance. Nous proposons un modèle s'articulant autour d'une analyse croisée combinant les technologies 4.0 retenues et les KPI stratégique, tactique, opérationnel considérés dans chacune des fonctions de la SC étudiée.

En étudiant les différents modèles proposés dans la section IV.5.2, nous nous sommes rendus compte que les approches d'appréciation étaient subjectives. Une échelle de classification est proposée dans IMPULSE, par exemple, qui positionnent les entreprises interrogées au sujet de leur maturité sur une échelle de 1 à 6 (de débutant à champion). D'après l'analyse des modèles de maturité précédente, nous avons résumé tous les niveaux de maturité existants dans la revue présentée dans le tableau de l'annexe IV.2). L'idée de permettre un positionnement au sujet de la maturité est intéressante. Cependant, nous émettons quelques réserves au sujet de la qualification de chaque niveau. En effet, attribuer des niveaux de débutant à champion peut sembler péjoratif lorsque l'entreprise n'a pas encore une maturité affichée.

Notre démarche d'évaluation de maturité a la particularité de proposer *un pourcentage et non un positionnement* sur une échelle. La perception d'un pourcentage est souvent aisée, acceptable et non péjorative pour les entreprises. Sur la base de ces travaux, nous proposons des niveaux de maturité adaptés à notre cas d'étude pour l'évaluation des entreprises. Nous avons proposé quatre niveaux sous forme de pourcentages pour mesurer l'état initial des technologies. Le premier niveau est celui du niveau initial, la technologie existe au sein de l'entreprise mais elle n'est pas très développée. Le niveau 4 est le plus élevé, la technologie existe dans l'entreprise et bien définie avec une procédure et généralisée dans toute l'activité. L'objectif de toute entreprise ou SC étant de s'améliorer et de dégager les pistes de progrès, l'idée est ici de proposer un cadrage visuel et calculé en % afin de guider les décideurs dans leurs approches d'évaluation des pistes de progrès dans leurs transformations numériques.

Tableau IV. 10 Notation de PPTECH_IP

Notation	Signification
80%	La technologie existe avec une procédure et généralisée dans toute l'activité.
60%	La technologie existe appliquée avec une procédure mais pas généralisée
30%	La technologie existe est appliquée mais pas de procédure et de formation
10%	Technologie existe mais pas très développée

La présentation des résultats d'une évaluation de maturité avec une visualisation graphique constitue également un pilier dans notre contribution. Les décideurs d'aujourd'hui sont difficiles à convaincre. Tenter des modèles théoriques, des approches textuelles qui noient les lecteurs seraient inefficace. La représentation en radars a été unanimement approuvée par l'équipe de recherche afin de représenter un état de maturité initiale (des radars de références initiaux) et l'état de maturité actuel (des radars contextuels à l'entreprise après étude de cas). La prochaine étape consiste à établir un comparatif entre les deux états du radar visuel afin de dégager ce que l'on a nommé « potentiel de progrès ». Ce potentiel de progrès représente la marge de manœuvre et le pourcentage d'action nécessaire à la réalisation des améliorations.

Dans la figure qui suit, nous récapitulons la démarche proposée. On l'a baptisé PPTechIP pour signifier son apport **« Potentiel de Progrès des Technologies 4.0 afin de smartiser les Indicateurs de Performance »** dans une SC.

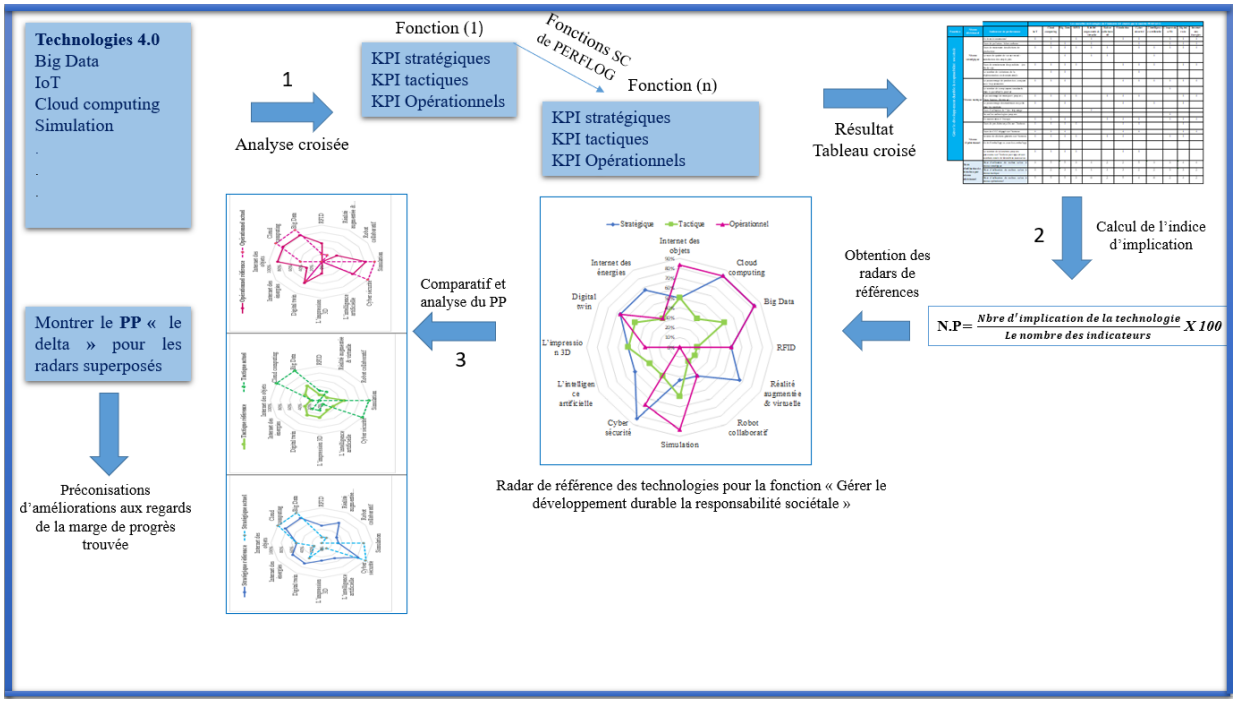


Figure IV. 5 L'approche PPTechIP : les différentes étapes d'analyse

La première étape débute par une *analyse de croisement*, dans la deuxième étape on identifie un niveau de référence de l'usage de technologie 4.0 par une représentation radars. A la fin de cette

approche, la troisième étape est l'objet d'un comparatif qui sera mené pour déduire le « potentiel de progrès » que l'entreprise pourra améliorer.
Notre analyse propose en premier lieu d'observer la contribution de chaque technologie 4.0 à la fiabilisation de l'indicateur KPI considéré. Nous émettons l'hypothèse suivante : « *Certaines technologies 4.0 sont plus adaptées à la construction, la fiabilisation et la smartisation de certains KPI plutôt que d'autres »*

IV.5.3 L'étude de croisement des technologies 4.0 et leurs contributions à la fiabilisation des KPI

L'étude de croisement des nouvelles technologies 4.0 et les indicateurs de performance consiste à analyser la contribution de chaque technologie à la fiabilisation de l'indicateur KPI considéré. Cette analyse sera menée sur les quatre fonctions issues de GRAILOG-Exp, « gérer l'industrialisation, gérer la production, gérer la responsabilité sociétale et le développement durable et gérer la distribution ». Ces quatre fonctions ont été retenues pour dérouler l'étude de croisement car elles figurent dans le ranking Top5 des priorités qui nous ont été communiquées par le groupe PSA auprès duquel nous allons valider le modèle PERFLOG dans le chapitre suivant.

Dès lors que nous admettons une correspondance possible entre certaines technologies et certains KPI, la prochaine étape consiste à démêler ces interrelations afin de révéler les potentielles correspondances.

L'autre principe sous-jacent consiste à considérer qu'une technologie peut « contribuer » ou « ne pas contribuer » à une fiabilisation d'un KPI. Une valeur binaire {0, 1} est attribuée à chacune des analyses. Une technologie donc peut avoir une implication (valeur 1) ou ne pas avoir d'implication dans la fiabilisation (valeur 0). Evidemment, une part de subjectivité subsiste dans cette analyse, mais néanmoins, pour démêler une situation qui semble inextricable et diffuse, l'arbitrage d'un groupe de travail (l'équipe de recherche) fait office de point de départ. L'analyse qui suit a été faite par appréciation de notre équipe et en liens avec PSA.

Une fois les échanges validés autour de la possibilité d'une technologie à contribuer aux KPI, nous nous sommes posé la question suivante : « Comment proposer à un décideur un levier d'action afin d'orienter ses décisions concernant l'intégration des technologies 4.0 et leurs contributions à fiabiliser son système de KPI ? ».

Nous proposons donc, pour répondre à cette question, de calculer un indice afin d'appuyer ses décisions. Cet indice, nommé *niveau de référence* reflète le nombre d'implication de la technologie concernée sur le nombre totale d'indicateurs. Nous rappelons que dans le modèle PERFLOG proposé trois niveaux décisionnels contiennent des KPI. Le niveau de référence sera donc calculé par niveau. Ainsi trois niveaux de références sont attendus.

Le niveau de référence représente, dans notre vision, l'état standard (estimé en %) reflétant, a priori, la contribution de chaque technologie aux KPIs. Nous précisons que ce niveau de référence n'est pas unique et immuable. Il représente une vision propre à ce travail de recherche, mais qui a le mérite de représenter un « état de référence ». Comme dans tout système, un état de référence est un point de départ afin de mener une analyse plus fine ultérieurement en comparaison avec des instanciations à un instant (t) et des situations (x).

$$\textbf{Niveau de référence} = \frac{Nbre\,d'implication\,de\,la\,technologie}{Le\,nombre\,des\,indicateurs} X\,100$$

Pour permettre une représentation efficace, nous avons décidé de construire des « radars » qui regroupent en un seul schéma les 12 technologies étudiées avec une visualisation des niveaux d'implication.

Il y aura donc autant de radars de référence que de fonctions et de niveaux décisionnels.

Les Tableaux de niveau d'implication pour les quatre fonctions pivots de PERFLOG

Tableau IV. 11 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer l'industrialisation »

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisies par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Indicateurs de performane**	**IoT**	**Cloud Computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer l'industrialisation	***Niveau stratégique***	Nombre de site de production	1	1		1			1	1	1	1	1	
		Rapidité d'assemblage	1	1		1	1		1	1	1	1	1	
		Délai d'industrialisation	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	
	Niveau Tactique	Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes												
		Capacité de réaction pour reconfigurer la ligne de production à distance	1	1	1		1		1	1	1	1	1	
		Délai de mise en route des machines / maintenance	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1
		Pourcentage de Poly compétences des opérateurs formés en fabrication											1	
		Budget d'investissement en équipements et formation)		1	1					1		1		
	Niveau Opérationnel	Temps de mise en route de production	1	1		1	1	1	1	1	1		1	
		Nombre de procédés de							1				1	
		Cycle de fabrication par commande	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
		Taux de qualité produit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Nombre d'intervention	1	1		1	1	1	1	1			1	
		Flexibilité de production à court terme	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	3	3	1	3	2	0	3	3	3	3	3	0
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	2	3	3	0	2	0	2	3	2	3	3	1
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	5	5	2	5	5	5	5	5	4	3	6	0

		Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisies par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**IoT**	**Cloud Computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer l'industrialisation	***Stratégique***	100%	100%	33%	100%	67%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	0%
	Tactique	40%	60%	60%	0%	40%	0%	40%	60%	40%	60%	60%	20%
	Opérationnel	83%	83%	33%	83%	83%	83%	83%	83%	67%	50%	100%	0%

Tableau IV. 12 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer l'industrialisation »

Tableau IV. 13 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer la production »

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisis par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Indicateurs de performance**	**IOT**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & Virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la production	***Niveau stratégique***	Taux de fiabilité des prévisions de vente		1	1				1	1	1			
		Cout de la stratégie de production (PIC)	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
		Taux d'engagement de ressources technique et humaine (TRE taux de rendement économique).	1	1		1	1	1	1	1		1	1	
		Taux de fiabilité des données de production	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Niveau Tactique	Taux de capacité de production.	1	1			1	1	1	1	1	1	1	
		Délai de production estimatif	1	1		1	1	1	1	1		1	1	
		Taux de respect du plan de production.	1	1			1	1	1	1	1		1	
		Niveau des en-cours.	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
		Nombre de livraisons reçues à temps	1	1		1			1	1				
		Taux de rendement global	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Cout de consommation des ressources techniques	1	1	1	1				1				1
		Taux de rotation des stocks	1	1	1	1	1	1	1	1		1		
		Taux de produits conformes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Niveau Opérationnel	Temps de cycle de fabrication	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
		Taux de Productivité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Nombre de jours de stocks du produit finis	1	1	1	1			1	1		1		
		Taux de rupture de stock de P.F	1	1	1	1	1		1	1		1		
		Taux de perte	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
		Taux d'arrêt	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
		Coût de production / conditionnement	1	1	1	1	1	1		1	1			
		Taux d'emballage recyclables	1	1	1	1			1	1			1	
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	3	4	3	3	3	3	4	4	2	3	3	0
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	9	9	5	7	7	7	8	9	4	6	6	1
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	8	8	7	8	5	5	7	8	4	6	5	0

	Les nouvelles technologies choisis par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**IOT**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & Virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la production	***Stratégique***	75%	100%	75%	75%	75%	75%	100%	100%	50%	75%	75%	0%
	Tactique	100%	100%	56%	78%	78%	78%	89%	100%	44%	67%	67%	11%
	Opérationnel	100%	100%	88%	100%	63%	63%	88%	100%	50%	75%	63%	0%

Tableau IV. 14 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer la production »

Tableau IV. 15 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale »

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisis par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnel**	**Indicateur de performance**	**IoT**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer le développement durable la responsabilité sociétale	**Niveau stratégique**	Coût environnemental	1	1		1	1		1	1		1	1	1
		Taux de pollution / bilan carbone		1	1		1			1		1	1	1
		Taux de traitement des déchets de production	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
		Le taux de qualité de vie au travail / satisfaction des employées			1		1	1			1			
		Taux de retraitement des produits (en fin de vie)	1	1	1	1			1	1	1		1	1
		Le nombre de violations de la réglementation environnementale		1	1					1				
	Niveau tactique	Le pourcentage de produit éco-conçues avec les partenaires	1	1	1				1	1	1	1	1	1
		Le nombre de composants standards dans le portefeuille produit										1		
		le pourcentage de transport propre (Train, bateau, électrique)	1	1	1	1		1	1	1			1	1
		Le pourcentage des matériaux recyclés dans les produits	1		1				1		1		1	
		Taux d'utilisation de l'éco-étiquetage					1							
		Nouvelles technologies propres										1		
		Consommation d'énergie	1	1	1			1	1	1		1	1	1
	Niveau Opérationnel	Taux de produits recyclés sur l'horizon	1	1	1	1			1	1			1	
		Taux de CO2 dégagé sur l'horizon	1	1	1				1	1			1	1
		Volume de déchets générés sur l'horizon	1	1	1	1		1	1			1	1	
		Coût d'emballage vs cout éco-emballage												
		Le nombre de kilométres propres parcourus sur l'horizon par rapport aux nombres totale de kilométres parcourus	1	1	1	1			1	1				
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	3	5	5	3	4	2	2	5	3	3	4	4
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	3	2	3	1	1	1	3	2	2	3	3	2
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	5	5	5	3	0	2	5	4	0	2	4	2

		Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisis par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Internet des objets**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la responsabilité sociétale et le D.D	***Stratégique***	50%	83%	83%	50%	67%	33%	33%	83%	50%	50%	67%	67%
	Tactique	50%	33%	50%	17%	17%	17%	50%	33%	33%	50%	50%	33%
	Opérationnel	83%	83%	83%	50%	0%	33%	83%	67%	0%	33%	67%	33%

Tableau IV. 16 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale »

Tableau IV. 17 Niveau d'implication pour la fonction « Gérer la distribution »

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisis par le modèle PERFLOG											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Indicateurs de perfromance**	**IOT**	**Cloud computing**	**Big data**	**RFID**	**Réalité augmentée**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la distribution	*Niveau stratégique*	Le nombre de modes différents de distribution.			1			1	1					
		le nombre de transporteur	1	1	1				1	1				
		Le tonnage annuel	1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Le cout de transport	1	1	1	1			1	1	1			1
		le taux de remplissage des contenants	1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Durée moyenne de stockage dans la plateforme	1	1	1	1		1		1			1	
		Volume moyen annuel du produit présent sur chaque site	1	1	1	1		1	1	1				
		Taux de service de la distribution	1	1	1	1			1	1	1		1	
	Niveau Tactique	Distances parcourues en KM (géolocalisation des véhicules)	1	1	1	1			1	1			1	
		Taux de remplissage par véhicule	1	1	1	1		1	1	1			1	
		Niveau de stocks dans l'entrepôt	1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Nombre d'expéditions	1	1		1			1	1				
		Coût de transport	1	1	1	1		1	1	1				1
		Nombre de retard	1	1		1			1	1			1	
		Nombre de contrats occasionnels	1	1	1					1				
		Nombre de révision de contrat annuel	1	1	1					1				
		Durée moyenne de contrat	1	1	1				1	1			1	
	Niveau Opérationnel	Taux de remplissage des camions	1	1		1		1		1	1		1	
		Délai de traitements des commandes clients.	1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Coût de Transport	1	1	1	1		1	1	1	1			1
		Taux de remplissage d'entrepôt	1	1	1	1		1	1	1	1			
		Taux de conformité et de qualité des livraisons (taux de service de livraison)	1	1	1	1			1	1			1	
		Nombre de reclamations clients	1	1	1	1				1				
		Délai de traitement de réclamation client .	1	1	1	1				1				
		Nombre de kilomètre parcourus	1	1	1	1			1	1	1			
		Nombre et volume des emballages disponible sur chaque site	1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Coût de transport	1	1	1	1		1	1	1	1			1
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	7	7	8	6	0	5	7	7	4	0	4	1
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	9	9	7	6	0	3	7	9	1	0	5	1
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	10	10	9	10	0	6	7	10	7	0	4	2

		Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0 choisis par le modèle PERFLOG										
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Iot**	**Cloud computing**	**Big data**	**RFID**	**Réalité augmentée**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la distribution	***Stratégique***	88%	88%	100%	75%	0%	63%	88%	88%	50%	0%	50%	13%
	Tactique	100%	100%	78%	67%	0%	33%	78%	100%	11%	0%	56%	11%
	Opérationnel	100%	100%	90%	100%	0%	60%	70%	100%	70%	0%	40%	20%

Tableau IV. 18 Niveau de référence des technologies 4.0 pour la fonction « Gérer la distribution »

IV.5.3.1 Fonction « industrialisation »

Le tableau IV.11 présente l'étude de croisement des technologies et des KPI's. Nous avons calculé le niveau de référence pour chaque technologie impliquée par indicateur de performance, d'où les résultats présentés dans le tableau IV.12. Suite au calcul du niveau de référence en lien avec l'implication des technologies, nous avons construit un radar qui représente le niveau de référence des technologies 4.0 selon les trois niveaux décisionnels pour la fonction « Gérer l'industrialisation ».

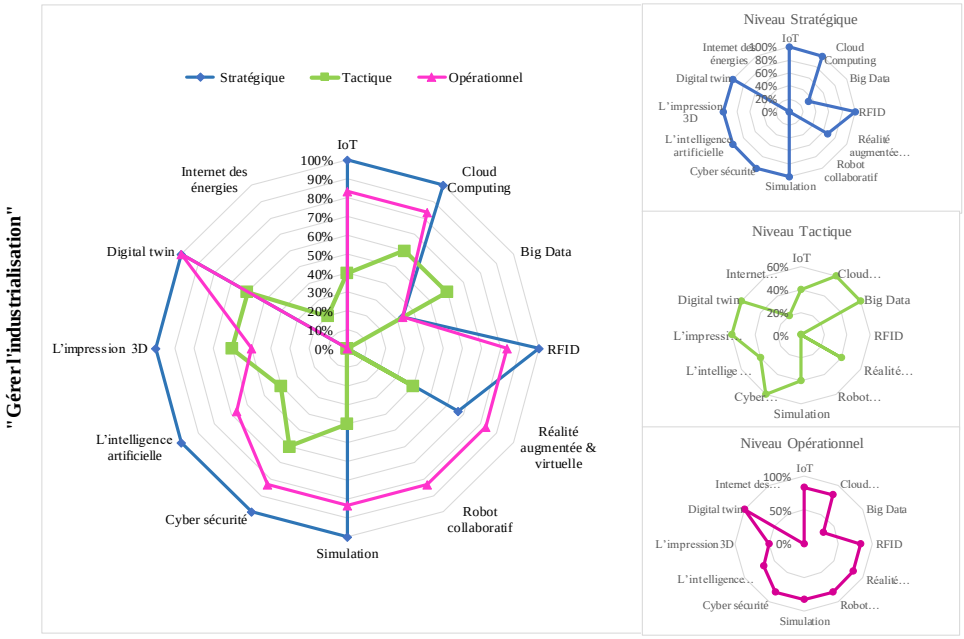


Figure IV. 6 Radar de référence des technologies 4.0 - fonction « Gérer l'industrialisation »

Nous rappelons que « Gérer l'industrialisation » c'est l'ensemble des activités et processus et décisions qui ont comme missions de définir les modes de fabrication des biens, les machines nécessaires et les outils à prévoir dans le procédé global.

Nous pointons un pourcentage élevé de **la simulation** avec un niveau de référence de 100% dans la stratégie et 83% au niveau opérationnel, ce qui est un résultat cohérent. On peut expliquer ce résultat : la simulation commence à partir d'un prototypage vers une mise en production. En effet, la simulation de l'organisation des lignes de production et les enchainements des ressources techniques en appui aux procédés de fabrication est une technologie de valeur pour cette fonction. La simulation raccourcit les temps de production et facilite la détection des erreurs de design qu'on peut résoudre plus rapidement en appliquant des normes ou standards pour obtenir des procédés et gammes opératoires de qualité. Une des utilisations principales qui se dégage est **l'impression 3D** avec un niveau de référence élevé. Grâce à cette impression 3D intelligente, la vitesse accélérée de production des pièces constitue un élément différentiateur qui permet de soutenir les procédés de fabrication et la disponibilité des pièces de rechange. **La réalité augmentée** atteint 67% au niveau stratégique, car elle permet de tester numériquement de nouveaux procédés d'assemblage, de nouveaux équipements afin d'anticiper leurs

comportements et réduire les temps de cycle et les délais de corrections suite à des machines ou équipements non adaptés. Au niveau opérationnel, cette technologie permet de communiquer les instructions du travail à l'opérateur pour une mise en route plus rapide.

Des technologies comme indiqué dans la figure IV.6 en référence devraient être à 100%. En effet, Digital twin, simulation, IA, cybersécurité sont autant d'éléments primordiaux dans l'élaboration d'une stratégie d'industrialisation. Aussi, les technologies d'échange et de communication comme le **cloud computing**, le **Big data** et la **cyber sécurité** ont un niveau élevé de référence qui peut aller jusqu'à 100%, et sont impliqués dans tous les niveaux décisionnels. Le cloud computing, permet de faire un stockage des données massives (**Big Data**) résultants des indicateurs de l'industrialisation, du traitement et de l'utilisation des données contenues dans des ordinateurs distants et auxquelles on accède par internet. Le Cloud permet aux entreprises d'accroître considérablement leur capacité de stockage d'informations et de données. Dans le même sens la cyber sécurité est en forte utilisation dans tous les niveaux décisionnels ce qui est cohérent au niveau de la protection des données informatiques et de la sécurité du système industriel.

Nous constatons que l'**IA** et l'**IoT** ont un niveau élevé de référence 100% au niveau stratégique, car ces deux technologies sont indispensables pour exploiter les quantités de données issues des objets connectés (produits, machines) et permettent d'anticiper et d'éviter les pannes en augmentant la productivité et la rationalisation. Au niveau opérationnel l'IA permet de détecter rapidement la reconnaissance des références, elle influe sur la qualité du produit en utilisant les contrôles non destructifs. Ces technologies constituent des moyens d'exploiter, en temps réel, la masse d'informations récoltées, de les trier, les analyser et les soumettre à un opérateur. De même nous constatons que le niveau du **RFID** est élevé. Cette technologie est utilisée dans tous les niveaux décisionnels. Elle est utile pour la traçabilité des produits et la gestion de flux (produit, ressources équipements) nécessaires à définir dans les activités d'industrialisation. Pour les **robots collaboratifs**, ils sont sans incidence aux niveaux tactique et stratégique sur les indicateurs, mais au niveau opérationnel les robots ont une influence certaine. Nous constatons au niveau opérationnel 83%, car en effet, l'industrialisation doit prévoir des cobots moins coûteux et moins dangereux que les robots traditionnels, pour travailler à côté des opérateurs. Évoluant à des vitesses faciles à programmer, ils accomplissent des tâches simples et remplacent le bras humain pour assurer la rapidité, la qualité avec le moins d'erreurs et épargnent les opérateurs de tâches récurrentes, répétitives et pénibles. L'opérateur programme les étapes nécessaires et le cobot rejoue la séquence de façon fiable.

Nous observons une accélération dans l'utilisation du Digital Twin à 100% au niveau stratégique, car grâce à cet outil d'analyse précieux, la validation de plusieurs scénarios d'un procédé industriel avant son implantation physique devient possible. Au niveau tactique, le DT ne semble pas avoir d'impact sur les indicateurs sélectionnés, mais une forte accélération jusqu'à 100% est constatée au niveau opérationnel. Cette technologie permet de surveiller l'état de la production en temps réel de la machine, grâce à l'intégration des capteurs dans les équipements de l'usine. Pour l'internet des énergies, c'est une technologie qui a peu d'intérêt dans la fonction gérer l'industrialisation

IV.5.3.2 Fonction « gérer la production »

Interprétation

Nous constatons d'après ce radar que les niveaux de référence de la fonction gérer la production selon les trois niveaux décisionnels ont sommairement la même allure des *niveaux de référence.* Cela sous-entend que les technologies sont équi-probablement impactantes sur les KPI des trois niveaux décisionnels étudiés.

Dans un premier niveau, nous remarquons que **le Cloud computing, la Cyber sécurité** et **la simulation** ont un niveau de référence élevé à 100%. Les données stockées peuvent être partagées et l'accès est disponible à plusieurs utilisateurs. Les problèmes de cyber sécurité associés doivent être considérés et la simulation permet de projeter les différentes stratégies de production aussi bien du niveau stratégique jusqu'à l'opérationnel. Et avec une plus grande sécurité des données. Le **Big data** est intégré presque dans toutes les activités de la production mais à des % différents selon les niveaux. La collecte d'important volume des données par la connectivité de tous les capteurs et actionneurs de site de production, même pour les sites qui sont distants constitue une base de données massive de type Big Data. Ces données couplées et corrélées permettent l'analyse prédictive, donne l'occasion aux industriels de contrôler, superviser et piloter leurs équipements industriels. On peut aussi anticiper le dysfonctionnement des installations et réduire les temps des arrêts des équipements de production.

Pour **l'IoT,** une forte utilisation apparait, et nous pouvons percevoir l'IoT comme un support impliqué dans toutes les activités de production et impactant les KPI depuis la stratégie jusqu'à l'opérationnel. Il porte des solutions d'amélioration, permet un suivi total des produits, outils, machines, équipements depuis l'amont jusqu'à l'aval en supervisant les conditions d'approvisionnement ce qui donne une traçabilité aux entreprises pour gagner en performance et productivité de ses opérations et améliorer la sécurité des employés. Le **RFID** joue un rôle très important pour l'amélioration du processus de production surtout au niveau opérationnel, car grâce à cet outil, les systèmes de traçabilité aident à réduire les coûts de production, les pertes dues aux erreurs. En utilisant des étiquettes de RFID, cela permet de faciliter et automatiser la gestion de magasins d'outillage.

Nous constatons un intérêt de **la Simulation** dans tous les niveaux décisionnels. La simulation de flux de production permet à l'entreprise de gérer la complexité des données et de construire des scénarios afin de choisir les plus adaptés. La simulation de flux peut aussi proposer un dimensionnement de l'ensemble de l'appareil de production par rapport aux objectifs de productivité.

Les **Robots collaboratifs et la réalité augmentée** sont support à la fonction de production, d'après le radar ci-dessus, nous remarquons que l'utilisation des robots est impliquée dans les 3 niveaux décisionnels. L'arrivée de la robotique a permis de redéfinir et de revaloriser le travail humain, elle permet d'automatiser davantage les tâches répétitives ce qui donne une optimisation de production, et son intérêt réside dans la flexibilité et la performance qu'elle offre aux activités de production. L'utilisation de la **Réalité augmentée** permet d'accélérer le déroulement des tâches (d'assemblage, de contrôle qualité et de maintenance) en aidant les opérateurs à accéder rapidement aux étapes standardisées et d'éviter les erreurs.

L'IA repose sur les données d'objets connectés, elle permet de rassembler les données et faire un traitement de ces informations, permet aussi de de simuler et d'évaluer les différents scénarios multiples qui permettent d'optimiser et d'aider à la prise de décision. En production, elle peut être support à la robotisation et à la reconnaissance de forme et de surface afin d'appuyer également les procédures de contrôle qualité ou les procédures de picking dans les entrepôts afin de reconnaitre les produits instantanément. Elle est intéressante, mais comme on peut le voir, pas

essentielle en termes d'influence sur les KPI (50% en stratégique et opérationnel et 44% en tactique).

L'impression **3D** constitue un levier intéressant en production. Un pourcentage élevé au niveau stratégique et une implication moyenne au tactique et opérationnel. L'impression 3D est utile pour fabriquer des pièces consommables en évitant l'approvisionnement et leur immédiate disponibilité en ligne de production est intéressante pour limiter les délais dus aux ruptures de composants. L'impression 3D permet également d'imprimer certaines pièces de rechanges critiques au bon déroulement de la production et sans dépendance à un fournisseur.

L'utilisation du **digital twin,** à moindre mesure (mais important comme la simulation) est reconnues dans les trois niveaux décisionnels, car cette technologie permet de superviser la production en temps réel sur la base des informations machines et des remontées en temps réel des données smart sensors. Elle est utilisée pour optimiser les machines et la maintenance des équipements de production et agir en temps réel sur le système en analysant la copie digitale. Elle permet de simuler aussi des **produits, simuler les contraintes des outillages en ligne de production** ou une **installation de production** complète.

Pour **l'internet des énergies** on constate une intégration peu significative. Une contribution à un indicateur spécifique peut être relevée, qui est celui de la consommation d'énergie car en utilisant des capteurs déployés sur les équipements de production cela permet de connaitre et d'optimiser la consommation énergétique.

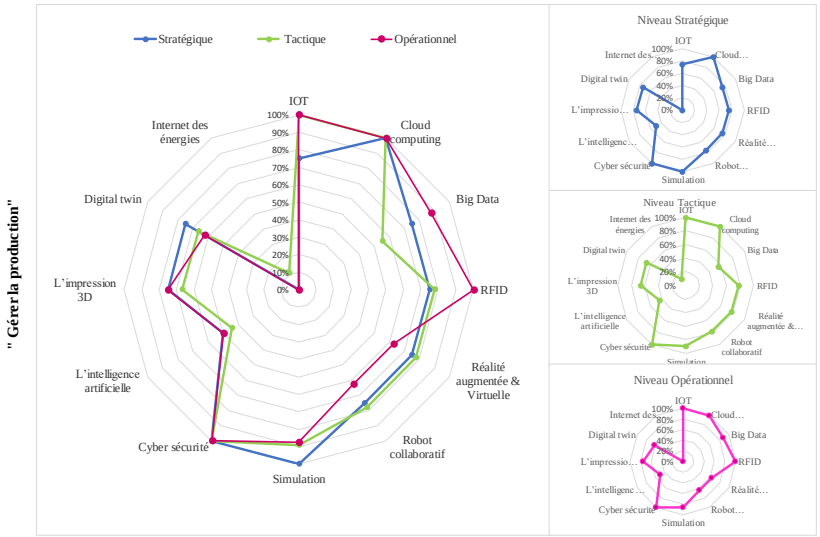


Figure IV. 7 Radar de référence des technologies 4.0 - fonction « gérer la production »

IV.5.3.3 Fonction « Gérer le développement durable la responsabilité sociétale »

Interprétation :

D'après l'analyse de la fonction « Développement durable et responsabilité sociétale », nous remarquons une forte utilisation de la technologie **Internet des énergies** au niveau stratégique par rapport aux deux fonctions précédentes. L'intérêt des réseaux intelligents est d'apporter une bonne gestion du système énergétique, et ainsi une optimisation des coûts de consommation devient possible. Pour l'aspect responsabilité sociétale, les smart grids améliorent l'efficacité et

la sécurité des réseaux. Nous percevons que le **Big data,** le **cloud computing** et la **cyber sécurité**, sont des technologies support absolument essentielles, et elles peuvent contribuer jusqu'à 83% de la smartisation des KPI. De manière similaire aux autres fonctions, nous percevons l'évolution conjointe des technologies Big Data, cloud et cyber sécurité. En effet, les données recueillies par le **Big data** (énergétique, kilométrage, nombre de sites, cartes géographique,…etc)., peuvent influer sur la qualité et sur la pertinence des KPI dans le contexte d'une démarche RSE et sont supportées par le Cloud computing. La collecte et le traitement des données disponibles permettent de créer des outils d'analyse de prédiction. La cyber sécurité porte alors sur la protection de l'intégration des données et vient en support au big data.

Nous constatons un niveau de référence élevé de l'**IoT au niveau opérationnel** qui atteint 83%. Cette technologie peut favoriser le développement durable. Les entreprises qui adoptent les IoT disposent d'une meilleure traçabilité des outils, machines, véhicules et peuvent donc éviter les boucles de corrections et reprogrammation de tournées de véhicules avec un gain énergétique important. Pour le **RFID,** cette technologie influe peu sur le niveau tactique et stratégique mais au niveau opérationnel peut contribuer à fiabiliser certains KPI**.** Nous remarquons une amélioration de 50% à l'opérationnel. L'utilisation de puces **RFID** permet en effet de sauvegarder et ainsi de tracer les flux de déchets ou de pièces à recycler par flux dédié aisément traçable.

Parmi les technologies qui ont un niveau de référence important, on trouve **la simulation** dans les trois niveaux décisionnels. La simulation s'effectue sur un nombre élevé de tests virtuels rapide et à moindre coût, elle permet d'optimiser la planification des tournées de véhicules, de chargement camions, de calculer le plus court chemin…etc, et donc de réduire les coûts. Au niveau de l'impact environnemental, elle permet de réduire la quantité de matériaux utilisés, et aide la recherche de l'impact des matériaux alternatifs aux matières dangereuses et à encourager le recyclage. Les **robots collaboratifs**, sont peu contributeurs aux divers niveaux (moins de 50%). Cependant ils permettent d'optimiser la consommation de l'énergie, par la réduction de la distance parcourue, mais par exemple...un faible impact sur certains KPI demeure cependant possible. Pour le **Digital twin**, son intérêt est certain dans les trois niveaux décisionnels, car il représente la possibilité de prélever via les capteurs l'état du système de livraisons, de recyclage et de retraitement.

Pour l'**IA**, elle existe bien dans les radars de référence mais n'est pas prépondérante. Elle permet de traiter des informations pendant l'éco-conception, les contrôles qualité, et elle peut être intégrée dans le contrôle non destructif afin de contrôler les produits sans intrusion. Elle participe à réduire la consommation énergétique des équipements intrusifs dans le contrôle qualité pour les pièces et le recyclage. La **réalité augmentée &virtuelle**, à un intérêt écologique perceptible surtout au niveau tactique, car l'utilisation de cette technologie permet d'améliorer surtout le milieu personnel et professionnel, permet d'éviter les supports papiers et la multiplication de supports non écologiques et permet d'ajuster les paramètres d'un bâtiment en tenant compte l'environnement pour créer un monitoring en temps réel. Cela permet d'optimiser l'espace et le transformer en un lieu moins énergivore, en intégrant par exemple la lumière naturelle. **L'impression 3D**, est support mais pas motrice, avec moins de 30% de contributions aux KPI des niveaux considérés. Elle a pour objectif de réaliser des prototypes et des maquettes rapides qui apportent une contribution au développement durable en particulier pour la réduction des déchets.

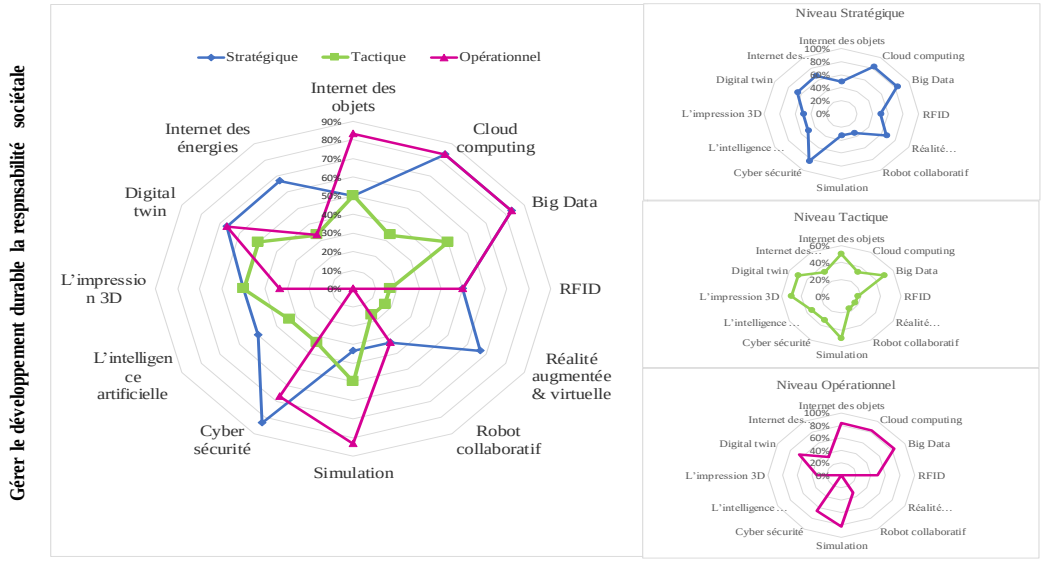


Figure IV. 8 Radar de référence des technologies pour la fonction « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale »

IV.5.3.4 Fonction « Gérer la distribution »

Interprétation :

En première observation, les niveaux de référence des technologies 4.0 de la distribution, au niveau stratégique, tactique et opérationnels ont la même allure.

Nous remarquons que les technologies **IOT**, **RFID** supports incontestables aux activités de livraison et de transport sont souvent de niveau élevé pour les trois niveaux décisionnels. L'industrie connectée ne peut pas fonctionner sans une structure solide de traçabilité en temps réel de la supply chain aval de livraison. Cela permet de contrôler les flux de matières et d'informations. Grâce à ces technologies, les KPI en lien avec le flux des produits en distribution sont améliorés grâce à la visibilité donnée par le flux connecté. Ces technologies vont permettre de mettre en œuvre les produits intelligents qui envoient des informations pendant leur transport.

Les technologies d'échange et communication comme le **cloud computing** et la **cyber sécurité** sont plus utilisées dans tous les niveaux entre 88% et 100%. Par ailleurs, au regard du nombre de produits à livrer et du nombre de client croissant, le **Big data** s'impose à un niveau conséquent en stratégie, tactique et opérationnel. L'utilisation de cette technologie va permettre e de traiter le volume des données massives recueillies (point de livraison, kilométrages, chargement, taux de remplissage, prestataires de livraisons…). Ces solutions répondent sans aucun doute à des défis tels que la complexité de la chaîne logistique de distribution qui est un système complexe pouvant s'étendre à un niveau international.

La simulation joue un rôle important au niveau de la distribution. En effet, elle permet de faire un ensemble de tests afin de comprendre le fonctionnement des différentes décisions dans le maillon de distribution et de simuler le planning des tournées, le volume de chargement, les circuits de livraisons, etc. La simulation permet de fiabiliser le nombre de modes de distribution

et le nombre de transporteurs. A une moindre mesure, l'**IA** intervient sur toute la chaîne de distribution. Dans le transport on peut trouver l'IA dans l'optimisation des tournées avec des reconnaissances de références sur des racks d'entrepôts, des logiciels de planification de la gestion de trafic.

Au niveau opérationnel de la distribution, IoT, RFID, Cloud Computing, sont utiles pour la traçabilité et l'identification automatique de marchandises pour connaître à tout moment l'endroit où se trouve les éléments connectés par des tags qui peuvent être de différentes natures (les produits, les outils, les équipements, les cartons, les véhicules). Dans ce domaine, l'une des applications les plus connues sont les technologies du IoT en logistique moins consommatrices en investissement mais également l'identification automatique par radiofréquence (RFID) qui requiert une infrastructure.

Même avec une faible contribution aux KPI, **l'internet des énergies** est présent dans la fonction de distribution, grâce à ces réseaux électriques intelligents, aux smart GRID qui peuvent apporter des améliorations et à des solutions pour le réseau de transport afin de réduire les pertes et couts de transport/ distribution. Les **robots collaboratifs,** agissent sur le taux de remplissage des camions par exemple car grâce aux robots on peut accélérer le chargement, et faciliter l'acheminement des colis vers les quais d'expéditions avec des AGV. **Cette technologie vient supporter les opérateurs en les soulageant des charges lourdes.** Le **Digital Twin**, moins important que pour la fonction production, contribue potentiellement à la distribution. En effet, cette technique pourra aider à la prise de décision dans la fonction distribution en captant en temps réel les tournées de véhicules et en proposant un aiguillage possible en cas de perturbation. Par contre **la Réalité augmentée**, **et l'impression 3D** sont sans impact dans la distribution parce qu'elles sont surtout pertinentes dans l'industrialisation et la production.

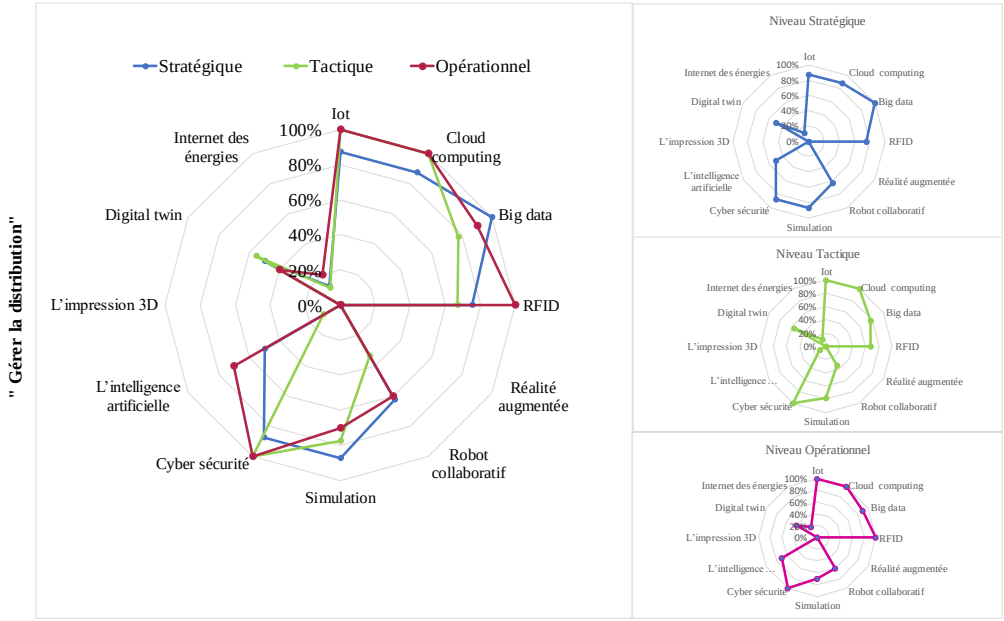


Figure IV. 9 Radar de référence des technologies pour la fonction « Gérer la distribution »

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le déploiement de la méthodologie PERFLOG et la suite des phases en analysant le modèle GRAILOG-EXP qui sert à piloter la SC globale. La troisième phase nous a permis d'identifier les sept attributs de performance avec des sous objectifs industriel. Parmi les attributs proposés pour une SC globale nous avons : La fiabilité, réactivité, coût, qualité, l'innovation, aspect environnement et sociale. Nous avons aussi proposé des variables de décisions afin d'atteindre les objectifs sélectionnés par le modèle PERFLOG.

Pendant la phase opérationnelle, les indicateurs deviennent un élément clé de la prise de décision. Ainsi, ce travail présente également une grille de référence pour les indicateurs de performance. Toutefois, la mise en œuvre et l'utilisation de ces indicateurs de performance sont essentielles pour le contrôle du comité de pilotage. Il est donc proposé de relier les technologies 4.0 aux différents indicateurs de performance KPI dans la grille GRAILOG-Exp. Pour faire cette étude, nous avons sélectionné 12 technologies pertinentes pour la supply chain, sur la base d'une analyse bibliographique.

Nous proposons un modèle de mesure d'évaluation de maturité avec l'approche **PPTechIP** qui propose de débuter par : *une étude de croisement.* Nous avons mené une étude de croisement des technologies 4.0 et leur contribution à la fiabilisation des KPI. L'intérêt de cette étude est de révéler les technologies 4.0 qui fiabilisent et améliorent les KPI du modèle PERFOG. L'analyse est menée fonction par fonction en offrant une modularité aux décideurs d'après les priorités développées dans leur plan stratégique. Une tendance de l'usage des technologies 4.0 dans les différentes fonctions de PERFLOG est perceptible et expliquée dans le chapitre fonction par fonction. L'intelligence artificielle, les jumeaux numériques et les IOT deviennent des technologies supports conséquentes. Les autres technologies plus contextuelles sont détaillées également. Après l'étude de croisement, est présentée *la représentation par radars de référence par niveau* décisionnel et pour chaque fonction de PERFLOG. Ce niveau de référence constitue un état de départ auquel nous pouvons alors comparer chaque entreprise et chaque SC à l'auquel nous allons comparer l'état « réel » cartographié par l'étude de cas dans le chapitre suivant. Le résultat de la transposition « état de référence » et « état réel » permet de dégager le PP (potentiel de progrès) et le pourcentage d'alerte à monitorer par les décideurs

Grâce à cette étude, nous avons déduit des niveaux de référence des technologies pour les quatre fonctions choisies. Ces radars de référence constituent le résultat consensuel de notre recherche, mais rentent sujets à variation, à modification et à interprétation suivant le secteur industriel. Néanmoins, dans le cadre de nos connaissances actuelles, ils permettent de débuter avec existant afin de mesurer le progrès potentiel.

Dans le chapitre V suivant, nous procédons à la validation du modèle PERFLOG par son implémentation au sein de la SC automobile du groupe PSA situé à Kénitra Maroc. Aussi bien Grailog-Exp, Grille KPI et les marges de progrès par calcul PP de PPTECH_IP seront détaillés.

CHAPITRE V. ETUDE DE CAS : APPLICATION DU MODELE PERFLOG CHEZ PSA SITE DE KENITRA MAROC

Sommaire

Introduction :.....129
V.1 Contexte général du secteur Automobile 129
V.1.1.1 Délocalisation des entreprises : le cas du Maroc.....130
V.1.2.1. Ecosystème constructeurs.....130
V.1.2.2 Les Écosystèmes équipementiers.....131
V.1.4.1 Caractéristique du secteur 133
V.1.4.2 Contraintes du secteur.....134
V.1.4.3 Les attentes du secteur.....135
V.1.4.4 Les indicateurs de performance économique de l'industrie automobile.....136
V.1.5.1 Intérêts de la VSM :.....138
V.1.5.2 Application VSM chez un équipementier : un modèle VSM au sein d'un maillon 138
V.1.5.3 La modélisation VSM en SC automobile : Synthèse et Critique 143
V.2 Etude de cas « Groupe PSA Kenitra Maroc ».....144
V.2.2.1 Le site PSA de Kenitra.....144
V.2.2.2 Le processus de production du site de Kenitra 145
V.3 Description de la démarche de déploiement : objectif, étapes, interviews, groupe de réponse, durée de déploiement 146
V.3.2.1 Elaboration de la Grille de KPI pour le pilotage de la SC.....151
V.3.2.2 Etude de cohérence des VD et des objectifs.....153
V.3.3.1 Diagnostic initial de la maturité 4.0.....155
3.3.2 Potentiel de progrès PP des Technologies de l'industrie 4.0 160
V.4 Résultats et discussions.....162
V.5 Conclusion.....163

Introduction :

Dans le chapitre IV nous avons présenté le déploiement du modèle PERFLOG et les phases du modèle GRAILOG-EXP utile au pilotage de la SC globale. L'objectif du chapitre V est de dérouler une application concrète sur un cas industriel afin d'en percevoir les retombées, la valeur ajoutée et les limites. Le choix de l'application s'est porté sur un équipementier automobile PSA Kenitra Maroc. En effet, dans le cadre de la thèse en co-tutelle, la priorité du côté marocain a été clairement signifiée : Améliorer la SC automobile afin de gagner en compétitivité en termes de livraisons à l'international. La compétitivité de la SC devient un enjeu majeur soutenu par les directives marocaines.

En première partie, nous allons fournir un aperçu des impératifs du secteur automobile au Maroc. L'évolution en matière de création d'emplois, les enjeux économiques liés aux secteurs seront relatés en se basant sur un ensemble d'indicateurs significatifs qui reflètent l'état actuel de l'industrie automobile. Nous déboucherons sur une ouverture économique prioritaire au Maroc, qui se matérialise par la stratégie de développement de l'industrie 4.0.

L'amélioration de la chaine logistique automobile, en particulier, la chaine aval est un levier capital dans les directives et les initiatives gouvernementales marocaines.

Un premier travail d'analyse de la SC aval par l'outil VSM a été réalisé auprès d'un équipementier de câblage ECA Maroc. La carte de flux de valeur de l'état actuel de la SC aval et la proposition d'une carte future permettant d'optimiser les flux ont été élaborées. Considéré comme un maillon de la SC automobile, ce travail avec ECA mérite à notre sens sa place dans ce chapitre afin de restituer les avantages de la modélisation, les biais de management encourus et les manquants à combler. Avec cette première application, nous justifions la nécessité d'un modèle plus global et exhaustif et nous enchainerons avec le déploiement du modèle GRAILOG.

Le site PSA site de Kénitra est un point d'ancrage de la SC PSA Maroc. Les décideurs du site ont accepté de déployer le modèle PERFLOG. En effet, le besoin de disposer d'une visibilité des impératifs décisionnels constitue une priorité pour le groupe. Le modèle PERFLOG sera déployé afin de permettre un meilleur pilotage de la SC. Le modèle permettra de sélectionner les décisions de pilotage de la SC, et de définir les objectifs et les moyens d'actions pour y parvenir.

La prise de décision, dans le monde actuel, est éminemment soutenue avec le suivi des KPI. Plus ces KPI sont fiables plus la prise de décision est pertinente. Nous évoquerons l'intérêt des nouvelles technologies 4.0 dans la fiabilisation des KPI de PSA. Un calcul du niveau actuel d'implication des technologies dans les KPI sera proposé.

La mesure de marge de progrès proposée à PSA via l'approche PPTECH IP sera exposée. La comparaison des radars par niveau décisionnel révèlera le potentiel de progrès des nouvelles technologies 4.0. Nous proposons pour faciliter l'interaction avec les décideurs, un tableau de bord synthétique afin d'aiguiller les décideurs et définir les points d'alertes à contrôler.

V.1 Contexte général du secteur Automobile

Le Maroc a connu au cours des dernières années un afflux des investissements de la part des grandes sociétés de l'industrie automobile, encouragées par une offre de valeur attractive et compétitive.

La délocalisation est un phénomène en forte progression. Elle touche presque toutes les activités professionnelles et constitue le principe de la mondialisation de l'économie.

Cette délocalisation consiste à transférer des capitaux d'activités de production, et des emplois vers d'autres pays. Elle bénéficie des avantages compétitifs notamment en termes de coût, de technologie, de personnel compétent, de marché local assurant des débouchés plus vastes et d'infrastructures mieux adaptées. Les raisons de la délocalisation sont multiples, nous citons deux motivations prédominantes : La recherche de la compétitivité et la conquête de nouveaux marchés.

V.1.1.1 Délocalisation des entreprises : le cas du Maroc

Ces dernières années, nous assistons au développement des multinationales au Maroc et plus particulièrement celui de l'industrie automobile via les constructeurs et les équipementiers. La figure ci-dessus représente les différents avantages donnés par le Maroc dans les différentes disciplines, justifiant l'attrait du Maroc pour les entreprises les poussant à investir sur le territoire marocain.

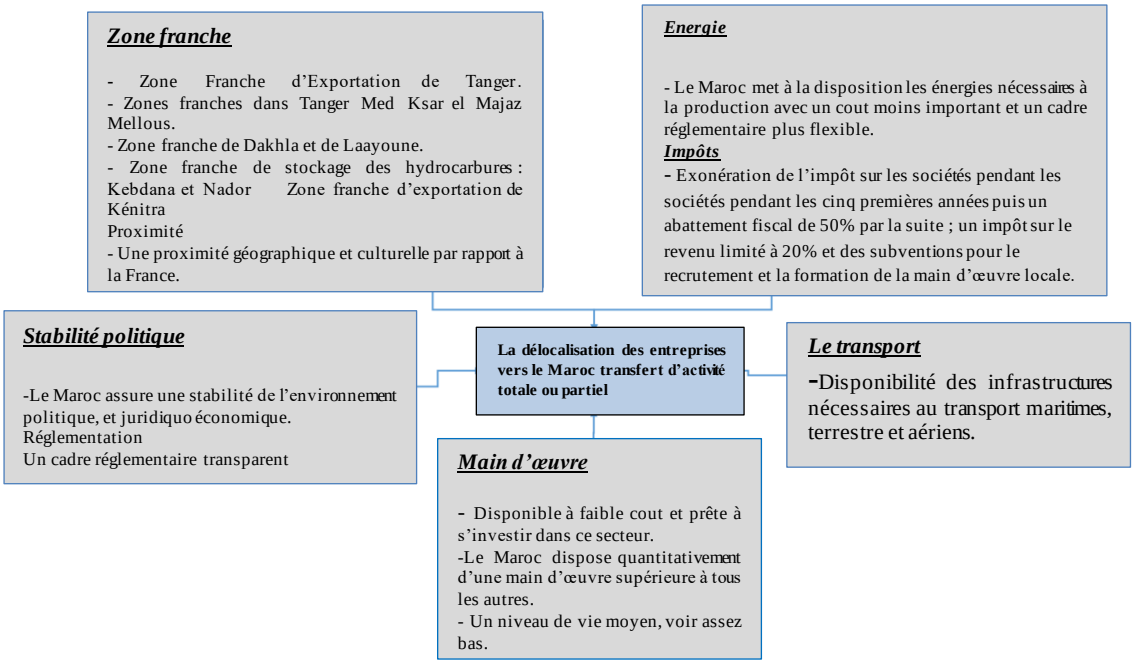


Figure V. 1 Les avantages de la délocalisation au Maroc

V.1.2 Evolution et impératifs de l'industrie Automobile au Maroc

V.1.2.1. Ecosystème constructeurs

Renault-Nissan : Renault-Nissan est la plus importante usine automobile en Afrique. La capacité de production annuelle était de plus de 400 000 véhicules en 2019. Une exportation de 90% vers 74 pays. L'entreprise a mis au point deux lignes de production regroupant les différentes activités, emboutissage, tôlerie, montage, peinture. L'usine produit des modèles Lodgy, Dokker, Dokker Van, Sandero et Sandero Stepway.

PSA Peugeot-Citroën : le groupe PSA dispose d'une usine à Kenitra sur une superficie de 50 Ha. Elle est opérationnelle depuis 2019 avec une capacité de production de 100.000 véhicule /an en 2020. Cette implantation de PSA au Maroc a pour objectif de servir de plateforme d'exportation vers l'Europe, l'Afrique et le Moyen Orient.

BYD : le constructeur chinois BYD, géant mondial spécialisé en matériel électrique, a signé un contrat en 2017 avec le Maroc pour s'y implanter.

La figure ci-dessous présente la capacité de production automobile annuelle par période. Il est important de dénoter l'ampleur de la cadence de production et la vive progression observée. À horizon 2023 la cible pour PSA serait d'atteindre 200.000 véhicules/An.

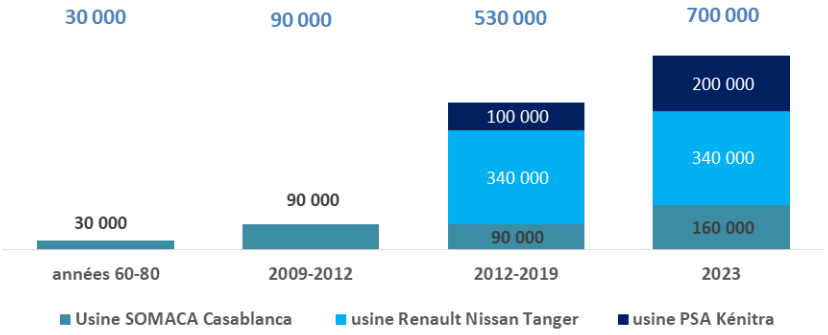


Figure V. 2 L'évolution de la capacité de production automobile au Maroc

Source : Données du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Économie Verte et Numérique

V.1.2.2 Les Écosystèmes équipementiers.

Pour soutenir la compétitivité des constructeurs automobiles et des équipementiers de rang 1, le gouvernement marocain a mis au point un plan d'accélération industrielle. Six écosystèmes automobiles sont mis en place. L'objectif est d'attirer des équipementiers de rangs 2 et 3. Ces écosystèmes sont les suivants :

Écosystème câblage : son objectif est de fabriquer des éléments comme les câbles, les fils en cuivre et l'amélioration de la connectique des véhicules et de leurs systèmes d'injection.

Écosystème métal & emboutissage : son objectif est la production d'acier, d'outillage, de cataphorèse, de tubes, etc.

Ecosystème batteries : son objectif est de développer des activités de recyclage de plomb et améliorer l'approvisionnement des autres intrants de la filière.

Ecosystème intérieur véhicules et sièges : la production de composants de l'automobile types : sièges, les éléments servant l'intérieur de véhicules, comme le textile, le soufflage, la mousse, le verre, etc.

Écosystème power-train & moteur et transmission : il s'agit de développer les métiers de la fonderie fonte, l'affinage d'aluminium, l'injection d'aluminium sous pression, et l'usinage moteur.

Écosystème poids lourds et carrosserie industrielle (PLC) : Cet écosystème a pour objectif de favoriser l'intégration locale des industries PLC et automobiles, véhicules utilitaires, et poids lourds.

La création de nouvelles sociétés de fabrication d'équipements au Maroc facilite la mise à disposition des éléments sur des sites géographiquement proches, facilite la circulation des flux physiques entre ces équipementiers et les grands constructeurs, ce qui génère une augmentation

de la capacité annuelle de production automobile. Nous présentons dans la figure ci-dessous l'évolution de l'industrie automobile au Maroc.

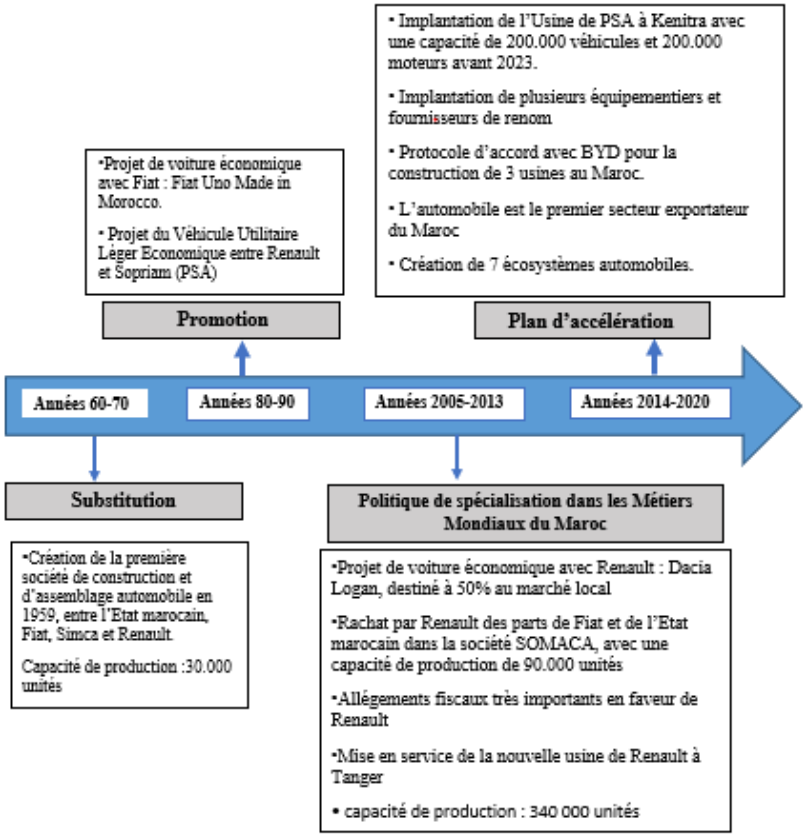


Figure V. 3 L'évolution de l'industrie automobile au Maroc
Source : Données du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Économie Verte et Numérique

V.1.3 Evolution des technologies 4.0 au Maroc

Après avoir mis en place des écosystèmes performants, un plan d'accélération industrielle « PAI » a été lancé pour encourager le développement de l'industrie 4.0 qui représente une opportunité importante pour le Maroc afin de passer à une nouvelle ère industrielle. L'industrie 4.0 représente une véritable révolution du secteur industriel au Maroc. La mise en place d'usines intelligentes et l'intégration des nouvelles technologies d'information et de communication sont plus que jamais une nécessité pour une plus grande adaptabilité et souplesse dans la production à même de répondre au marché de façon personnalisée et à moindres coûts (AMEE, 2020).

Le Ministre de l'Industrie, du Commerce et de l'Economie verte et numérique a annoncé que toutes les industries subissent des transformations en profondeur pour répondre au besoin du marché avec une capacité d'optimiser son temps, ses investissements et ses moyens. Cette transformation ne peut se faire qu'avec la digitalisation. Aujourd'hui, environ 30% des industries existant au Maroc ont déjà été transformées en industries 4.0 (ALAMI, 2021). Une statistique saisissante révélatrice de la dynamique de progression et d'évolution des industries au Maroc.

Une enquête détaillée, de Maroc Magazine, autour de l'importance d'intégration d'industrie 4.0 pour les entreprises marocaines opérant dans le secteur industriel a été retenue. Cette étude est

composée de 8 questions posées à un panel de *102 entreprises marocaines* du secteur de l'industrie avec pour objectif d'avoir leurs visions concernant l'industrie 4.0 (Industrie du Maroc Magazine, 2021). Le résultat obtenu est le suivant : *37% des entreprises questionnées emploient une partie importante des technologies de l'information et de la communication.*

Le Maroc a opté pour des stratégies d'accélération afin de faciliter l'intégration de l'industrie 4.0. Parmi ces stratégies, nous en citons quelques-unes :

- Faciliter l'accès des industries marocaines aux technologies 4.0 et les aider pour digitaliser les processus en montrant des cas concrets et facilement réplicables ;
- Offrir un environnement de tests des nouvelles technologies ;
- Programmer les aides financières pour les porteurs des projets dans la nouvelle génération de la technologie (PHC Maghreb, Tech Transfer …) ;
- Créer des nouvelles générations d'établissements de formation professionnelle notamment les cités de métiers et les cités d'innovation ;
- Créer des nouvelles filières plus adaptées aux nouvelles technologies (intelligence artificielle, Big Data, Data science, IoT, Cloud…) ;
- Recourt à une nouvelle génération des équipements pédagogiques plus smart, incluant notamment la réalité augmentée, des simulateurs 3D, l'impression 3D, les outils de conception assistée par ordinateur ;
- Adapter les formations des ingénieurs et des techniciens aux besoins de nouvelles technologies à travers des cursus de formations, des workshops, des projets dans l'industrie 4.0 ;
- Donner un cadre d'incubation, de coworking et de promotion de start-ups Marocaines qui portent des projets innovants et basés sur les nouvelles technologies ;
- Développer des partenariats industriels, technologiques et académiques ;
- Inclure des compétences digitales.

Cette stratégie d'accélération a pour objectif d'encourager l'émergence de nouvelles technologies et faciliter la migration vers l'industrie 4.0 par le biais des écosystèmes autour des nouvelles technologies. Viser des usines dites « intelligentes » en associant des solutions d'automatisation et de connectivité est clairement un but affiché dans les initiatives du gouvernement.

V.1.4 Spécificités du secteur automobile

Pour bien comprendre le défi de ce secteur nous avons mené une enquête auprès d'une vingtaine d'entreprises automobiles (consulter annexe V.3). Notre questionnaire portait sur les types de produits, les méthodes de gestion logistique, les difficultés que connait le secteur en matière d'exportation, les attentes…Les éléments clés à souligner sont notés dans les prochaines sections.

V.1.4.1 Caractéristique du secteur

- Secteur dédié à l'export avec plus de 70 pays de destinations.

- Effectif de la main d'œuvre assez élevée.
- Diversité conséquente des produits (taille, volume, poids, fragilité, Coûts...).
- Une industrie de production de masse (grande ou moyenne série), mais différenciée (nombre élevé de références dans une gamme).
- Critère de fiabilité exigé (délai, dommages, taux de service…).
- Flexibilité (changements fréquents de l'organisation logistique).
- Transport routier externalisé.
- Prise de conscience de l'intérêt de normalisation (Automobile) et d'une démarche qualité.
- Qualité et coût de la main d'œuvre
- Proximité de l'Europe (France, Espagne).
- Marché régional/africain (Accord libre échange)

V.1.4.2 Contraintes du secteur

Malgré la situation géographique avantageuse du Maroc (14 Km de l'Europe) qui lui donne un avantage unique et qui n'est pas plus éloigné du barycentre de l'économie européenne qu'un grand nombre de pays européens, les entreprises marocaines manquent encore de compétitivité logistique en termes de délai et de coût de transport.

Nous avons effectué une recherche sur les différentes contraintes qui peuvent exister dans la SC automobile, et le résultat de cette recherche est donné par le tableau ci-dessous. Plusieurs axes d'analyse ont été abordés : contrainte de la logistique, les procédures, les défis, …Cette synthèse est un appui éclairant pour les lecteurs s'intéressant à l'industrie automobile en général et à l'industrie marocaine en particulier.

Tableau V. 1 Contraintes logistiques dans le secteur automobile

Contrainte	Explication
Contraintes en amont des chaînes logistique	- La complexité de sa logistique amont due au nombre énorme des composants et des pièces produites chez des centaines de fournisseurs à travers le monde entier. - Accès difficile à certains intrants ou matières premières, - Capacité limitée de contractualisation avec les fournisseurs d'intrants, - Gestion parfois difficile des régimes d'importation des intrants, - Manque de fluidité dans les transactions financières (notamment à cause des autorisations nécessaires de la part de l'Office des changes), - Manque de ressources techniques spécialisées dans le domaine de la chaîne d'approvisionnement.
Contraintes liées aux procédures et à la structure interne des entreprises	- La variété de la demande, dans le but de satisfaire un besoin bien défini, en fabriquant une seule gamme de véhicule sous forme de plusieurs dérivées et combinaisons. Ce qui nécessite une gestion prudente des critères des pièces à approvisionner selon les demandes des clients. - Manque d'intégration de toutes les fonctions de l'entreprise - Délai dans la mise en œuvre de mesure facilitant la chaîne d'approvisionnement, - La réduction de délais de réponse au client, tout en produisant juste à temps et en respectant les commandes des clients. - Approvisionner en juste à temps et en temps synchrone et réel. - Fabriquer suivant le flux tendu ou le film fermé constitué à partir de la programmation des commandes des clients.
Les contraintes de la logistique de distribution	- Contraintes liées à la nature de la marchandise. Selon la nature des produits, par ex marchandises périssables, dangereuses, polluantes, il convient de prendre des dispositions et mesures appropriées afin d'éviter toute forme d'avarie pouvant découler des propriétés même des marchandises (recommandations réglementaires, respect des conditions de transport…) ; - Contraintes réglementaires. Obligations documentaires liées à la nature des produits à distribuer (licences, certificats d'origine, certificats de circulation…) ; obligations documentaires liés au type d'expédition (documents à produire suivant le mode de transport) ; réglementation applicable en cas de litiges ; - Contraintes techniques. Une infrastructure à améliorer, nécessité des moyens de manutention adéquats dans les points de transbordement et au lieu de déchargement final peuvent modifier les choix des itinéraires et des moyens logistiques ; - Normes imposées par les consommateurs, - Visibilité limitée des besoins des consommateurs, - Préservation de l'intégrité du produit tout au long de la chaîne, - Distribuer les véhicules en respectant le délai communiqué au client, en réduisant les coûts de distribution, à fin d'acquérir un avantage concurrentiel.
Contraintes spécifiques au transport	- Le coût logistique : avec un faible ratio (qualité/prix) du transport interne et coût élevé du passage portuaire et transport maritime. - Coût élevé de la traversée Tanger (Maroc)-Algésiras (Espagne), - Coût élevé du passage portuaire au Maroc, - Retard du au procédure douanières - Fréquence des envois élevée. - Nécessité d'une logistique sophistiquée et transport rapide.
Contraintes et défis globaux	- Le total des coûts de la logistique au Maroc représente environ 20 % du PIB. Ce taux est plus élevé que celui des pays de l'Union européenne, dont la valeur se situe entre 10 et 16 % - Un effort doit être fait au niveau institutionnel concernant la logistique et la gestion des chaînes d'approvisionnement. - Contractualisation nécessaire des relations entreprises/administration des douanes. - Présence limitée de fournisseurs tiers de services logistiques. - Utilisation limitée de l'EDI. - Déploiement faible des outils informatiques tout au long des chaînes, - Développement nécessaire de plates-formes logistiques, - Standardiser les processus et les systèmes d'informations logistiques. - Faible maîtrise des coûts. - Une concurrence internationale accrue - Faible compréhension de l'importance de la Recherche et du développement. - Absence de recherche développement au niveau local - Absence ou faible indicateur de mesure de l'activité logistique - La non maitrise de la chaine logistique globale,

V.1.4.3 Les attentes du secteur

Dans le cadre d'une concurrence acharnée et des consommateurs très exigeants, les constructeurs et équipementiers sont obligés d'améliorer leur rapport qualité/ prix dans un délai raisonnable. Pour ce faire, ces entreprises ont besoin de pays qui offrent des avantages. Nous avons mentionné dans les parties précédentes que le Maroc, plusieurs avantages en termes de cout de main

d'œuvre, d'énergie et d'infrastructure mais le secteur automobile souhaite également l'élaboration de recherche et développement au niveau local qui permettraient de réaliser des études et proposer des modèles pour optimiser la chaine logistique complexe.

V.1.4.4 Les indicateurs de la performance économiques de l'industrie automobile

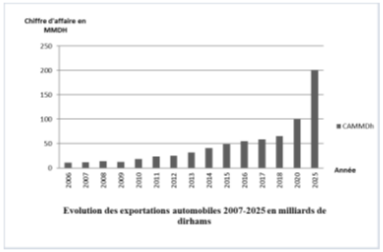
Le secteur automobile est un secteur spécifique, en expansion et en évolution permanente. Quelques indicateurs sont jugés essentiels afin de cartographier le paysage de l'industrie automobile au Maroc, Nous avons retenus ceux qui suivent :

1. Chiffre d'affaire
2. Parts de marché
3. Valeur ajoutée pour la production
4. Investissement
5. Taux de croissance annuelle
6. Capacité de production
7. Taux d'intégration
8. Nombre de sociétés
9. Emplois créés
10. Nombres des véhicules exportés

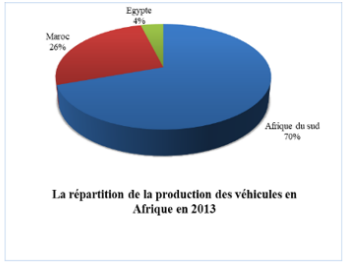
Ces indicateurs présentent les résultats des dernières années et des prévisions pour les années à venir. Les figures des statistiques ci-dessous montrent que *les exportations* du secteur automobile ont enregistré une performance remarquable. Le résultat important de *progression du CA* au niveau des exportations peut s'expliquer par le développement de l'activité de Renault-Tanger. La *valeur ajoutée* dégagée par l'industrie est en augmentation permanente chaque année. L'évolution de *l'investissement* du secteur d'automobile au Maroc a connu une augmentation remarquable depuis 2010. Ainsi, en 2017 après avoir réussi à convaincre les opérateurs français Renault et PSA, vient le tour du groupe chinois "BYD Auto Industry" qui va s'implanter aussi.

Le *taux de croissance* annuelle est aussi en progression, suite à l'augmentation de CA pour les exportations (surtout entre les années 2012 et 2017) avec un pourcentage de 10%. *La production industrielle* portée par des ventes favorables se concrétise par le lancement d'une nouvelle ligne de production par Renault. Aussi, avec l'implantation d'une usine du groupe PSA à Kenitra, plusieurs fournisseurs automobiles se sont installés au Maroc pour tirer profit du dynamisme que connait ce secteur. Dans la figure ci-dessous, *l'évolution du nombre des sociétés* créés au Maroc poursuit son ascension. Le *taux d'intégration locale* se situe actuellement à 65%, une projection à 85% est donnée en 2023, avec l'activité du constructeur automobile PSA.

Par ailleurs, la plus forte création d'emplois à partir de 2014 a été notée. La croissance continue du nombre des véhicules exportés du Maroc vers le monde entier est aussi révélée dans les statistiques.

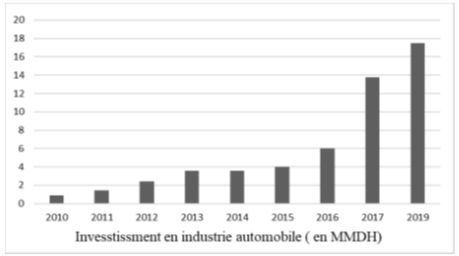


Evolution des exportations automobiles



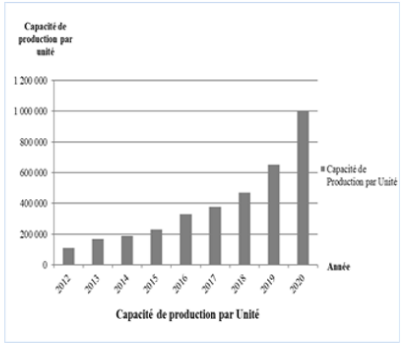
Part de marché

Valeur ajoutée

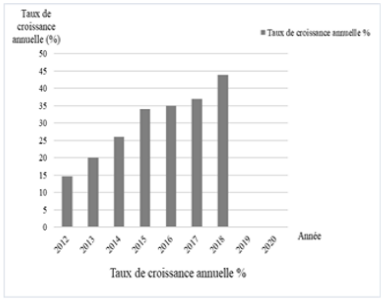


Investissement en industrie automobile

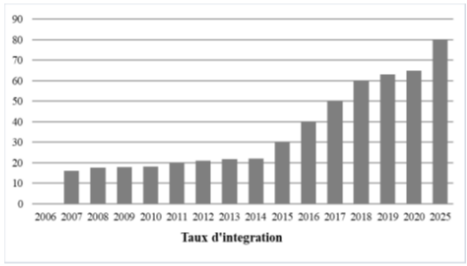
Taux de croissance



Capacité de production

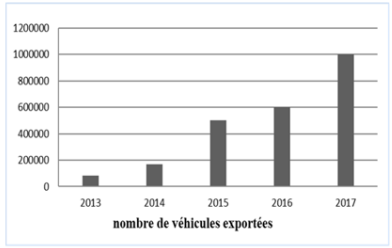


Nombre des sociétés en 2020 plus de 250 entreprises



Taux d'intégration

Emplois créés



Nombre des véhicules exportés

Figure V. 4 Indicateurs de performance économiques de l'industrie automobile
Source : Ministère de l'industrie du Commerce et de l'Investissement (Maroc)

V.1.5 Le Lean Manufacturing au service de l'industrie automobile

L'expansion de l'industrie automobile sur le marché marocain induit une réflexion sous-jacente relative à la productivité, la performance et l'agilité de la SC qui en résulte. Pour faire face aux difficultés de la SC de nombreuses organisations ont dû mener des réflexions, pour trouver des solutions créatives permettant d'améliorer la flexibilité de leur système de distribution, élargir la gamme de produits tout en distribuant à bas coût avec un délai et une qualité. Les entreprises doivent mettre en œuvre des stratégies d'optimisation du flux logistique au même titre que l'optimisation du flux de production que l'on connait avec le Lean (issu de Toyota automobile). Les approches Lean permettent de diminuer les gaspillages dans le secteur industriel et oriente la construction du flux logistique en maintenant la valeur client comme fil conducteur dans la modélisation. Parmi les outils de modélisation connus dans les approches du Lean, nous avons retenu la VSM. La VSM est un modèle qui cartographie les flux. Nous avons souhaité l'appliquer un maillon de la SC automobile afin de jauger de sa correspondance aux problématiques SC automobile et définir les points saillants à pourvoir en modèle enrichi (PERFLOG) qui sera utilisé ultérieurement.

V.1.5.1 Intérêts de la VSM :

Le Value Stream Mapping est une cartographie descriptive des flux dans le processus étudié, qui dans l'absolu recouvre la Supply chain entière de l'approvisionnement des matières premières à la livraison au client (Campane, 2016). A l'origine, le VSM a été développé par l'ingénieur Taïchi Ohno chez Toyota, pour identifier et éliminer les sources de gaspillages (Kumar, 2015). La cartographie de la chaine de valeur est l'un des outils du Lean largement utilisé par les entreprises de production (Villarreal, 2012), afin d'améliorer la performance opérationnelle (Garza-Reyes et al., 2018). Le value stream mapping permet de :

- Superviser le flux de création de valeur dans l'ensemble de processus
- Evaluer sur le processus et étaler le ratio entre les temps d'activités (VA et NVA)
- Détailler et préciser les temps de cycle.
- Déterminer les sources de gaspillage de non- performance.

V.1.5.2 Application VSM chez un équipementier : un modèle VSM au sein d'un maillon

Cette première étude de cas a été réalisée dans une *entreprise de câblage* de l'industrie automobile – ECA Maroc - dont le siège officiel est en France. Le groupe est spécialisé dans la conception et la réalisation de câblage électrique pour le secteur automobile (câblage pour cabot électrique). Les produits finis du groupe sont présentés dans la figureV.5.

Les connecteurs Les câbles Les capteurs

Figure V. 5 Produits finis de l'ECA

La production est entièrement destinée à l'exportation pour les industries électriques, électroniques et plus particulièrement aux grands constructeurs automobiles avec qui le groupe ECA France réalise 55% de son chiffre d'affaires. *Cette étude a été publiée dans un congrès international LOGISTIQUA 2019 (El kihel et al., 2019).*

Le besoin de modélisation, tel qu'évoqué par le responsable logistique, a été focalisé sur la SC aval du processus distribution qui achemine le produit fini vers plusieurs destinations en Europe (France, Allemagne...). Le but était d'analyser la SC aval au sein de l'entrepôt d'expédition de l'entreprise ECA. Le VSM permet d'identifier les activités NVA pour l'amélioration continue de la performance de la SC aval.

La méthodologie suivie pour élaborer la cartographie de flux de valeur (figure V.6) est définie par la démarche PDCA pour structurer les étapes de l'implémentation de la carte de contrôle D-VSM.

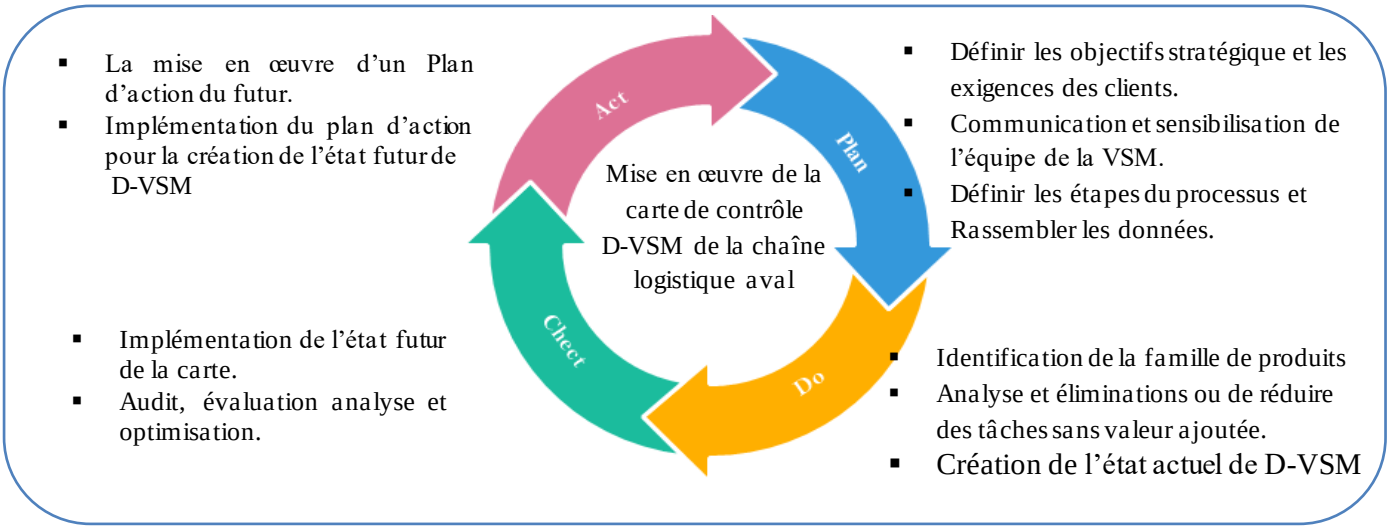


Figure V. 6 Approche PDCA pour la mise en œuvre de D-VSM

A. Choix de la famille de produits

La première étape est l'identification de la famille de produit, le choix est identifié par la méthode ABC. Les clients prioritaires sont ceux qui représentent 80% des commandes expédiées, ces produits étant classés par familles.

B. Création de l'état actuel : VSM AS IS

Pour analyser l'état actuel de la cartographie VSM, nous avons défini les principes suivants.

- Commencer à partir du dernier point dans la chaine de création de valeur.
- Prendre note des informations nécessaires : le nombre d'heures travaillées, les distances parcourues, les stocks, la quantité demandée...

La figure V.7 ci-dessous présente le temps disponible en heures par semaine.

L'annexe V.4 présente une description de toutes les tâches de la SC aval.

La figure V.8 présente la carte de l'état actuel du processus de distribution avec les différentes étapes nécessaires. Chaque tâche est présentée par une case ci-dessous, attachée avec une boite de données qui contient les informations techniques (nombre de shifts occupés dans chaque poste, temps de cycle depuis le ramassage, la préparation de commandes jusqu'à la livraison aux clients finaux).

La figure V.7 présente le temps disponible par heure planifiée dans la semaine pour chaque équipe.

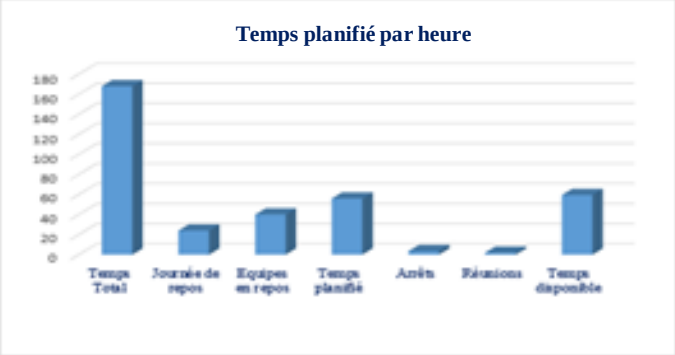


Figure V. 7 Le temps disponible par heure

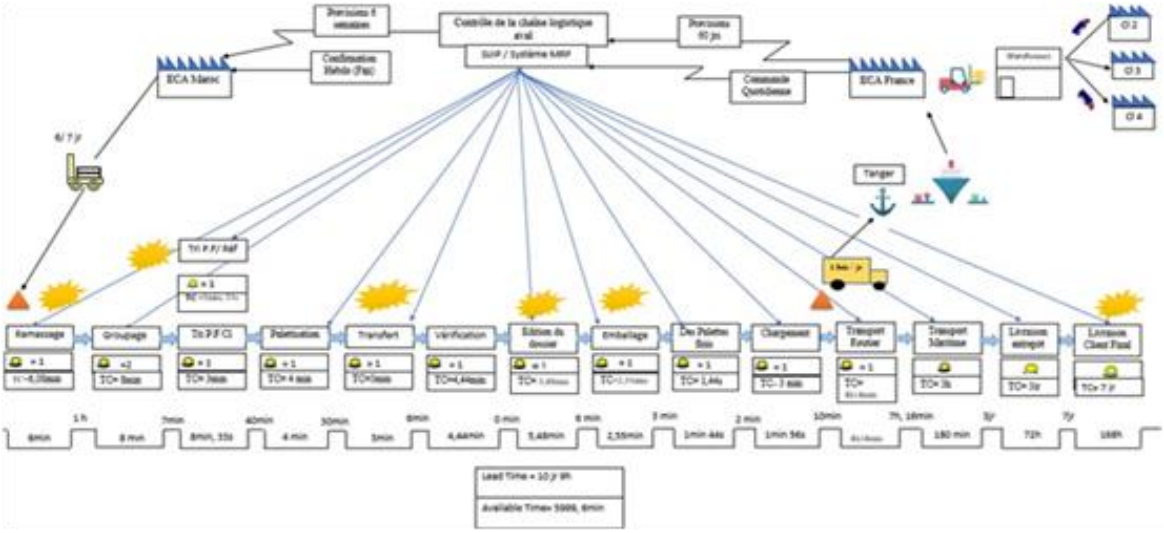


Figure V. 8 . VSM actuelle de ECA

La VSM actuelle permet de parcourir visuellement l'enchainement du flux d'analyser les incohérences, les dysfonctionnements, et les points d'alertes. Pour remonter aux dysfonctionnements un diagramme d'analyse Ishikawa a été élaboré afin de détecter les axes d'actions prioritaires. Sans alourdir cette section, nous relatons les dysfonctionnements clés retrouvés : *Espace insuffisant pour la réception et la préparation de commandes, Emballage non optimisé et Mauvaise gestion des flux de distribution.*

La future carte sera modélisée pour restituer les propositions et les recommandations d'amélioration utiles pour faire évoluer la situation As Is. Les outils d'analyse Ishikawa et la VSM permettent d'entrevoir les foyers d'actions.

Analyse de la contribution du modèle VSM :

Dans la pensée Lean, il est utile de rappeler que dé-complexifier le système de distribution afin d'analyser la VA est une démarche appropriée. Le nombre d'étapes observées dans la VSM « As Is » de ECA est considéré comme très élevé. Nous proposons de créer une étape « générique » afin de rassembler des tâches dont l'objectif est similaire. Les trois tâches sont *: le tri des produits finis par référence, le tri des produits finis par client et le groupage*. Ce regroupement de tâches permet de clarifier les étapes clés sans alourdir le modèle avec les étapes sous-jacentes. L'avantage de rendre générique *l'étape de groupage* est la possibilité de disposer librement à l'intérieur du personnel afin d'éviter les tâches dédiées. La polyvalence des opérateurs est un autre aspect favorisant l'élasticité afin d'éviter les temps d'attente inter-postes.

La figure V.9 présente la carte d'état futur. La VSM devient plus courte que celle de l'état actuel. Le nombre total de postes de travail au sein de l'entreprise est réduit à 8 avec une vision « générique ». L'optimisation de postes ne vise pas une réduction de personnel mais une polyvalence capable de flexibiliser.

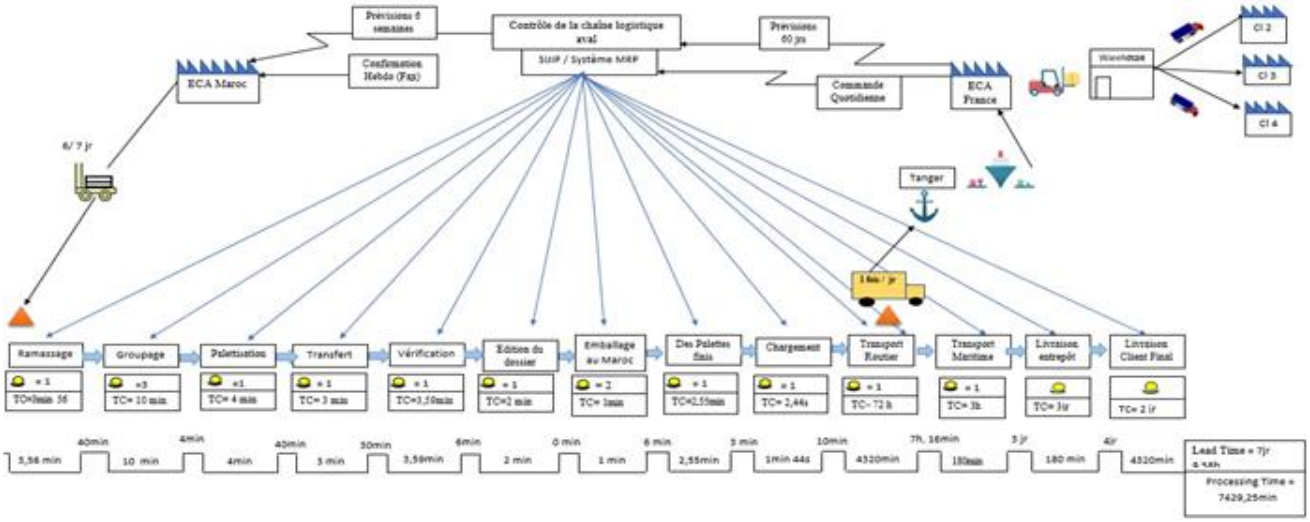


Figure V. 9 Future VSM de ECA

Nous allons détailler l'évolution de la VSM : Pour la première tâche, le nombre d'opérateurs impliqué dans le ramassage des produits finis est passé à 2 vu que le cumul du stock nécessite plusieurs tournées de ramassage, ce qui réduit le temps de cycle et les déplacements inutiles.

Pour le groupage du produit, l'outil 5S est mis en œuvre dans le magasin d'expédition afin de mieux organiser le lieu de la préparation de commandes et libérer d'espace.

Les tâches de tri de produits finis par référence et par client sont regroupées dans un seul poste alors que le groupage du produit fini sera réalisé par 3 opérateurs.

Dans la tâche de vérification, il est proposé d'ajouter un outil supplémentaire « Outil RFID » pour lire et vérifier le nombre de colis et de palettes demandés par le client, préparés et déclarés au système.

Le responsable du magasin d'expédition prépare seulement la tâche de l'édition du dossier d'export et non pas le contrôle du produit fini. Pour cette tâche nous proposons qu'elle soit réalisée à la production au poste du contrôle qualité au service méthode (Quantité, Poids, Volume). Globalement sur la multitude des tâches analysées, le temps de cycle est réduit de moitié. La figure 6 présente la comparaison du temps de cycle entre l'état actuel et l'état futur du

processus de distribution chez ECA. *Nous enregistrons une diminution de temps de non-valeur ajoutée de* ***20%.*** *Cette optimisation revient à la réorganisation des tâches à réaliser.*

La tâche de l'emballage pour les clients finaux à Nantes, est actuellement génératrice de temps d'attente générant des encours élevés et des clients en attente de livraison pour cause de retard d'emballage. Désormais, nous proposons d'enchainer l'opération (n+1) aussitôt que l'opération (n) est terminée. L'idée étant ici d'emballer par client aussitôt que le produit est qualifié et prêt pour l'expédition. L'emballage se faisant en magasin d'expédition de ECA Maroc et non pas à la plateforme de l'entreprise mère ECA France cela simplifie la procédure et contribue à réduire la complexité du flux de distribution. Il sera réalisé par 2 opérateurs, *le premier s'occupant du filmage et l'autre de l'étiquetage* du produit fini. *Cette nouvelle organisation réduit le nombre de travaux d'inspection et une optimisation d'emballage et une réduction du délai* comme indiqué dans la figure V.11. Au niveau de « ECA France », *la réduction du délai a augmenté le taux de satisfaction des clients de 40 %.*

En résumé, des actions correctives ont été rendues possibles grâce au modèle VSM :

- Réorganisation du processus de distribution de la chaine aval.
- Spécialisation des tâches des opérateurs.
- Mise en œuvre de la méthode 5S Lean qui peut être utilisée pour améliorer l'environnement de la préparation de commandes.
- Réduction des déplacements des chariots vides et parfois inutiles.
- Mise en place d'un adressage avec la « technologie RFID » dans les rayonnages pour faciliter la préparation de commandes.
- Anticipation de l'emballage à l'ECA Maroc pour les clients finaux qui apporte une optimisation du délai de livraison et du coût.

Pour fournir à ECA les avantages de la modélisation VSM pour la SC aval, nous avons élaboré des chiffrages afin de justifier nos propositions et convaincre le responsable du bien fondé de nos propositions. Les chiffres obtenus évaluent l'efficacité du système de distribution proposé comparativement au système de distribution existant. Le nombre de postes a été réduit par élimination des activités à non-valeur ajoutée. Le temps de cycle a été amélioré de 20% grâce à la réactivité rendue possible par la polyvalence, le 5S, le rajout d'un outil de scan RFID pour accélérer les opérations.

Dans cette figure nous voyons que les blocs bleus représentant les temps de cycle (TC) sont moindres que les TC en situation initiale. Aussi le calcul partiel du délai de livraison se trouve amélioré et un gain de 30% a été constaté avec les solutions déployées (FigureV.10).

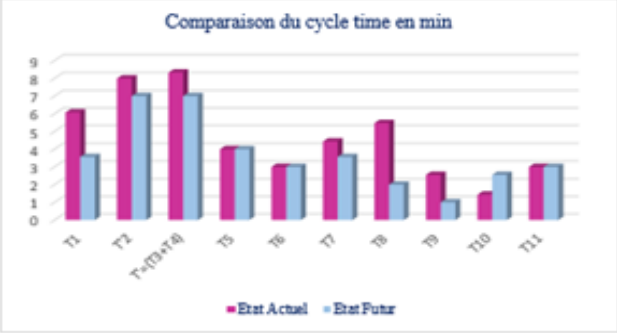


Figure V. 11 Comparaison du Temps de Cycle

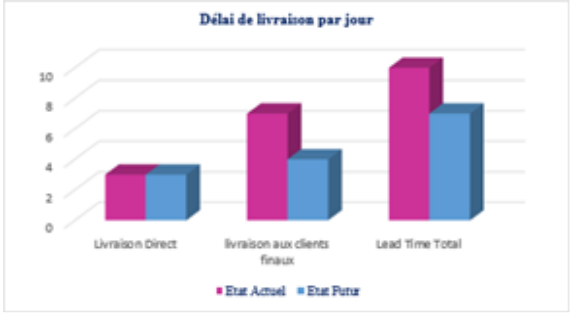


Figure V. 10 Comparaison du délai de livraison

Indicateur	Etat actuel	Etat Futur	Gain (%)
Nombre de poste	10	8	20
Temps de cycle	5999, 6min	7429,25	19,25
Délai de livraison (jours)	10	7	30
Coût d'emballage (EUR)	6249,625	1847,8875	60

Tableau V. 2 Comparaison des indicateurs VSM actuel et VSM Future

V.1.5.3 La modélisation VSM en SC automobile : Synthèse et Critique

Utiliser la modélisation des flux logistiques dans une SC via le VSM a été intéressant pour l'équipement automobile ECA. En effet, des dysfonctionnements ont été repérés grâce au modèle VSM actuel et des actions correctives ont été identifiées afin de déployer un nouveau modèle de SC aval grâce à la définition du VSM futur.

Cet outil visuel qui permet de cartographier et de modéliser la SC aval s'est avéré certes opportun, productif (avec des KPI intéressants pour ECA) mais a également présenté quelques limites et faiblesses pour pouvoir en faire un modèle générique et exhaustif répondant aux préoccupations de la SC automobile. Nous résumons dans ce qui suit les limites du VSM comme modèle.

- Une vue statique, un modèle à un instant « t » non générique, non duplicable.
- Le focus orienté flux physique de produits ou de marchandises. Au niveau des représentations même si le flux d'information est théoriquement possible, concrètement nous retrouvons uniquement des informations de prévisions, des Ordres de fabrication OF ou Ordres de Livraison OL venant de l'ERP.
- La nécessité de mise à jour d'un paramètre et la cascade de conséquences sur le flux détaillé (à chaque paramètre modifié, le VSM est reconstruit pour inclure les nouvelles données et les mises à jour de calcul de TC, etc…).
- Un périmètre de modélisation restreint : Le VSM est souvent appliqué au centre de production, au centre d'entreposage ou centre de stockage mais est difficilement extensible au périmètre de la SC qui regroupe plusieurs fonctions, plusieurs décisions, plusieurs flux, plusieurs partenaires. Le VSM est adapté à un maillon de la SC automobile mais pas au niveau de la SC dans sa globalité.

La cartographie VSM qui peut dans certains cas être assimilée à une modélisation de flux, est en réalité une approche d'observation afin de réaliser des améliorations, mais ce n'est pas une approche de modélisation extrapolable à une SC automobile.

Pour modéliser une SC automobile, il faut un modèle plus performant que la VSM qui a montré ses limites et qui ne peut représenter un modèle pivot.

A une échelle SC et au regard de sa complexité, variété, multiplicité de partenaires, des objectifs, des départements, des décisions et des niveaux décisionnels un modèle structurant, stable, modulaire, générique et duplicable s'avère nécessaire. Le modèle PERFLOG développé dans cette thèse fera l'objet d'une application industrielle auprès d'une SC comme PSA et non uniquement à une échelle restreinte de maillon de SC « équipementier automobile ECA ». Ce modèle PERFLOG a comme ambition de tenir compte d'un maximum de caractéristiques de la SC automobile.

V.2 Etude de cas « Groupe PSA Kenitra Maroc »

V.2.1 Présentation de l'entreprise

Peugeot Citroën, est actuellement **le deuxième constructeur automobile** au niveau de l'Europe. Le groupe dispose de deux grandes marques : Peugeot et Citroën.. La fusion des deux groupes a eu lieu en 1976, mais chacune a gardé son propre nom. Il comprend aussi d'autres entreprises comme GEFCO (2ème entreprise de logistique et transport en France), des entreprises de financement qui fédèrent à la Banque PSA Finance. L'entreprise **PSA** est constituée de plusieurs centres de production et de développement en France mais aussi dans le Monde entier (figure V.12).

Figure V. 12 Répartition centres de R&D et production PSA dans le monde

V.2.2 Les activités de l'entreprise

Les trois principales activités du Groupe PSA sont les suivantes :

- L'activité Automobile qui est le regroupement de deux secteurs Peugeot Citroën DS (PCD) et Opel Vauxhall (OV) en particulier les activités qui ont pour rôle de concevoir, de fabriquer et de commercialiser des voitures spécifiques et autres véhicules de la même marque Peugeot Citroën DS et Opel Vauxhall ;
- L'activité Équipement automobile, formée du groupe Faurecia dont la spécialité est les métiers des produits d'intérieur, des sièges de voiture et des technologies permettant de contrôler des émissions ;
- L'activité de Financement, via le groupe Banque PSA Finance (BPF), a pour rôle d'assurer le financement des ventes aux clients des marques Peugeot, Citroën, DS.

V.2.2.1 Le site PSA de Kenitra

Le projet PSA a démarré avec le protocole d'accord signé le 19 juin 2015 entre le Groupe PSA et le Royaume du Maroc. Quatre ans après, cet événement marque également le déploiement d'un écosystème complet du Groupe PSA au Maroc, à l'instar de ce qui est mis en place dans les autres régions stratégiques du Groupe, avec un centre de décision basé à Casablanca qui couvre la région Afrique Moyen Orient, un centre de R&D et dorénavant une usine répondant aux meilleurs standards.

Le Groupe PSA est le seul constructeur automobile à couvrir toute la chaîne de valeur en Afrique. Cet écosystème intègre au Maroc un réseau de 62 fournisseurs locaux, 27 nouveaux sites fournisseurs ayant été créés pour alimenter le site de Kenitra.

L'usine de Kenitra illustre l'excellence et le savoir-faire du Groupe. La fabrication de véhicules sur la base de la plateforme CMP commence avec la nouvelle 208, en parallèle de l'usine de Trnava en Slovaquie. La performance du site de Kenitra permet d'envisager la production de véhicules conformes aux attentes des clients particuliers et professionnels en termes de qualité et de prix.

V.2.2.2 Le processus de production du site de Kenitra

Description du Procédé de fabrication

La production d'un véhicule au sein du PSA site de KENITRA se fait à travers la succession de centaines d'opérations réparties dans divers départements dont le montage est la phase finale.

Les différentes activités sont représentées dans la figure V.13 : achat et approvisionnement, l'emboutissage, le ferrage, la peinture, le montage ... Chaque phase se fait d'une manière indépendante dans un bâtiment et la liaison entre elles est assurée par la logistique interne.

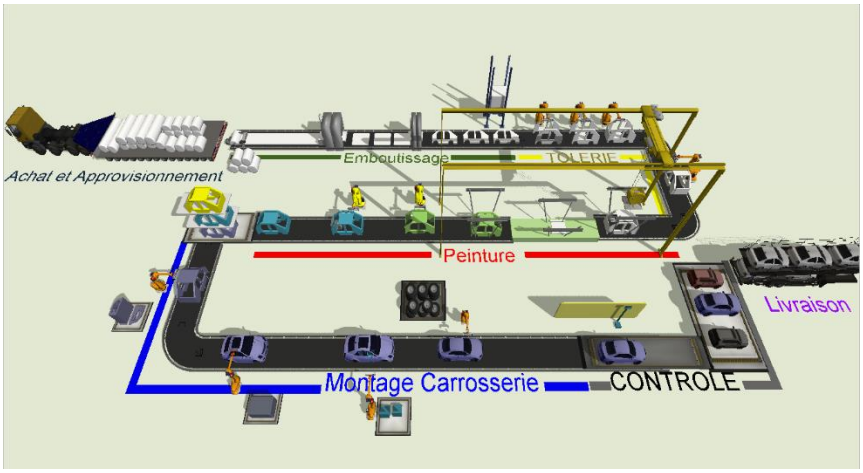


Figure V. 13 Le processus de fabrication du site PSA KENITRA

Emboutissage : L'emboutissage constitue le point de départ du processus de fabrication, la matière première arrive sous forme de bobines d'acier. Celles-ci sont déroulées puis coupées et embouties pour obtenir différentes pièces. En effet, les bobines de tôles sont livrées à l'emboutissage par camion avant d'être découpées en flans puis passent sur une ligne de presses pour être emboutis, détourés, poinçonnés et calibrés. À la suite de ces opérations, les pièces sont prêtes à être utilisées en ferrage en tant que composants de la caisse (côtés de caisse, capot…).

La tôlerie (ou Ferrage) : La tôlerie a pour rôle d'assembler les pièces embouties pour former la carrosserie de la caisse. Il y a deux types de pièces ; celles en tôle comme : la base roulante, les côtés de caisse, les pavillons, les portes, les portes de coffres et les capots. Et celles en plastique comme les ailes. L'assemblage se fait par plusieurs technologies de soudure : la soudure par point, par laser, par flux gazeux ou le rivetage. La carrosserie prend ainsi forme sur les lignes d'assemblage grâce à des milliers de points de soudure dont la majorité est robotisée.

La peinture : Le département peinture a pour mission de protéger la caisse contre la corrosion et de lui donner son aspect final. Les caisses des futurs véhicules sont acheminées jusqu'à l'atelier peinture. Elles sont d'abord dégraissées puis soumises à divers traitements de surface (phosphatation au zinc, cataphorèse, anti-gravillonnage sous caisse, apprêt…) afin d'accrocher

la peinture, protéger la carrosserie de la corrosion, du bruit et des projections de gravillons… Enfin la laque, le vernis et la cuisson finale donnent à la carrosserie sa couleur définitive.

Le montage : Le montage est la dernière étape du processus de fabrication où la caisse peinte reçoit ses composants intérieurs et son groupe motopropulseur. Tous les éléments mécaniques sont assemblés lors de cette étape, en plus de la miroiterie, du poste de conduite et de l'habillage intérieur. En parallèle, des ateliers de préparation permettent l'assemblage des sous-éléments, comme les châssis et les roues. La finition et les retouches sont aussi prévues lors de cette dernière phase.

Le contrôle qualité : Pour une fiabilisation du produit, PSA met la qualité en priorité, pour garantir la satisfaction des clients, mais c'est aussi protéger l'entreprise sur le long terme. Pour cela les véhicules doivent être d'une performance et d'une qualité très élevées. Dans ce sens, le contrôle de la qualité prend une place importante et s'accentue pour satisfaire les attentes du client et le plus important assurer sa sécurité. Les types de contrôle sont : la géométrie, les points de soudures, la peinture, les vibrations, …

Pour satisfaire les attentes des clients, le Groupe PSA veut garantir une fiabilité des produits et des prestations au meilleur niveau, à l'achat/livraison du véhicule ainsi qu'en après-vente. Sur ces deux engagements, l'ambition du Groupe à l'horizon du plan « Push to Pass », est de viser la place de n°1, dans chaque région où le Groupe est significativement présent.

V.2.3 Le portefeuille produit

Le produit de l'usine de Kénitra est la 208 thermique et électrique avec un taux d'intégration de 60% (8% à terme). Ce produit est commercialisé dans 80 pays, particulièrement en Afrique, dans le Moyen Orient et l'Europe. La capacité de l'usine PSA de Kénitra est 200.000 véhicules, et PSA a créé 4000 emplois directs et 20000 indirects avec les différents fournisseurs implantés autour. Un noyau de recherche et de développement est créé avec 600 ingénieurs.

V.2.4 La supply chain PSA

Sur Site PSA Kenitra, nous distinguons trois types de logistique. En amont la plupart des pièces sont fournies d'une manière efficace par les fournisseurs installés au Maroc. En interne nous constatons une logistique d'approvisionnement en bord de lignes en pièces de toutes natures grâce à des **AGV** – Automatic Guided Vehicle. En aval la logistique est assurée par un transport ferroviaire jusqu'au port de Tanger Med, maritime et ferroviaire.

V.3 Description de la démarche de déploiement : objectif, étapes, interviews, groupe de réponse, durée de déploiement

Dans notre démarche de déploiement du modèle PERFLOG dans le groupe PSA site de Kénitra Maroc, la validation du modèle est effectuée avec une équipe d'ingénieurs du groupe PSA. Les entretiens, échanges et validations ont eu lieu en étroite collaboration avec le *Responsable production et logistique.*

La collaboration avec PSA *a duré 4 mois, du 20 Aout 2020 à fin janvier 2021*. Le déploiement s'est effectué sous forme d'interviews qui ont eu lieu à distance (dans le contexte sanitaire Covid19). Les étapes principales du déploiement sont présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau V. 3 Cahier des charges du projet

Pilotes de projet	Equipe industrielle - Responsable de production d'emboutissage - **Mr. Ahmad Alfakir** - Ingénieur logistique - **Mr. Anas MOUADDEN** Equipe de recherche - Doctorante -**Yousra EL KIHEL** - Co-encadrante : **Anne ZOUGGAR**, Maître de Conférences - Directeur de thèse : **Yves DUCQ**, Professeur des Universités
Période	Du 20/08/2020 au 30/01/2021
Entreprise	Groupe PSA - Site de Kénitra
Actions et missions à réaliser	**Etape 1 :** - Identification des priorités Supply Chain pour PSA - Présenter GraiLog-Exp et bénéficier de la modularité afin de sélectionner les fonctions prioritaires. **Etape 2 :** Choisir et valider les décisions pour les fonctions retenues par le responsable de production. **Etape 3 :** Comparer les objectifs proposés pour notre étude avec les objectifs de l'entreprise. **Etape 4 :** Etude de cohérence des variables de décisions et objectifs. **Etape 5 :** Valider les indicateurs de performance pour les fonctions choisies. **Etape 6 :** Définir les nouvelles technologies associées aux indicateurs de performance de la grille de KPI'S GRAILOG. Etape 7 : Fournir un TDB de pilotage afin de visualiser les marges de progrès des technologies 4.0

V.3.1 Définition du périmètre d'application : Choix de la Grille Grailog-Exp

Les premiers entretiens avec le responsable production et logistique avaient comme objectif d'appréhender les priorités de la SC de PSA. S'ensuit une présentation du modèle PERFLOG, de sa structuration, sa composition et les impératifs de son application. Le processus de production et les différentes activités de la chaîne logistique PSA ont été analysés avec les responsables de la production et de la logistique. Au regard des divers éléments rappelés et mis sur la table de discussion avec les industriels, il s'avère plus pertinent pour PSA de disposer d'un modèle relatif au pilotage de la Supply chain déjà en place. GRAILOG-EXP a été donc retenu comme modèle de déploiement. Les industriels ont manifesté un vif intérêt pour ce modèle car cette modélisation tient compte de la complexité de la supply chain dans sa globalité, des activités de pilotage, des niveaux décisionnels, des fonctions et services de la SC et des besoins industriels qui nous ont été signifiés par les institutions marocaines dans le secteur automobile.

Une fois le périmètre d'application défini, à savoir, le pilotage de la SC, il était encore nécessaire de définir les fonctions concernées par l'étude. En effet, l'avantage du modèle réside dans sa modularité, en l'occurrence, la possibilité de sélectionner à la carte les fonctions prioritaires méritant une attention particulière de la part de chaque industriel. Nous avons donc présenté les

12 fonctions de la grille GRAILOG-EXP. Les fonctions jugées pertinentes pour PSA en vue de l'application sont : *« Gérer l'industrialisation », « Gérer les achats et l'approvisionnement », « Gérer la production », « Gérer les ressources techniques de production », « Gérer les ressources humaines », « Gérer la crise », « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale », « Gérer la distribution ».*

Ci-dessous, nous présentons la grille GRAILOG-EXP/PSA élaborée et validée avec le responsable de production et logistique, contenant en détail, les décisions jugées critiques. En vert sont des décisions validées et sélectionnées directement dans PERFLOG (existantes dans la grille GRAILOG-EXP du modèle PERFLOG). En bleu sont des décisions rajoutées par le responsable. Ces décisions sont contextuelles et spécifiques au contexte SC de PSA. Il est tout à fait admissible de rajouter des décisions managériales dont nous avons étudié la compatibilité avec les décisions apportées du modèle initial. Le modèle PERFLOG le permet en complément des décisions de références. Le résultat est synthétisé dans ce qui suit :

Tableau V. 4 Grille GRAILOG EXPLOITATION/ PSA de la SC (adaptée à PSA)

	Infos Ext	Gérer l'industrialisation	Gérer les achats et l'appro	Gérer la qualité des matières premières	Gérer la production	Gérer les ressources techniques de production	Gérer les ressources humaines	Gérer la Le développement durable Responsabilité sociétale	Gérer les crises/risques	Gérer la distribution	Infos Int
Niveau Stratégique **H** = 3 à 5 ans pour PSA **P** = 6mois	Evolution de marché	Stratégie d'industrialisation Productions multisites	Stratégie d'achat et d'approvisionnement : -Stratégie de multi-sourcing / (Fournisseurs locals) mono-sourcing. -Programme d'achat (articles, références, famille) Critères géographiques des fournisseurs et prestataires. (Fournisseurs locals)	Stratégie qualité des composants et des matières premières Evaluation des fournisseurs	Stratégie de production Réaliser le PIC	Stratégie de gestion des ressources techniques Investir en équipement, machine Mise en place d'un processus capacitaire et fiable synchronisés avec les besoins de production (PSA)	Définir la culture éthique de l'entreprise. Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement. Politique de gestion de budget (affectation et compétences). Délocalisation des usines (Opportunités e maine d'oeuvre moins chér et avantage de fiscalité...) (PSA) -Retour sur l'investissement (pour toutes les decisions qui relevent de la RH) (PSA)	Intégrer l'environnement dans la stratégie logistique(logistique verte) Intégrer les contraintes logistique Intégrer les aspects sociétaux (handicapés, statu appentis). Définir le risque environnemental -l'empreinte carbone (PSA) -Définir une politique verte de distribution et de Transport (Ageron, al,2012	Définir la politique de la gestion de la crise. Pré-crise : définir le plan de prévention. Analyse de l'entreprise et son environnement. Veille.	Définir la Stratégie logistique aval : Livraison directes, livraison dans entrepôts logistiques, sous-traitance du service....etc Définir la capacité de stockage et de transport, sous-traitance du service ...etc	Bilan semestriel d'activité DG
Niveau Tactiques **H**=1 ans **P**=3 mois	Clients Commandes prévisionnelles	Investissement du matériel industriel et formation. Allocation équipement/sites. Standardiser les composants et la modularisation -Identification des machines des équipements. (Décider sur quelles machines chaque pièce sera produites)	Définir les Politiques d'appro (Politique de suivi continu et politique de suivi périodique.) Politique de JAT (PSA) Définir les modes d'approvisionnement (KANBAN par exp) Planning d'appro des pièces «MRP» Reappro des entrepôts Assurer la fiabilité des approv Négocier les réadaptations de charge. -Réduction de la surface , du nbre de jour de stock (PSA)	Définir le système de management et pratiques Qualité. -Audit qualité internes.	Réaliser le PDP Programmation de la production Et calcul des besoins net. Gérer le niveau de stocks Planifier le plan de charge.	Définir une politique de maintenance dans l'optique TPM (Total Productive Maintenance) Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machine). -Gestion et pévision de l'obscolessence (PSA) -Moyen de diagnostic.(PSA)	Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées Création d'emplois et développement des compétences (dépaicer N.T). Planification des plannings de ressources humaines. Conditions de travail et protection sociale Développement pratiques management équipes. Formation de personnel en fonction de statut qualifiées et non qualifiées. (PSA)	Sélectionner des sous-traitants et fournisseurs donnant les meilleures garanties sur le plan environnemental. La Sélection d'éco-fournisseurs. Gérer l'environnement dans les différents stades de la fabrication du produit La conformité aux réglementations environnementales Eco conception Le 3Rs (Réduire, réutiliser recycler) Identification des nouvelles technologies avancées en support au respect de l'environnement. Identification des technologies facilitatrices à l'inclusion des personnes handicapés / Créer une cellule de crise.	Etablir un plan de gestion de crise. Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle...) Mesure de précautions. Définir et analyser la crise, et de ses parties prenantes. Diversifier les fournisseurs Diversifier la clientèle. Relocaliser la production. (Donner plus de projets aux zones nn impactés) Le management de conflits internes. La gestion de la communication interne et externe.	Simulation du plan transport. Plan des besoins de distribution (DRP). et Prioriser les livraisons. Planning de livraison Elaboration des contrats des transporteurs. (DAP pour PSA) Avoir des partenariats avec la Douane) Douane et transport sous traités) (PSA)	Réclamations en cours, taux de ruptures de retards
Niveau Opérationnel **H**=2semaine **P** = 1jour	Formations sur les clients.	Mode de fabrication des produits. Valider documents Intervention à court terme comme les urgences.	Suivre le stock Fiabilisation des moyens Commande des matières premières. Confirmer la commande Relance de fournisseurs	Vérifier la conformité des produits. Relance des fournisseurs en cas de défaut matières et établissement des clauses.	Planification ordonnancement des usines. Dimensionnement des lots. Amélioration de la cadance (PSA) Gérer le changement de fabrication (PSA) Lancer la fabrication. Gérer l'emballage et le conditionnement. Contrôle de l'atelier.	Contrôle des machines et entretiens Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation Gérer la maintenance préventive et curatif.	Affecter et gérer les ressources humaines. Gestion des effectifs. Gérer le personnel de manutention (réception, préparation, expédition de réparation) Gestion de conflits Arrangement à l'amiable Application d'un règlement intérieur Application de la loi (code de travail).	Eco-production (lots) Usage de l'écoemballage. Une politique verte de Distribution et de Transport Planification de Recyclage - Audits des fournisseurs (PSA)	Mise en œuvre d'un plan d'action Constituer des stocks de sécurité Passer au cloud du télétravail. (Pour certains metiers) Gérer les salariés en temps de crise. Gérer la sortie de la crise. Définir le plan de continuité. Mise en place de retour de l'expérience et la re-construction de l'image. Restitution des données relatives à la situation de crise. Référchir de nouveau au Business model.	Installer le produit -Gestion des tournées. Réapprovisionnement des entrepôts. Allocation des moyens de transport aux sites. Gestion de stockage du P.F. Sélections d'itinéraires. Ordonnancement et consolidation du transport Préparer Procédures d'expédition Gérer le conditionnement et emballer le produit (plastique) Recevoir et vérifier le produit par le client (Client final :Transporteur) Facturer Lancer la livraison	
		GI	**GAA**	**GQM**	**GP**	**GR**	**GRH**	**GDDRS**	**GC**	**GD**	

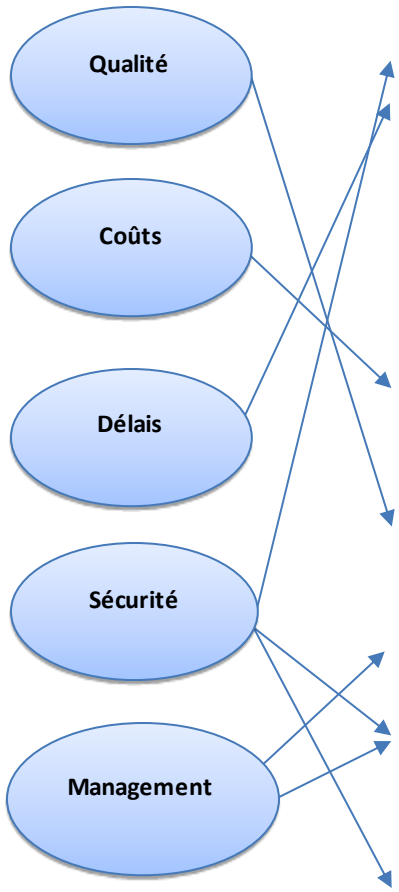
V.3.2 Déploiement de PERFLOG

- Identification des Objectifs retenus par PSA

La deuxième étape du déploiement consiste à valider les objectifs des principaux domaines de performance pour la SC que nous avons proposés dans le chapitre IV. Le schéma ci-dessous, représente (à gauche) les objectifs globaux à atteindre chez PSA (excellence en qualité, coûts, délais, prestations, sécurité et management). D'autre part le groupe PSA présente aussi les concepts principaux et ses objectifs Lean dans une maison définie dans le Toyota Production (annexe V.6). A droite du tableau V.5, nous avons présenté les objectifs génériques proposés par le modèle PERFLOG. Nous avons donc pu comparer les objectifs PERFLOG et les objectifs PSA afin de consolider leurs besoins et valider nos objectifs (proposés au chapitre IV).

Nos attributs correspondent bien à ceux du groupe de PSA. Cette vérification permet de conforter l'exhaustivité des attributs et leurs capacités à recouvrir les objectifs industriels.

Tableau V. 5 Analyse de correspondance : Objectifs PERFLOG – Objectifs PSA



Attribut de performance « PERFLOG »	Objectif
Fiabilité	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Assurer un produit conforme aux spécifications
Réactivité	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références.
Coûts / Aspet économique	**O5** : Réduire les coûts globaux (Coût commerciaux - Cout d'appro - Cout d'achat - Cout de production.)
Qualité	**O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut »
Innovation	O7 : Etendre le portefeuille des produits. **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents
Aspects environnementaux	**O9 :** Réduire l'empreinte de Carbonne **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources
Aspects sociaux	**O11** : Améliorer la QVT des employées. **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement)

V.3.2.1 Elaboration de la Grille de KPI pour le pilotage de la SC

Dans la méthode PERFLOG, la cinquième phase a consisté à identifier les indicateurs de performance, et étudier la cohérence interne entre le triplet (Objectif, VD, et indicateur). Nous avons proposé à l'entreprise un ensemble d'indicateurs identifiés dans la grille de KPI's GRAILOG-EXP dans le but d'aider les donneurs d'ordre dans le pilotage du réseau logistique.

La Grille KPI a fait l'objet d'une communication internationale (El kihel et al., 2020)

Lors des interviews menées avec les industriels PSA, nous avons convergé d'un commun accord vers une trentaine d'indicateurs par fonction retenue au niveau de chaque centre de décision. Ces KPI ont été jugés pertinents et ont été choisis d'une manière ordonnée et cohérente

Nous rappelons que PSA dispose d'indicateurs de performance spécifiques et/ou des indicateurs de la performance globale du secteur automobile. Parmi les principaux indicateurs de PSA on peut citer LUO (numéro dans la séquence de production). Cet indicateur vérifie qu'un véhicule ne prend pas d'avance ou de retard sur sa date de fabrication prévisionnelle. Cependant, nos KPI's de PERFLOG sont établis de façon générique et ont l'exigence d'être valables pour toute entreprise de production industrielle.

Nous présentons le résultat ci-dessous, la Grille de KPI GRAILOG-EXP adaptés à PSA.

Tableau V. 6 Grille KPI's GRAILOG-EXP / Déployée chez PSA

	Info Ext	Gérer l'industrialisation	Gérer les achats et l'approvisionnement	Gérer la qualité de la matière première	Gérer la production	Gérer les ressources techniques	Gérer les ressources humaines	Gérer le Développement durable et Responsabilité sociétale	Gérer les crises	Gérer la distribution	Info Int
Niveau Stratégique **H** = 5 ans **P** = 6mois	Evolution de marché	Stratégie d'industrialisation -Nombre de site de production -Rapidité d'assemblage -Délai d'industrialisation	Stratégie de multisourcing /monosourcing - Nombre des fournisseurs sur le marché. -Fournisseurs actifs suivis -Nombre de fournisseurs partenaires. -Nombre de nouveaux fournisseurs homologués/Nombre de fournisseurs actifs en panel (%). Programme d'achat (articles, références, famille) -Nombre de références de produits -Délai moyen d'approvisionnement / fournisseur -Nombre de livraisons des fournisseurs. -Taux de conformité des produits/cahier de charge	Evaluation des fournisseurs -Qualité de services de fournisseurs. -Taux de diminution des fournisseurs actifs. (sur base historique). -Nombre de fournisseurs sous AQ (assurance qualité) -Prix d'achat.	Réaliser le PIC -Taux de fiabilité des prévisions d'achat. -Taux d'utilisation des ressources -Taux de disponibilité de machines	Investir en équipement de machine -Taux de fiabilité des équipements. -Nombre d'équipements écologiques (non consommateur d'énergie) -Nombre d'équipement à faible risque -Temps de maintenabilité.	Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement. -Nombre d'effectifs (usine, extérieur) -Embauches (nbre de personnes recrutés) -Nombre de Turnover -Moyenne d'âge des personnels. Taux de féminisation Politique de gestion de budget (affectation et compétences). -Coût de formation des nouveaux recrutes. -Budget formation -Nombre d'heures de formation du personnel.	Intégrer l'environnement dans la stratégie (logistique verte) -Coût environnemental (émission gaz, consommation énergie) -Niveau contrôle de pollution -Taux de pollution -Taux d'impact environnementale. -Conformité environnementale. -Le nombre de violations de la réglementation environnementale.	Définir la politique de la gestion de la crise. -Nombre de campagnes de communication -Le temps de réaction Définir le plan de prévention de crise en amont -Nombre de personnes sensibilisées à la crise. -Budget de prévention de la crise (moyens de prévention). -Nombre d'outils disponibles (tableau de bord, minutier)	Définir la Stratégie logistique aval : Définir des contrats annuels avec les transporteurs, et du réseau de distribution Définir la capacité de stockage et de transport, sous-traitance du service…etc. Le nombre de modes différents de distribution. -le nombre de transporteur Le tonnage annuel -Le cout de transport -le taux de remplissage des contenants -Durée moyenne de stockage dans la plateforme Volume moyen annuel du produit présent sur chaque site. -Taux de service de la distribution	Bilan semestriel d'activité DG
Niveau Tactiques **H**=1 ans **P**=3 mois		Investissement matériel industriel et formation -Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes d'assemblage) -Nombre de personnes formées en fabrication. -Budget d'investissement (formation, équipements).	Définir les politiques d'approvisionnement -Quantité à fabriquer -Fiabilité du plan d'approvisionnement (quantités reçues/quantités prévues) -coût d'approvisionnement et achat -Temps de cycle. Définir les modes d'approvisionnement (KANBAN par exp) -Temps de changement de fabrication par série. -Cycle time. -L'encours WIP Assurer la fiabilité des appros -Cycle de réapprovisionnement des stocks. -Fiabilité de planning d'approvisionnement. -Nombre de références en ruptures de stocks.	Audit qualité internes. -Taux de satisfaction des fournisseurs. -Nombre de fournisseurs Audités /Nombre de fournisseurs du panel %-Le respect des délais de livraison. (M.P) -Temps de cycle de traitement de commandes. -Taux de respect des procédures	Réaliser le PDP -Taux de capacité de production. -Taux de respect du plan de production Programmation de la production Et calcul des besoins net -Niveau des en-cours. -Nombre de jours d'avances en Stock. -Nombre de livraisons reçues à temps - Taux de rendement global - Durée moyenne de production par produit (Vitesse de prod) - Taux de rotation des stocks - Fiabilité des équipements -Taux de produits conformes	Définir une politique de maintenance TPM -Coût de maintenance -Taux de maintenance préventive Taux de maintenance curative d'intervention sur machine Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machine). -Nombre des techniciens formés. -Nombre d'outils de contrôle et diagnostic machine. -Budget à louer à la maintenance préventive.	Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées. -Nombre de nouveaux emplois offerts chaque année. -Nombre de travailleurs par département -Taux d'heures supplémentaires. Conditions de travail et protection sociale -Taux d'absentéisme (par catégorie) - Nombres de départs en période d'essai. -Nombre de départs à la retraite Développement pratiques management équipes -Qualification du personnel. -Taux productifs/ Improductifs (personnels)	La sélection d'éco-fournisseurs -Le pourcentage de produit éco-conçues avec les partenaires Eco conception Le nombre de composants standards dans le portefeuille produit -Le pourcentage des matériaux recyclés dans les produits -Taux d'utilisation de l'éco-étiquetage Le 3Rs (Réduire, réutiliser recycler) -Coût de recyclage. -Temps de recyclage -Temps d'évacuation des déchets. -Consommation d'énergie lors de recyclage. -Nouvelles technologies propres.	Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle...) -Nombre de personnes impactées -Mesures de prévention -Ressources adaptées la gestion de crises. -Traiter le risque de délocalisation -Livraison dans le délais promis. -Traiter le risque supply chain -Le nombre de partage de l'information. - Nombre de jours d'arrêts (grèves)	Plan des besoins de distribution (DRP) Distances parcourues en KM (géolocalisation des véhicules) -Taux de remplissage par véhicule. -Niveau de stocks dans l'entrepôt -Nombre d'expéditions -Coût de transport -Taux de retard Elaboration des contrats occasionnels avec les transporteurs et révision des contrats annuels -Nombre de contrats occasionnels -Nombre de révision de contrat annuel -Durée moyenne de contrat. -Le nombre de nouveaux contrats de collaboration et plans d'amélioration signés et suivis.	Réclamations en cours, taux ruptures de retards
Niveau Opérationnel **H**=2semaine **P** = 1 jour		Mode de fabrication des produits -Temps de mise en route de production. -Nombre de procédés de fabrication. -Cycle de fabrication par commande. -Taux de qualité produit. Intervention à court terme comme les urgences. -Nombre de commandes urgentes -Flexibilité de production -Nombre de produits fabriqués en urgence	Suivre le stock -Nombre de références gérées en stocks. -Coût des stocks (total, par m3, des stocks morts). -Surface de stockage utilisée (unités de stocks/m2) -nombre de références contrôlées. -Taux de rotation de stocks. Relance de commande -Taux de commandes livrées. -Délai de réactivité fournisseurs. - Nombre de pénalités (problème de qualité, problème de retard) -Nombre de commandes suivis	Vérifier la conformité des composants -Taux de produits conformes -Coût de conformité. -Temps de conformité. -Taux de qualification de personnels	Lancer la fabrication -Temps de cycle de fabrication -Taux de Productivité -Nombre de jours de stocks du produit finis. -Pourcentage de rupture de stock -Taux de rotation des stocks -Taux de perte -Taux d'arrêt Gérer l'emballage et le conditionnement -Coût d'emballage -Taux d'emballage recyclables -Taux de perte d'emballage	Contrôle des machines et entretien -Taux de panne - Taux d'utilisation des machines. (TRS) -Taux d'arrêts de machines non programmés. - taux de disponibilité. - taux de maintenabilité. (Facile à accéder aux organes de la machine) Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation. -Nombre de moyens de contrôle de premier niveau (température graissage.)	Affecter et gérer les ressources humaines. -Nombre de licenciement par an. -Coût de licenciement -Taux d'absentéisme hebdomadaire. -Turnover Gérer le personnel de manutention (réception, préparation, expédition de réparation -Nombre de personnels formés de manutention. -Nombre de commandes préparées par jour Gestion de conflits -Nombre de réclamations clients. -Durée de grève (Arrêt du travail)	Usage de l'écoemballage. -Coût d'emballage éco emballage Définir une politique verte de la distribution et de Transport. -Consommation d'énergie. -Taux de CO2 dégagé sur l'horizon -Volume de déchets générés sur l'horizon -Nombre de kilomètres propres parcourus sur l'horizon par rapport aux nombres totale de kilomètres parcourus.	Définir le plan de continuité. -Coûts de pertes financières. -Plan de sortie de crise -Niveau de stocks de la matière première. -Nombre de commandes prévues. Gérer la sortie de la crise. -Nombre de scénario de sortie de crise. -Fiabilité du plan de sortie Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image -Données économique crise/risque. -Taux d'intégration du personnel.	Planning des tournées -Taux de remplissage des camions. -Délai de traitements des commandes clients. -Taux de conformité et de qualité des livraisons (Taux de service de livraison) -Nombre de réclamations clients -Délai de traitement de réclamation client. -Nombre de kilomètre parcourus - Nombre et volume des emballages disponible sur chaque site -Coût de distribution et de transport.	Paiement Et ventes

V.3.2.2 Etude de cohérence des VD et des objectifs

Une fois la grille de KPI constituée, nous pouvons à ce stade travailler sur l'analyse du typique : « Objectifs, VD et indicateurs de performance » qui est une étape importante dans PERFLOG. En effet, il aurait été délicat d'évoquer ce triptyque sans connaitre les KPI retenus dans notre modèle. Nous pouvons à ce stade, présenter l'analyse de cohérence nécessaire menée par chaque décideur. Le but est d'identifier, pour chaque centre de décision, un ou plusieurs objectifs ainsi que les variables de décision qui y sont associés. Pratiquement, l'analyse de cohérence interne est effectuée grâce à un tableau de bord appelé aussi tableau de cohérence par centre de décision (Ducq, 2003). Ce tableau montre les liens entre les éléments constituant un triplet « objectif, VD, indicateur de performance » mais aussi montre le poids des liaisons entre ces éléments. Nous présentons cette étude de cohérence analysée par le groupe de PSA pour les 2 fonctions choisies par le responsable de production *« gérer l'industrialisation » et « Gérer la production »*. Nous faisons le choix de présenter la fonction *gérer l'industrialisation* du fait de sa vision globale des activités de l'entreprise. Ci-dessous les tableaux de cohérence (IV.7 et IV.8), chacun représentant un centre de décision par fonction. On peut dire que le triplet est considéré cohérent si : au moins un indicateur est lié à chaque objectif de centre de décision, et au moins une VD est liée à chaque indicateur de ce centre.

Ces liaisons de cohérence sont schématisées par des signes « ** » et « * ». Nous pouvons retenir que les indicateurs pertinents ont une forte cohérence avec les objectifs auxquels ils sont reliés et avec au moins une VD. Pour le cas où un indicateur n'aurait aucune cohérence avec un objectif ou une VD, nous pouvons soit changer une des variables de décision, soit définir de nouveau des objectifs cohérents.

Tableau V. 7 Analyse de cohérence interne du centre de décision stratégique de la fonction « Gérer l'industrialisation »

Stratégie d'industrialisation		**Centre de décision H= 3 ans P= 6 mois**	**Analyse de cohérence interne**		
Objectifs	**O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit.		**	*	*
	O4 : Délai de réponse pour assurer une diversité de références.		**	*	*
	O5 : Réduire les coûts globaux		**	**	**
	O8 : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents		**	**	**
Indicateurs de performance		**IP1** : Nombre de site de production	**IP2** : Rapidité d'assemblage	**IP3** : Délai d'industrialisation	
Variables de décisions	**VD1.D1.FI**- Définir les sites de production (interne ou multisites, ou internationalisation)		****	*	****
	VD2.D1.FI—Décider de la pertinence de la sous-traitance		*	*	*
	VD3.D1.FI – Sous-traitance nationale ou internationale		****		****
	VD4.D1.FI – Identifier les risques d'industrialiser à une échelle internationale		*	*	****

Forte cohérence (**), faible cohérence (*(), aucune cohérence ()

Dans ce tableau, on remarque une bonne cohérence entre les objectifs et les indicateurs de performance. Toutefois, on s'aperçoit que l'**IP2**, n'est pas lié avec la variable de décision **VD3.D1**, et il présente une faible cohérence avec le reste des variables de décisions.

En général, nous remarquons une bonne cohérence entre le triplet (Objectif, variable de décision et indicateur de performance) pour ce centre de décision.

Tableau V. 8 Analyse de cohérence interne du centre de décision Tactique de la fonction « Gérer l'industrialisation »

Investissement dans le matériel industriel		**Centre de décision H= 1 ans P= 3 mois**	**Analyse de cohérence interne**				
Objectifs	**O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit.		**	**	**	**	**
	O4 : Délai de réponse pour assurer une diversité de références.		**	**	**	**	*
	O5 : Réduire les coûts globaux		**	**	**	**	**
	O6 : Garantir une qualité « Zéro défaut »		**	**	*	**	*
	O9 : Réduire l'empreinte de carbone			*	*	*	*
	O10 : Minimiser les gaspillages de ressources		**	**	**	*	**
	011 : Améliorer la QVT des employées.		**	*	**	**	**
Indicateurs de performance		**IP1** : Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes d'assemblage)	**IP2** : Capacité de réaction pour reconfigurer la ligne de production à distance.		**IP3** : Délai de mise en route des machines /maintenance	**IP4** : Pourcentage de poly compétences des opérateurs formés en production	**IP5 :** Budget d'investissement en équipements et formation
Variables de décisions	**VD1.D2.FI-** Identifier les équipements et machines du process de fabrication en adéquation avec la nomenclature produit.		*	**	**	*	**
	VD2.D2.FI— Estimation de budget des équipements et de formation		**	**	**	*	**

Forte cohérence (**), faible cohérence (*(), aucune cohérence ()

L'objectif de cette section n'est pas d'être exhaustif dans l'analyse des triplets (ce qui nécessiterait des pages entières de pointage, de contrôles et de discussions) mais de démontrer la nécessité de cette étape d'analyse afin de proposer un modèle cohérent. Il incombe à chaque décideur de mener une analyse de cohérence avec la méthode présentée afin de poursuivre le

déploiement de la dernière étape de PERFLOG dans laquelle nous allons nous intéresser aux KPI, aux technologies 4.0 supports à la performance et aux marges de progrès possibles.

V.3.3.1 Diagnostic initial de la maturité 4.0

Les KPI obtenus dans la Grille sont évocateurs des points de contrôles pour les managers. Afin de rendre ces KPI encore plus fiables, nous avons fait le postulat que certaines technologies de l'industrie 4.0 pourraient fiabiliser et renforcer la pertinence des KPI. Dans le chapitre précédant, nous avons établi une *étude de référence* des *nouvelles technologies* de l'industrie 4.0 et leurs contributions à la smartisation des KPI du modèle PERFLOG.
D'après notre modèle de mesure d'évaluation de maturité, nous devons faire la même étude de croisement des nouvelles technologies 4.0 et des indicateurs de performance chez PSA, cette étude étant nommée *« Etat actuel »*. Nous rappelons que l'objectif de l'approche PPTechIP est de superposer « l'état actuel de l'entreprise » de la maturité des technologies avec « l'état de référence » de la maturité afin de dégager un potentiel de progrès de développement des nouvelles technologies 4.0.

Nous avons débuté par l'étude de contribution des technologies 4.0 et les KPI proposé de notre grille GRAILOG-EXP de KPI, cette analyse est présentée ci-dessous dans les tableaux (V.9 ; V.10 ; V.11 ; V.12.). L'analyse et le pointage est réalisée après plusieurs interviews avec les responsables PSA.
Le calcul du niveau actuel de chaque technologie pour les différentes fonctions, est donc effectué. Nous rappelons que *le niveau actuel* est le nombre d'implication de la technologie concernée sur le nombre total d'indicateurs. Ce niveau est estimé en (%), et permet de visualiser la contribution de la technologie à la fiabilisation des KPI. Un exemple de diagnostic est proposé dans (annexe V.6) pour la fonction « Gérer l'industrialisation » en indiquant le niveau de maturité actuel de chaque technologie. Si une technologie est participative à tous les indicateurs, elle atteindrait un niveau de couverture à 100%. Un niveau actuel bas, signifie une technologie très peu impliquée dans le renforcement du KPI.

$$\textbf{Niveau actuel} = \frac{Nbre\ d'implication\ de\ la\ technologie}{Le\ nombre\ des\ indicateurs} X\ 100$$

Les résultats des échanges et des calculs sont donnés sous forme de tableaux (Tableaux V.13) Des radars en pointillé (représentant l'état actuel de PSA) sont superposés avec les radars en traits pleins (représentant l'état de référence de notre étude). Cette présentation combinée permet à établir un comparatif entre les deux états du radar de manière visuel afin d'aboutir à une marge de progrès (nommé Potentiel de progrès PP). Les tableaux ci-dessous présentent les niveaux d'implication et les superpositions des radars pour les quatre fonctions retenues *« Gérer l'industrialisation », « Gérer la production », « Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale » et « Gérer la distribution »*. Chaque fonction de la SC faisant l'objet d'application regroupe 3 radars superposés pour les trois niveaux décisionnels en un seul schéma. Nous avons estimé que cette façon de représenter, serait plus percutante afin de restituer rapidement visuellement l'état et le progrès potentiel. Dans la section suivante, nous présentons les calculs résultant de potentiel de progrès.

Les Tableaux de niveau d'implication par fonction

Tableau V. 9 Niveau d'implication pour la fonction gérer l'industrialisation

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0											
Fonction	**Niveau décisionnels**	**Indicateur de performance**	**IoT**	**Cloud Computing oui**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer l'industrialisation	*Niveau stratégique*	Nombre de site de production		1		1			1	1			1	
		Rapidité d'assemblage	1	1			1	1	1	1	1	1	1	
		Délai d'industrialisation		1	1				1	1	1		1	
	Niveau Tactique	Capacité de standardiser le produit (nombre des étapes d'assemblage)							1	1				
		Capacité de réaction pour reconfigurer la ligne de production à distance	1	1	1		1		1	1	1	1	1	
		Délai de mise en route des machines / maintenance	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1
		Pourcentage de Poly compétences des opérateurs formés en		1					1	1		1		
		Budget d'investissement en équipements et formation)		1	1				1	1				
	Niveau opérationnel	Temps de mise en route de production		1			1	1	1	1	1		1	
		Nombre de procédés de fabrication	1	1			1	1	1	1		1	1	
		Cycle de fabrication par commande		1			1	1	1	1	1		1	
		Taux de qualité produit	1	1	1		1	1	1	1	1		1	
		Nombre d'intervention d'urgence	1	1			1	1	1	1		1	1	
		Flexibilité de production à court terme	1	1			1	1	1	1		1	1	
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	1	3	1	1	1	1	3	3	2	1	3	0
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	2	4	3	0	2	0	5	5	2	3	2	1
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	4	6	1	0	6	6	6	6	3	3	6	0

Tableau V. 10 Niveau d'implication pour la fonction gérer la production

			Les nouvelles technologies de l'industrie 4.0											
Fonction	**Niveau décisionnel**	**Indicateur de performance**	**IOT**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**augmentée & Virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la production	*Niveau stratégique*	Taux de fiabilité des prévisions de vente		1	1				1	1				
		Coût de la stratégie de production (PIC)	1	1	1				1	1		1	1	
		Taux d'engagement de ressources technique et humaine (TRE taux de rendement économique).		1					1	1		1	1	
		Taux de fiabilité des données de production	1	1	1				1	1	1	1	1	
	Niveau Tactique	Taux de capacité de production.	1	1					1	1	1	1	1	
		Délai de production estimatif	1	1					1	1		1	1	
		Taux de respect du plan de production.	1	1					1	1		1	1	
		Niveau des en-cours.	1	1					1	1				
		Nombre de livraisons reçues à temps	1	1	1					1				
		Taux de rendement global	1	1						1				
		Taux de rotation des stocks	1	1	1				1	1				
		Taux de produits conformes	1	1	1			1	1	1			1	
	Niveau Opérationnel	Temps de cycle de fabrication	1	1			1		1		1		1	
		Taux de Productivité	1	1				1			1		1	
		Nombre de jours de stocks du produit fini	1	1	1				1	1				
		Taux de rupture de stock	1	1	1				1	1				
		Taux de perte	1	1	1				1	1			1	
		Taux d'arrêt	1	1	1				1	1			1	
		Coût de production / conditionnement	1	1	1			1	1	1	1		1	
		Taux d'emballage recyclables	1	1	1			1	1	1			1	
	Taux d'utilisation de la techno par niveau décisionnel	Nbre d'utilisation de techno selon le niveau stratégique	2	4	3	0	0	0	4	4	1	3	3	0
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau tactique	8	8	3	0	0	1	6	8	1	3	4	0
		Nbre d'utilisation de techno selon le niveau opérationnel	8	8	6	0	1	3	7	6	3	0	6	0

		le niveau actuel des technologies de l'industrie 4.0 chez PSA											
Fonction	**Les niveaux décisionnels**	**IOT**	**Cloud computing**	**Big Data**	**RFID**	**Réalité augmentée & Virtuelle**	**Robot collaboratif**	**Simulation**	**Cyber sécurité**	**L'intelligence artificielle**	**L'impression 3D**	**Digital twin**	**Internet des énergies**
Gérer la production	*Stratégique*	50%	100%	75%	0%	0%	0%	100%	100%	25%	75%	75%	0%
	Tactique	100%	100%	38%	0%	0%	13%	75%	100%	13%	38%	50%	0%
	Opérationnels	100%	100%	75%	0%	13%	38%	88%	75%	38%	0%	75%	0%

Tableau V. 11 Niveau d'implication des technologies pour la fonction gérer le développement durable et la responsabilité sociétale

Fonction	Niveau décisionnel	Indicateurs de performance	Internet des objets	Cloud computing	Big Data	RFID	Réalité augmentée	Robot collaboratif	Simulation	Cybersécurité	L'intelligence artificielle	L'impression 3D	Digital	Internet des objets
Gérer la responsabilité sociétale et le développement durable	Niveau stratégique	Coût environnemental	1	1	1				1	1				
		Taux de pollution / bilan carbone		1	1		1		1	1			1	1
		Taux de traitement des déchets de production	1	1	1	1			1	1	1	1	1	
		Le taux de qualité de vie au travail / satisfaction des		1	1					1				
		Taux de retraitement des produits (en fin de vie)	1	1	1				1	1			1	
		Le nombre de violations de la réglementation		1	1				1	1				
	Niveau tactique	Le pourcentage de produit à concevoir avec les partenaires		1	1				1	1	1		1	
		Le nombre de comparants [illegible]		1	1		1		1	1		1		
		le pourcentage de transport propre (Train, bateau,	1	1	1	1			1	1				
		Le pourcentage des matériaux recyclés dans les produits		1	1				1	1				
		Taux d'utilisation de l'écotiquetage		1	1	1	1		1	1				
		Nouvelles technologies propres		1	1				1	1		1		
		Consommation d'énergie		1	1				1	1			1	
	Niveau Opérationnel	Taux de produits recyclés sur l'horizon	1	1	1		1		1	1			1	
		Taux de CO2 dégagé sur l'horizon		1	1				1	1			1	
		Volume de déchets générés sur l'horizon	1	1	1				1	1			1	
		Coût d'emballage / cout écoemballage		1	1				1	1				
		Le nombre de kilomètres propres parcourus sur l'horizon par rapport aux nombres totale de		1	1	1			1	1				
Taux d'utilisation de la technologie par niveau décisionnel		Nbre d'utilisation de technologie au niveau stratégique	3	6	6	1	1	0	5	6	1	1	3	1
		Nbre d'utilisation de technologie au niveau tactique	1	7	7	2	2	0	7	7	1	2	2	0
		Nbre d'utilisation de technologie au niveau opérationnel	2	5	5	1	1	0	5	5	0	0	3	0

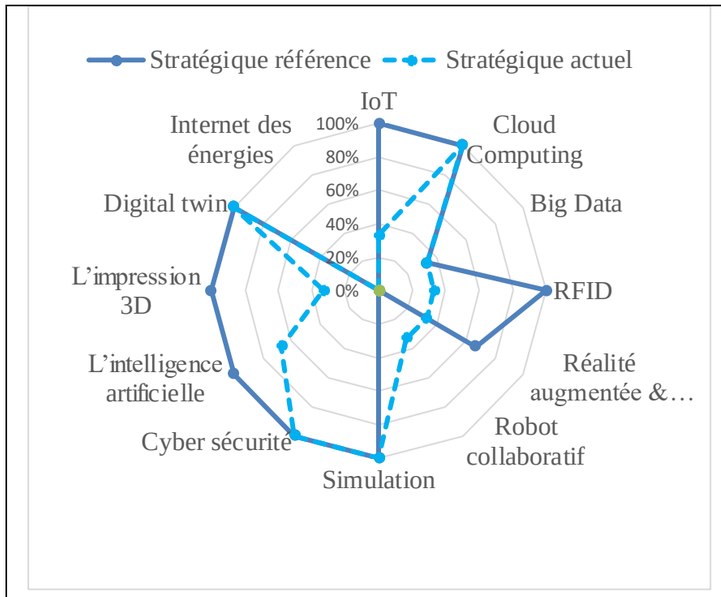
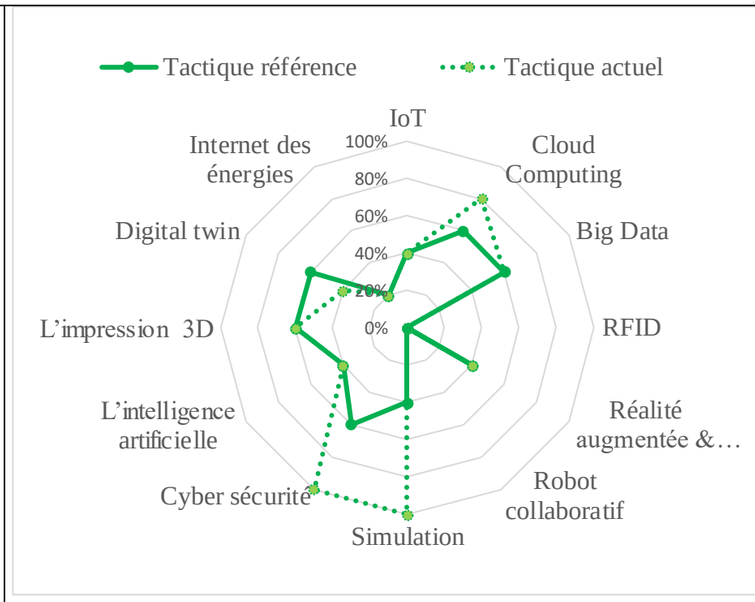
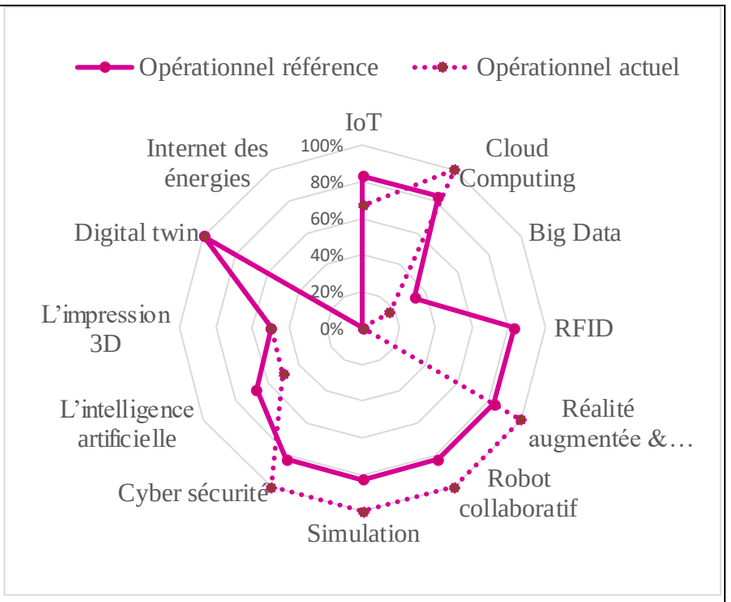
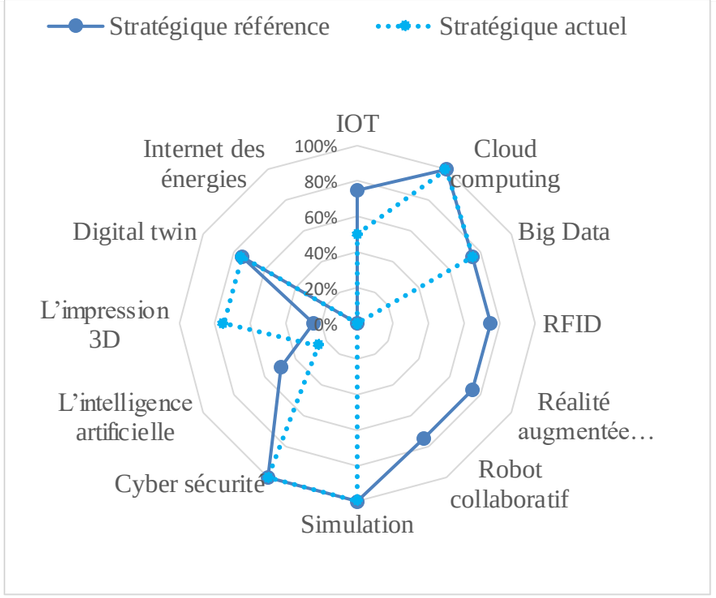
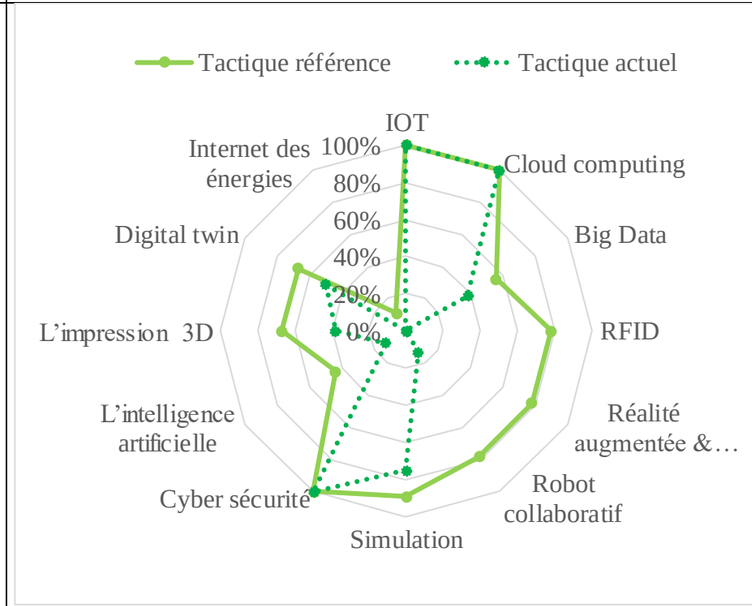
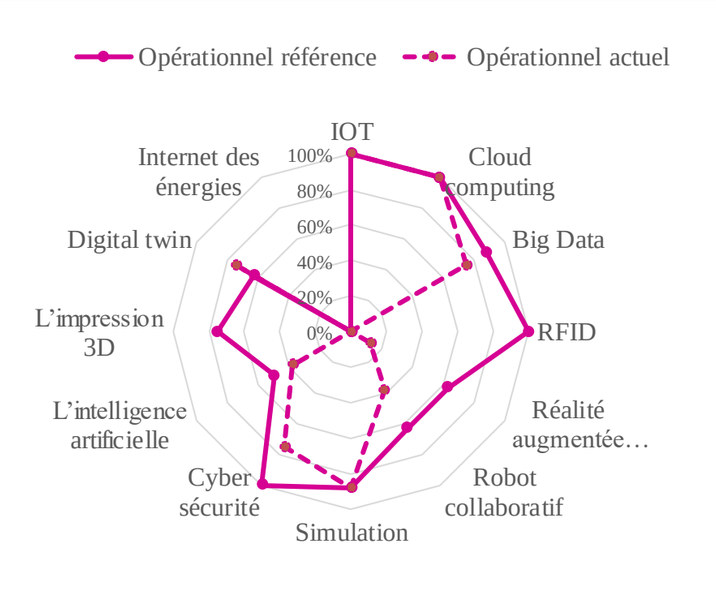
Fonction	Niveau décisionnel	Internet des objets	Cloud computing	Big Data	RFID	Réalité augmentée	Robot collaboratif	Simulation	Cybersécurité	L'intelligence artificielle	L'impression 3D	Digital	Internet des objets
Gérer le développement durable et la responsabilité	*Niveau stratégique*	50%	100%	100%	17%	17%	0%	83%	100%	17%	17%	50%	17%
	Niveau Tactique	14%	100%	100%	29%	29%	0%	100%	100%	14%	29%	29%	0%
	Niveau Opérationnel	40%	100%	100%	20%	20%	0%	100%	100%	0%	0%	60%	0%

Tableau V. 12 Niveau d'implication des technologies par la fonction gérer la distribution

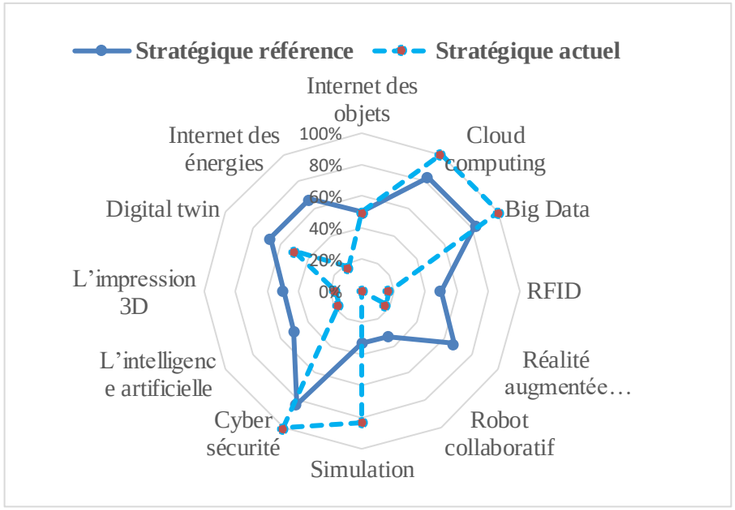
Fonction	Niveau décisionnel	Indicateurs de performance	IoT	Cloud computing	Big data	RFID	Réalité augmentée	Robot collaboratif	Simulation	Cybersécurité	L'intelligence artificielle	L'impression 3D	Digital twin	Internet des objets
Gérer la distribution	*Niveau stratégique*	Le nombre de modes différents de distribution.		1	1		1		1	1				
		le nombre de transporteur	1	1	1				1	1				
		Le tonnage annuel	1	1	1				1	1			1	
		Le coût de transport		1	1				1	1	1		1	
		le taux de remplissage des conteneurs	1	1	1	1			1	1				
		Durée moyenne de stockage dans la plateforme		1	1	1			1	1			1	
		Volume moyen annuel de produit acheté sur chaque site	1	1	1				1	1				
		Taux de service de la distribution		1	1	1			1	1	1			
	Niveau Tactique	Distances parcourues en KM [optimisation des véhicules]	1	1	1				1	1				
		Taux de remplissage par véhicule		1	1	1			1	1			1	
		Niveau de stocks dans l'entrepôt	1	1	1	1			1	1				
		Nombre d'employés		1	1				1	1				
		Coût de transport		1	1				1	1				
		Nombre de retard		1	1				1	1				
		Nombre de commande non satisfaites		1	1				1	1				
		Nombre de réunion de conseil annuel		1	1				1	1				
		Durée moyenne de conseil		1	1				1	1				
	Niveau opérationnel	Taux de remplissage des camions	1	1	1	1			1	1	1			
		Délai de traitement des commandes clients.	1	1	1				1	1	1			
		Coût de Transport			1	1			1	1	1			
		Taux de remplissage d'entrepôt	1	1	1	1			1	1	1			
		Taux de conformité et de qualité des livraisons [taux de service de livraison]	1	1	1	1				1	1			
		Nombre de réclamations clients	1	1	1				1	1	1			
		Délai de traitement de réclamation client.	1	1	1	1				1	1			
		Nombre de kilomètres parcourus		1	1				1	1				
		Nombre et volume des emballages disponible sur chaque site	1	1	1				1	1			1	
		Coût de transport		1	1				1	1				
Taux d'utilisation de la technologie par niveau décisionnel		Nbre d'utilisation de technologie selon le niveau stratégique	4	8	8	3	1	0	8	8	2	0	3	0
		Nbre d'utilisation de technologie selon le niveau tactique	2	3	3	2	0	0	3	3	0	0	1	0
		Nbre d'utilisation de technologie selon le niveau opérationnel	7	9	10	5	0	0	0	10	7	0	1	0

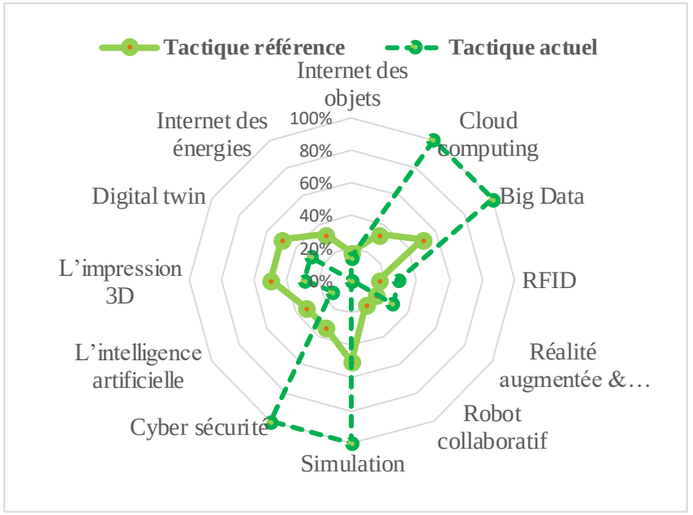
Fonction	Niveau décisionnel	IoT	Cloud computing	Big data	RFID	Réalité augmentée	Robot collaboratif	Simulation	Cybersécurité	L'intelligence artificielle	L'impression 3D	Digital twin	Internet des objets
Gérer la distribution	*Stratégique*	50%	100%	100%	38%	13%	0%	100%	100%	25%	0%	38%	0%
	Tactique	22%	100%	100%	22%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	11%	0%
	Opérationnelle	78%	89%	100%	56%	0%	0%	89%	100%	78%	0%	10%	0%

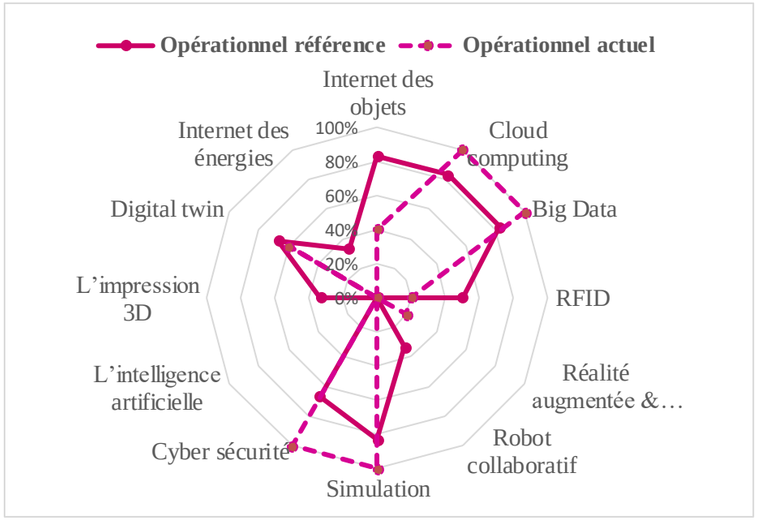
Tableau V. 13 Radars de PP des nouvelles technologies 4.0 pour les 4 foncions

Gérer l'industrialisation			
Gérer la production			

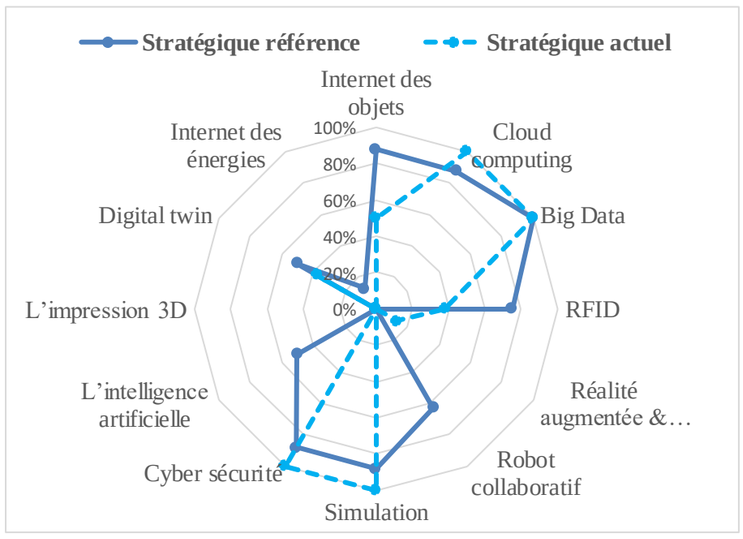
Gérer le développement durable et la responsabilité sociétale

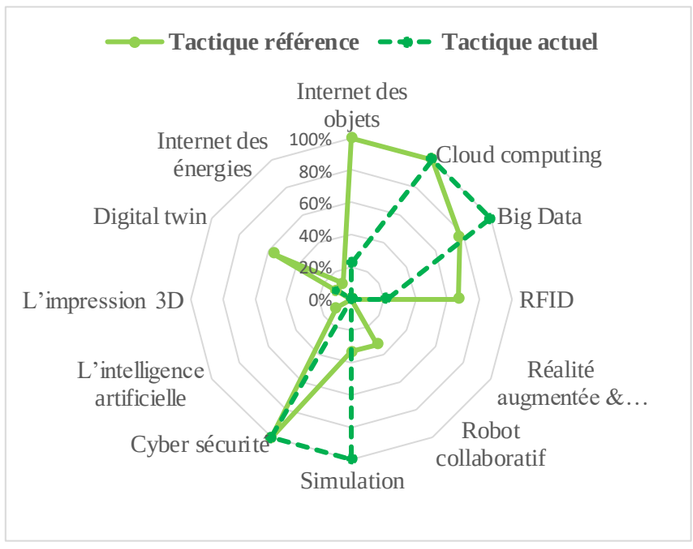


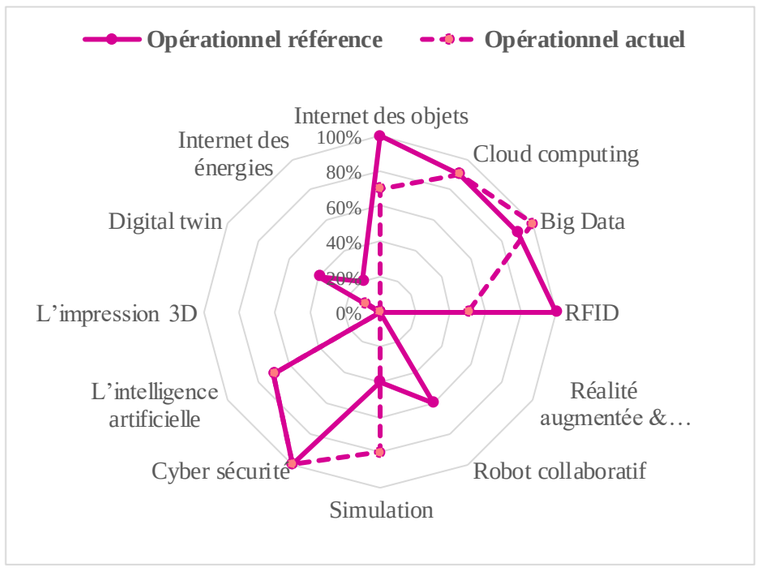




Gérer la distribution







3.3.2 Potentiel de progrès PP des Technologies de l'industrie 4.0

Une fois effectuée l'observation et la comparaison des radars superposés (référence et actuel), nous remarquons des marges de progrès qui se dégagent pour certaines technologies 4.0. Nous rappelons que le Delta est créé par la différence entre le niveau de référence et le niveau actuel.

Delta = niveau de référence – Niveau actuel

Ce potentiel de progrès représente la marge de manœuvre et le pourcentage d'action nécessaire à la réalisation des améliorations (exemple sur le radar : un PP existe pour amener le niveau de maturité actuel au niveau de maturité de référence). Cependant, nous pouvons aussi constater après application industrielle que le PP peut être aussi bien positif que négatif.

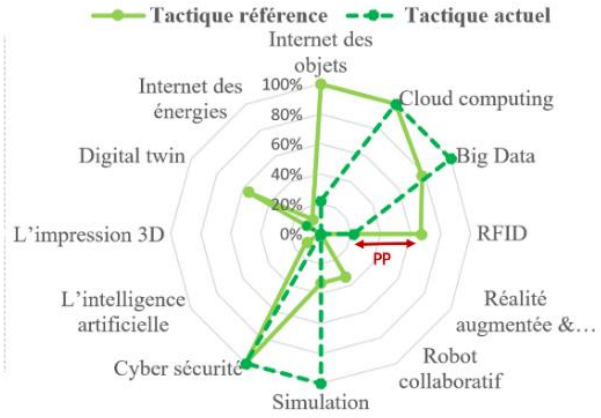


Figure V. 15 Exemple de PP de la technologie RFID

Pour présenter clairement les résultats des calculs de PP opérés, nous avons opté pour une représentation tabulaire, une forme de tableau de bord de pilotage. Un tableau de bord de potentiel de progrès qui se décline en quatre fonctions et suivant les trois niveaux décisionnels. Ce tableau est donc modulable et adaptable et il est tributaire des fonctions retenues par la SC cible. Les résultats de potentiel de progrès sont présentés par différents codes couleur. En effet, nous avons désigné des catégories d'alerte pour les décideurs selon la valeur positive ou négative du PP et selon le seuil atteint. Le détail est fourni dans ce qui suit :

PP = 0% (Le niveau actuel est au niveau de référence, pas d'alerte)

PP > 0 et PP ϵ [0,50%] L'entreprise est bien placée et n'est pas très loin de la référence

PP >0 et PP ϵ [50%,100%] L'entreprise est très loin de la référence, des actions correctives doivent être engagées pour développer les technologies concernées.

PP < 0 et PP ϵ [−50%,0] L'entreprise est au-delà de la référence supposée (elle est meilleure que prévue)

PP < 0 et PP ϵ [−100%,−50%] L'entreprise dépasse largement le niveau de référence, un risque de sur qualité survient, un point de vigilance à souligner.

Figure V. 16 Résultats des PP pour les Technologies de l'industrie 4.0 – Application PSA Kenitra

Fonction	Niveau décisionnels	Tech1	Tech2	Tech3	Tech4	Tech5	Tech6	Tech7	Tech8	Tech9	Tech10	Tech11	Tech12
Gérer l'industrialisation	*N. Stratégique*	67%	0%	0%	67%	34%	-33%	0%	0%	33%	67²%	0%	0%
	N. Tactique	0%	-20%	0%	0%	0%	0%	-60%	-40%	0%	0%	20%	0%
	N. Opérationnel	16%	-17%	16%	83%	-17%	-17%	-17%	-17%	17%	0%	0%	0%
Gérer la Production	*N. Stratégique*	25%	0%	0%	75%	75%	75%	100%	0%	25%	0%	0%	0%
	N. Tactique	0%	0%	18%	78%	78%	78%	14%	0%	31%	29%	17%	11%
	N. Opérationnel	0%	0%	13%	100%	50%	25%	0%	25%	12%	75%	-12%	0%
Gérer la Responsabilité Sociétale et le Développement durable	*N. Stratégique*	0%	-17%	-17%	33%	50%	33%	-50%	-17%	33%	33%	17%	50%
	N. Tactique	3%	-67%	-50%	-12%	-12%	17%	-50%	-67%	19%	21%	21%	33%
	N. Opérationnel	43%	-17%	-17%	30%	-20%	33%	-17%	-33%	0%	33%	7%	33%
La distribution	*N. Stratégique*	38%	-12%	0%	37%	-13%	63%	-12%	-12%	50%	-13%	12%	13%
	N. Tactique	78%	0%	-22%	45%	0%	33%	-67%	0%	11%	17%	45%	11%
	N. Opérationnel	30%	0%	-10%	50%	0%	60%	-40%	0%	0%	0%	30%	20%

***Tech 1**= IoT ; **Tech2**=Cloud computing ; **Tech3**= Big Data ; **Tech4**= RFID ; **Tech5**=Réalité augmentée & virtuelle ; **Tech6**=Robot collaboratif **Tech7**=simulation ; **Tech8**=Cyber sécurité ; **Tech 9**=Intelligence artificielle ; **Tech10 =** l'impression 3D ; **Tech11**=Digital twin ; **Tech12**= Internet des énergies.*

V.4 Résultats et discussions

Nous rappelons que 12 technologies 4.0 ont été passées en revue selon les 3 niveaux décisionnels et pour les quatre fonctions stipulées comme prioritaires chez PSA. Les potentiels de progrès une fois calculés, ont fait l'objet d'une analyse scrupuleuse afin de révéler les points saillants, les forces de PSA et les marges de progrès potentielles.
Pour les PP jaunes, l'entreprise n'a aucun effort à faire concernant le développement des nouvelles technologies, PSA est assez bon, pas d'alerte, les technologies ont atteint la maturité. Il faut veiller à maintenir le niveau, ne pas fléchir et perdre en efficacité.

Pour les PP oranges, l'état actuel de l'entreprise est en dessous de la référence, elle a une marge de progrès. Dans ce cas PSA est alertée sur les efforts en investissements dans les nouvelles technologies et formation des compétences.

Les PP rouges signifient que l'entreprise n'est pas mature et loin de la référence. Elle doit consentir de nouveaux efforts pour certaines technologies comme les IoT, le RFID, les impressions 3D. Nous relevons par exemple que la technologie **impression 3D** est moins développée chez PSA (75% de progrès possible pour la production et 67% pour l'industrialisation). Cette technologie est utilisée dans certaines taches comme l'atelier de peinture. Les systèmes d'impression permettent une personnalisation sur mesure dans le flux de production. Le processus d'impression réduit la consommation d'énergie, d'eau et l'attente en bord de ligne de livraison d'externes. Sur la ligne en EPI la mise en production facilite les échanges en temps réel entre l'usine et la conception. L'évolution des modèles est optimisée par la visualisation de prototypes 3D sur la ligne.

Pour les PP verts, l'entreprise dépasse l'objectif, elle est meilleure que prévue, et des fois elle est au-delà de -50% pour certaines technologies, et dans ce cas il faut vérifier qu'il n'y ait pas de sur investissement sur les technologies. Auquel cas, notre modèle est capable d'alerter PSA sur les axes technologiques surinvesties et permettra peut-être un balayage d'investissement plus pertinent en ventilant davantage sur les technologies moins dotées mais participatives à la smartisation des KPI.

Dans le cas de la simulation, cette technologie est très développée chez PSA. En R&D en particulier, la simulation permet de faire le prototypage et le choix des matériaux adéquats pour la conception du véhicule. Au niveau de design elle permet d'analyser les interactions entre l'environnement et les objets. Cela permet donc d'avoir des véhicules qui consomment moins d'énergie, en les concevant de manière intelligente dans toutes les étapes de la conception.

Nous remarquons que le **cloud computing** à des PP en couleur vert clair, ce qui dépasse faiblement ce qu'on a établi dans l'état de référence. Cette technologie est assez mature. Parfois un PP s'élève même à -67% en vert foncé. En conclusion, le cloud reçoit beaucoup d'attention et d'investissements. En effet, les échanges d'information et les remontées de données sur site PSA se font sur **le cloud**. L'industrie automobile se caractérise par des données massives avec les partenaires. De la même manière, le **Big data** enregistre un PP de -50%. PSA est capable de capter des données de voitures connectées, et les analyser pour offrir aux clients des services personnalisés. Le groupe dispose d'un parc de quelques millions de véhicules connectées capables de collecter des données massives en utilisant des capteurs.
L'ensemble des données doivent être stockées dans les grands systèmes d'où l'utilité du Cloud (comme confirmé par le responsable de Production). Vu la concurrence internationale, PSA

protège toutes ses données et renforce la sécurité de son réseau en développant la **cyber sécurité** car elle est davantage exposée aux cyber-attaques.
Si l'on observe la **réalité augmenté & virtuelle,** cette technologie présente un progrès potentiel qui dépasse faiblement le niveau de référence, cela peut être expliqué par l'intérêt que donne PSA à cette technologie en particulier pour développer une maintenance performante. Cette technologie permet aux opérateurs d'être formés en continu, et leur polyvalence est renforcée pour la réalité virtuelle. Pour cette période de Covid 19, cette technologie est utilisée dans la maintenance et les interventions à distance. Les techniciens ne peuvent plus se déplacer pour régler les problèmes donc les interventions ont lieu à distance.
Pour le Digital Twin au niveau des trois fonctions, nous remarquons un PP faible par rapport à l'état de référence, ce qui se justifie par le fait que l'entreprise ne développe pas sciemment le DT, exception faite au niveau opérationnel de la fonction *Gérer la production*. En utilisant cette technologie, le développement devient possible tout au long du cycle de vie du modèle virtuel de véhicule, et permet aux opérateurs de prévoir les actions pour améliorer les performances.
Pour **les robots collaboratifs,** nous constatons un PP de -33% de la fonction gérer l'industrialisation (dépassant l'état de référence). Cette technologie a un impact au niveau stratégique en fiabilisant la rapidité d'assemblage. Pour les autres fonctions, les robots collaboratifs sont peu développés chez PSA, mais ils sont utilisés dans les espaces de travail. Les taches lourdes sont assurées par des robots et les contrôles qualité sont effectués automatiquement puis valider par les opérateurs.
Nous pouvons conclure grâce au tableau de bord synthétique à une forte dominance de certaines technologies de l'industrie 4.0 telles que, *la cyber sécurité, la simulation, le Big data, le cloud computing et l'Iot.* Ces résultats, issus de l'application PSA, viennent en concordance à l'étude réalisée sur le moteur de recherche SCOPUS présenté dans le chapitre IV.

V.5 Conclusion

Après avoir analysé les spécificités du secteur automobile et les initiatives du gouvernement marocain, nous avons pu établir avec figures à l'appui, l'intéressante évolution de l'industrie automobile, l'évolution de ce secteur, du marché associé et l'absolue nécessité de travailler sur l'optimisation de production et l'optimisation de la supply chain automobile. En effet, en dépit du contexte économique favorable, et du contexte positif de ce secteur au Maroc, d'énormes problèmes au niveau de la chaine logistique persistent. Pour renforcer le développement des SC internationales, l'état marocain encourage les entreprises à la transition numérique et favorise les initiatives de développement des nouvelles technologies 4.0.

Percevoir la difficulté de modélisation des entreprises dans le secteur automobile a été rendu possible grâce à la première application au sein d'un maillon de la SC automobile ECA Maroc (équipementier automobile). Cette cartographie de la logistique aval d'un équipementier avec le modèle VSM a révélé des points d'améliorations intéressants. Pour l'amélioration continue du processus de distribution de la SC, cette VSM a permis d'identifier les gaspillages détectés au niveau des différentes activités opérationnelles à valeur non ajoutée. Nous avons proposé un plan d'action qui a permis d'améliorer certains indicateurs de performance comme le temps de cycle et le délai de livraison. Modéliser un maillon de la SC avec une VSM présente également des insuffisances et des manques (évoquée dans un paragraphe dédié plus haut). A l'échelle d'une Supply Chain, le modèle ne peut être restrictif et cantonné à un maillon. Le modèle VSM a donc été écarté et une modélisation plus rigoureuse s'imposait au regard de l'existant.
Prétendre bâtir un modèle Supply Chain requiert : structuration, exhaustivité, couverture, reproductibilité et duplicabilité. Ainsi, nous avons construit et élaboré le modèle PERFLOG proposé dans cette thèse et déployé chez le constructeur PSA. Connu pour sa Supply Chain

complexe et pour ses ambitions de progrès et de développement, PSA représentait une véritable chance en termes de terrain d'application.
Nous avons procédé par plusieurs étapes, nous avons identifié sur la base des modèles de référence, les décisions de pilotage avec une vingtaine d'entre elles proposées par notre modèle. Le modèle proposé vise à s'adapter autant que possible à la réalité complexe de la chaîne logistique avec la majorité des fonctions (stratégies, objectifs, variables de décision, indicateurs...).
Sept objectifs génériques et une trentaine d'indicateurs de performance sont construits par fonction. Le modèle PERFLOG aspire à prodiguer une aide à la décision aux managers de la SC selon les trois niveaux décisionnels. C'est ainsi que notre application a pu révéler les décisions de la SC de PSA.

Le modèle conçu intègre, dans la mesure du réalisable et du pensable, un maximum de fonctions qu'une SC doit manager. La modularité offerte par le modèle PERFLOG est un point singulier, utile, simplificateur et adaptable à toute industrie et tout secteur. En effet, PERFLOG contient GRAILOG-Exp et GRAILOG-Cop afin de fournir deux volets de modélisation en accord avec l'état de développement de la SC ou l'état de pilotage de la SC. Les fonctions étudiées et retenues balayent un spectre large des besoins, impératifs d'une SC automobile (mais pas que).

Depuis la gestion commerciale, passant par l'industrialisation, la production la qualité, la maintenance, le système d'information, l'approvisionnement, la distribution, le développement durable, la responsabilité sociétale, la gestion de crise…un effort de synthèse et d'exhaustivité ultime a accompagné l'intention du développement de PERFLOG. Prétendre une exhaustivité exemplaire est loin de notre propos, mais rappeler l'effort de couverture et l'intention de construction d'un modèle global mérite sa place dans ce travail de recherche.

L'étude de cas menée chez PSA a révélé plusieurs retours positifs relatifs à PERFLOG :

- ✓ La possibilité de modéliser le juste nécessaire (traiter le volet pilotage de la SC qui intéressait PSA) : GRAILOG-Exp
- ✓ La possibilité de traiter les priorités pour PSA : choix des fonctions pivots
- ✓ La possibilité de comparer ses objectifs/ aux objectifs de PERFLOG
- ✓ L'analyse de cohérence qui consolide l'approche et fiabilise la construction du modèle
- ✓ La possibilité de concevoir des KPI en accord avec les besoins et l'aisance avec laquelle, le manager peut sélectionner les KPI adéquats.
- ✓ La possibilité de disposer d'outils simples, pertinents et visuels grâce à la représentation en radars pointillés, et plein).
- ✓ La possibilité de disposer d'un TDB de pilotage de PP rendu possible avec le tableau d'alerte et l'usage des codes couleurs.
- ✓ La possibilité d'identifier les marges de progrès (PP) pour faire évoluer les investissements en technologies de l'industrie 4.0 et amorcer ainsi de façon viable le virage numérique qui s'impose aux entreprises. Les points de vigilance catégorisés en famille par code couleur a également été apprécié par les industriels.

Conclusion générale :

L'ensemble de ces travaux de recherche réalisés dans cette thèse en cotutelle, permettent de répondre à la problématique de la SC internationale de l'industrie automobile. Tout au long de ce travail, en analysant les différentes méthodes de modélisation et de mesure de performance, nous avons constaté que les modèles GRAI et SCOR sont les plus adaptés à ce type de problème.

Pour répondre aux défis posés à la SC internationale, nous avons tout d'abord, proposé un modèle de référence appelé PERFLOG qui s'inspire du modèle GRAI et de la ECOGRAI et l'enrichit afin de constituer un outil d'aide à la décision dans la SC. L'originalité de PERFLOG réside dans sa capacité à traiter aussi bien le volet « conception » et « exploitation » de la SC. Ce modèle permet aux entreprises de vérifier la cohérence entre les modes de contrôle et de suivi (décision et indicateurs). Ce modèle prend en compte la modélisation des KPI qui est enrichie avec le prisme des technologies de l'industrie 4.0.

Nous avons proposé une modélisation décisionnelle de la conception de la SC sous forme d'un modèle de référence des décisions de conception appelé GRAILOG-Cop et par la suite, une modélisation des décisions de fonctionnement et pilotage de la SC appelé modèle de référence GRAILOG-Exp. Une déclinaison décisionnelle par horizon a été analysée dans les deux modèles de références. Des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles ont été étudiées afin de fournir une aide à la prise de décisions engagées par l'entreprise selon les strates managériales et les pratiques de l'entreprise en adéquation avec les horizons décisionnels qui lui sont propres. Les décisions retenues ont été choisies et justifiées pour aider les décideurs à se positionner dans le modèle de référence proposé. L'avantage de PERFLOG est de fournir un accès modulaire au modèle afin que les décideurs choisissent les fonctions prioritaires en suivant de dérouler l'analyse proposée.

Pour déployer la méthodologie PERFLOG, nous avons défini des attributs de performance industriel, en l'occurrence : fiabilité, réactivité, coût, qualité, innovation, aspect environnement et social. Pour atteindre ces objectifs nous avons proposé des actions pour que les responsables puissent prendre les décisions en adéquation.

Nous avons présenté l'intérêt de l'évaluation de la performance, élément clé dans la prise de décision et nous avons élaboré une grille de référence de KPI pour les indicateurs de performance.

Comme ces indicateurs de performance sont essentiels pour le contrôle, nous avons proposé aussi de relier les technologies 4.0 aux différents indicateurs de performance KPI dans la grille GRAILOG-Exp. Un modèle PPTechIP a été proposé pour mesurer le potentiel de progrès généré pour chaque technologie considérée. Ce modèle débute par une étude de croisement des technologies 4.0 et leur contribution à la fiabilisation des KPI's. L'intérêt cette étude est d'avoir révélé les technologies 4.0 qui fiabilisent et pilotent les KPI du modèle PERFOG. L'analyse menée fonction par fonction consolide la modularité fournie aux décideurs d'après les priorités développées dans leur plan stratégique.

L'étude de cas orientée vers une SC internationale et dans le secteur automobile a été justifiée par le contexte de la thèse en cotutelle. Nous avons débuté par une analyse de l'environnement économique marocain et nous avons montré l'évolution du secteur automobile et sa contribution à l'économie marocaine à l'aide de plusieurs indicateurs économiques.

Le modèle développé PERFLOG a été appliqué chez PSA site de Kénitra. Le groupe PSA a sélectionné les fonctions jugées prioritaires pour l'entreprise. Une sélection des décisions de

pilotage a été proposée par le modèle, de même qu'un ensemble de KPI's a été identifié par fonction en adéquation avec les besoins du constructeur automobile. Le modèle proposé vise à s'adapter autant que possible à la réalité complexe de la SC avec la majorité des fonctions (stratégies, objectifs, variables de décision, indicateurs...) choisies avec quelques ajustements spécifiques à PSA Maroc.

PERFLOG a permis à PSA de comprendre la SC, sélectionner le volet concerné « GRAILOG-Exp », identifier les fonctions prioritaires, extraire les VD et disposer d'une grille de KPI nécessaire au pilotage de la SC. Cette aide à la décision est également appuyée selon les trois niveaux décisionnels de la SC afin d'identifier les actions correctives selon l'horizon de traitement des décisions.

Dans le cadre des technologies 4.0, nous avons appliqué un modèle de mesure de potentiel de progrès des technologies 4.0 avec l'approche PPTechIP, en réalisant un diagnostic initial chez PSA pour mesurer le degré d'implication des nouvelles technologies puis une analyse avec des radars de l'état actuel. Nous avons comparé le résultat de diagnostic initial nommé « l'état actuel » avec « l'état de référence ». Cette comparaison a montré les marges de progrès actuels de chaque technologie sous forme de tableau de bord avec des codes couleurs qui permettent de donner une vision d'alerte aux décideurs et déceler des points de vigilance pour les déploiements futurs pour réussir la transformation numérique de l'industrie 4.0.

Ce qui a été apprécié dans PERFLOG par le Groupe PSA est sa capacité structurante, son approche modulaire et son aptitude de duplication par des KPI clés.

En perspective, PERFLOG pourrait bénéficier d'une autre étude de cas relative au volet « conception de la SC ». En effet, un modèle de référence se veut être un modèle global, duplicable et utilisable en fonction du contexte économique étudié. Dans notre cas de figure, le pilotage de la SC existante a été pointé comme une priorité, mais le modèle serait également intéressant à affiner dans sa contribution GRAILOG-Cop pour une SC en émergence ou en construction.

Par ailleurs, pour le volet « Grailog-exp » nous pouvons également envisager une étude plus fine sur la contribution des technologies 4.0 à la smartisation des KPI. En effet, cette analyse initiale a été proposée au périmètre de notre équipe de recherche, mais vue le subjectivisme inhérent à ce type de démarche, nous pouvons imaginer d'autres projets de recherche qui pourraient à l'appui d'une bibliographie statistique consolider la proposition de couverture des technologies 4.0. Toutefois, même si les résultats de départ s'en trouveront modifiés, l'approche PERFLOG (avec toutes ses étapes de déploiement) reste valide et structurée afin d'assoir l'aide à la décision dans la Supply Chain qui ô combien est mouvante, complexe et en perpétuelle évolution.

Références bibliographiques :

Abadi, A., Sekkat, S., & Ben-Azza, H. (2015, December). Utilisation des ontologies pour supporter la conception simultanée du produit et de sa chaîne logistique. In Xème Conférence Internationale: Conception et Production Intégrées.

Abdelkabir, C., Abdellah, A. O., & Bouayad, B. (2012). Application of ECOGRAI/BSC method for controlling logistic performance: Case of a Moroccan clothing company. International Journal of Business, Humanities and Technology (IJBHT), 2(2), 26-35.

Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020). Industry 4.0 and health: Internet of things, big data, and cloud computing for healthcare 4.0. Journal of Industrial Information Integration, 18, 100129.

Achhal, Y. (2013). Cadre méthodologique pour la conception d'indicateurs de performance de développement durable.

AFNOR, Norme Management par la valeur NF EN 12973, Editions AFNOR, 2000

AFNOR, Norme Qualité ISO 9000, Editions AFNOR, 2000

Ageron, B., & Spalanzani, A. (2010). Perceptions et réalités du développement durable dans les entreprises françaises. Revue française de gestion, (6), 157-171.

Ageron, M., Aguilar, J. A., Al Samarai, I., Albert, A., André, M., Anghinolfi, M., ... & Zaborov, D. (2012). The ANTARES telescope neutrino alert system. Astroparticle Physics, 35(8), 530-536.

Al Theeb, Nader, et al. "Optimization of vehicle routing with inventory allocation problems in Cold Supply Chain Logistics." Computers & Industrial Engineering 142 (2020): 106341.

Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. Engineering science and technology, an international journal, 22(3), 899-919.

Amrani-Zouggar, A. (2009). Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

Anli, Osman Murat, Michael C. Caramanis, and Ioannis Ch Paschalidis. "Tractable supply chain production planning, modeling nonlinear lead time and quality of service constraints." Journal of Manufacturing Systems 26.2 (2007): 116-134.

Annosi, Maria Carmela, et al. "Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices." Industrial Marketing Management 93 (2021): 208-220.

APICS 2017. All rights reserved. SCOR is a registered trademark in the United States and Europe

APICS. (2017). Supply Chain Operations Reference Model SCOR Version 12.0. apics.org/myapics.

Apics_Supply Chain Council, SCC and DCOR Overview, http://supplychain.org/2017-SCC-SCOR-Overview.pdf (Page consultée le 7 juin 2020).

Arlinghaus, J. C., & Knizkov, S. (2020). Lean Maintenance and Repair Implementation-A Cross-Case Study of Seven Automotive Service Suppliers. Procedia CIRP, 93, 955-964.

Arunachalam, D., Kumar, N and Kawalek, JP., "Understanding big data analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges and implications for practice." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 114 (2018): 416-436.

Arzu Akyuz, G., & Erman Erkan, T. (2010). Supply chain performance measurement: a literature review. International journal of production research, 48(17), 5137-5155.

ASLOG | Le premier réseau français des professionnels de La Supply Chain.

ASLOG, l'Association Française de la Supply chain et de la Logistique, 2006, disponible sur http://www.aslog.org/fr.

B. Villarreal, "The transportation value stream map (TVSM)," Eur. J Ind. Eng., vol. 6, no. 2, p. 216, 2012.

Baglin, G., Bruel, O., Garreau, A., Greif, M., Kerbache, L., Nehmé,J, C., Van Delft. C., (2013). Management industriel et logistique.

Bai, Chunguang, et al. "Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective." International journal of production economics 229 (2020): 107776.

Bakiri, M. (2006). Contribution à la conduite et à l'évaluation des systèmes de production intégrant les domaines Qualité, Sécurité et Environnement (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Bakiri, M., Ducq, Y., & Chaabane, S. (2007, March). Conduite et évaluation des systèmes de production intégrant les domaines Qualité, Sécurité et environnement. In 7ème édition du congrès international pluridisciplinaire QUALITA 2007 (Vol. 1, No. 1, p. CD).

Balambo, M. A. (2013). Culture nationale et développement de la confiance inter organisationnelle en milieu supply chain: Le cas du Maroc. In Colloque LOGISTIQUA'13 (p. 23).

Balambo, M. A. (2013). Culture nationale et nature de l'intégration des supply chains amont: le cas des équipementiers automobiles marocains. Logistique & Management, 21(4), 71-85.

Barman, Abhijit, Rubi Das, and Pijus Kanti De. "Impact of COVID-19 in Food Supply Chain: Disruptions and Recovery Strategy." Current Research in Behavioral Sciences (2021): 100017.

Basque, R. (2011). CMMI 1.3: Guide complet de CMMI-DEV. Dunod.

Baumann, E. (2011). Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques (Doctoral dissertation, INSA de Lyon).

Benabdejlil, H. (2016). Modélisation des processus de soins: vers une implantation de nouveaux services à valeur ajoutée (Doctoral dissertation, Bordeaux).

Bentahar, O., and Benzidia, S., Sustainable supply chain management: Trends and challenges. No. hal-02511038. 2018.

Berrah, L., & Clivillé, V. (2007). Towards an aggregation performance measurement system model in a supply chain context. Computers in Industry, 58(7), 709-719.

Berrah, L., & Mauris, G. (2002, October). The industrial performance aggregation: towards a definition. In IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (Vol. 5, pp. 5-pp). IEEE.

Berrah, L., Mauris*, G., & Vernadat, F. (2004). Information aggregation in industrial performance measurement: rationales, issues and definitions. International Journal of Production Research, 42(20), 4271-4293.

Bhakthavatchalam, S., et al. "Quality, reliability, maintenance issues in closed-loop supply chains: A review." IFAC-PapersOnLine 48.3 (2015): 460-465.

Bhasin, S. 2015. Lean management beyond manufacturing. Vol. 10: Springer

Biard, T. (2017). De la modélisation à l'automatisation des prises de décisions opérationnelles avec une démarche d'Architecture d'Entreprise (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay (ComUE)).

Bigliardi, Barbara, Eleonora Bottani, and Giorgia Casella. "Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: a bibliographic analysis." Procedia manufacturing 42 (2020): 322-326.

Billaudot, B. (2010). La norme ISO 26 000: une norme-définition qui a le statut d'un compromis (No. halshs-00551530).

Bilotta, Eleonora, et al. "Industry 4.0 technologies in tourism education: Nurturing students to think with technology." Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education (2020): 100275.

Bititici, U. S., & Nudurupati, S. S. (2002). Using performance measurement to derive continuous improvement. Manufacturing Engineer,81 (5), 230–235

Bitkom, V., Vdma, V., & Zvei, V. (2016). Implementation Strategy Industrie 4.0. Berlin, Germany.

Bitton, M., (1990). ECOGRAI : Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesures de la performance pour organisations industrielles. Thèse d'État, Université de Bordeaux I

Blanc, S. (2006). Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Blanchet, M. (2016). Industrie 4.0 Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique. Outre-Terre, (1), 62-85.

Bloch, A., Kachaner, N., & Mignon, S. (2012). La stratégie du propriétaire: Enquête sur la résilience des entreprises familiales face à la crise. Pearson Education France.

Bloch, E. (2012). Communication de crise et médias sociaux: Anticiper et prévenir les risques d'opinion-Protéger sa e-reputation-Gérer les crises. Dunod.

Blondiau, A., Mettler, T., & Winter, R. (2016). Designing and implementing maturity models in hospitals: An experience report from 5 years of research. Health informatics journal, 22(3), 758-767.

Boccadoro, Mauro, Francesco Martinelli, and Paolo Valigi. "Control of a supply chain with production and transportation delays." IFAC Proceedings Volumes 39.10 (2006): 302-307.

Bonaccorsi, Andrea, et al. "Emerging technologies and industrial leadership. A Wikipedia-based strategic analysis of Industry 4.0." Expert Systems with Applications 160 (2020): 113645.

Bonfanti, C., Rossi, G., Tedesco, F. S., Giannotta, M., Benedetti, S., Tonlorenzi, R., ... & Messina, G. (2015). PW1/Peg3 expression regulates key properties that determine mesoangioblast stem cell competence. Nature communications, 6(1), 1-13.

Bonvoisin, F. (2011). Evaluation de la performance des blocs opératoires: du modèle aux indicateurs (Doctoral dissertation, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis).

Bortolini, M., F. G. Galizia, and C. Mora. 2018. Reconfigurable manufacturing systems: Literature review and research trend. Journal of Manufacturing Systems 49:93-106.

Bortolini, M., F. G. Galizia, and C. Mora. 2018. Reconfigurable manufacturing systems: Literature review and research trend. Journal of Manufacturing Systems 49:93-106.

Bou-Harb, E., Fachkha, C., Pourzandi, M., Debbabi, M., & Assi, C. (2013). Communication security for smart grid distribution networks. IEEE Communications Magazine, 51(1), 42-49.

Bounoua, A (2014). LE DIAGNOSTIC COMMERCIAL DES PRODUITS ET SOLUTIONS DE MEDHUB

Bozdogan, K. (2004). Roadmap for building lean supplier networks (roadmap tool).

Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brülhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management–gap analysis between industrial needs and scientific literature. Journal of Cleaner Production, 19(6-7), 667-679.

Cabana, C., (2004). Comparaison entre le modèle GRAI et le modèle SCOR pour la modélisation et l'évaluation de la performance.

Cachon, G. P., & Harker, P. T. (2002). Competition and outsourcing with scale economies. Management Science, 48(10), 1314-1333.

Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., Gavião, L. O., Ivson, P., de Mattos Nascimento, D. L., & Garza-Reyes, J. A. (2021). A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. International Journal of Production Economics, 231, 107883.

Cao, James, Kut C. So, and Shuya Yin. "Impact of an "online-to-store" channel on demand allocation, pricing and profitability." European Journal of Operational Research 248.1 (2016): 234-245.

Chae, B., and D. L. Olson. 2013. Business analytics for supply chain: A dynamic-capabilities framework. International Journal of Information Technology & Decision Making 12 (01):9-26.

Chahed-Jebalia, S. (2008). Modélisation et analyse de l'organisation et du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile (Doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris).

Chalal, M., Boucher, X., Marques, G., 2015. Decision support system for servitization of industrial SMEs: a modelling and simulation approach. J. Decis. Syst. 24, 355–382. doi:10.1080/12460125.2015.1074836

Chambre Française De Commerce Et D'Industrie Du Maroc (2020). Formation « Gestion des risques » https://www.cfcim.org/Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. European journal of operational research, 163(3), 575-588.

Chen, Z., and K. Hua Tan. 2013. The impact of organization ownership structure on JIT implementation and production operations performance. International Journal of Operations & Production Management 33 (9):1202-1229

Cheng, T. C., Kee-hung Lai, and Andy CL Yeung. "Special issue on quality in supply chain management and logistics." International Journal of Production Economics 96.3 (2005): 287-288.

Chiang, Wei-yu Kevin, Dilip Chhajed, and James D. Hess. "Direct marketing, indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design." Management science 49.1 (2003): 1-20.

Chiarello, Filippo, et al. "Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia." Computers in Industry 100 (2018): 244-257.

Christopher M., 2005, Logistics and Supply Chains management, Financial Times Prentice Hall

Chu, Z., Wang, Q., Lai, F., & Collins, B. J. (2019). Managing interdependence: Using Guanxi to cope with supply chain dependency. Journal of Business Research, 103, 620-631.

CIMOSA, C. (1993). Open System Architecture for CIM, Reviewed and External Edition. Edition ESPRIT Consortium AMICE Editor.

Combalbert, L. (2018). Le management des situations de crise: anticiper les risques et gérer les crises. ESF Sciences Humaines.

Costa Affonso, R. (2008). Proposition d'un cadre de modélisation pour la coordination d'entreprises dans la chaîne logistique (Doctoral dissertation).

D. Kumar KR, "Application of Value Stream Mapping in Pump Assembly Process: A Case Study," Ind. Eng. Manag., vol. 04, no. 03, 2015.

Da Silva, Elias Ribeiro, et al. "Operating Digital Manufacturing in Industry 4.0: the role of advanced manufacturing technologies." Procedia CIRP 93 (2020): 174-179.

DAHMANI, S. CIGI 2013 La trajectoire décisionnelle de servicisation: Proposition d'un cadre de modélisation décisionnelle.

Dahmani, S., Boucher, X., & Peillon, S. (2013, September). Industrial transition through Product-Service Systems: proposal of a decision-process modeling framework. In Working Conference on Virtual Enterprises (pp. 31-39). Springer, Berlin, Heidelberg.

Dalenogare, Lucas Santos, et al. "The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance." International Journal of Production Economics 204 (2018): 383-394.

Dalmarco, Gustavo, et al. "Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster." The journal of high technology management research 30.2 (2019): 100355.

Danjou, C., Rivest, L., Lange, L., & Pellerin, R. (2018). Positionnements stratégiques du vêtement connecté dans le contexte de l'Industrie 4.0.

Darras, F. (2004). Proposition d'un cadre de référence pour la conception et l'exploitation d'un progiciel de gestion intégré (Doctoral dissertation).

Dartevelle, A. (2016). L'audit logistique-Application à une société du secteur agricole. Cas de la société Buttiens Fruits.

Deniaud, I., Marmier, F., & Michalak, J. L. (2020). Méthodologie et outil de diagnostic 4.0: définir sa stratégie de transition 4.0 pour le management de la chaîne logistique. Logistique & Management, 28(1), 4-17.

Dombrowski, U., & Ernst, S. (2013). Scenario-based simulation approach for layout planning. Procedia CIRP, 12, 354-359.

Dossou, P. E. M. (2003). Modélisation des raisonnements pour l'aide à la conception des systèmes de production dans un environnement GRAI (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

Doumeingts, G. (1984). méthode de conception des systèmes en productique. Automatic Control, Université de Bordeaux I.

Doumeingts, G. (1984). Méthode GRAI: méthode de conception des systèmes en productique (Doctoral dissertation).

Doumeingts, G., & Ducq, Y. (2001). Enterprise modelling techniques to improve efficiency of enterprises. Production Planning & Control, 12(2), 146-163.

Doumeingts, G., Marcotte, F., & Rojas, H. (1995). GRAI approach: a methodology for re-engineering the manufacturing enterprise. In Re-engineering the enterprise (pp. 284-293). Springer, Boston, MA.

Doumeingts, G., Vallespir, B., & Chen, D. (1998). Decisional modelling GRAI grid. International handbook on information systems.

Drohomeretski, E., S. E. Gouvea da Costa, E. Pinheiro de Lima, and P. A. d. R. Garbuio. 2014. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. International Journal of Production Research 52 (3):804-824.

Ducq Y., GRAIPERF : Une Méthode pour Concevoir et Implanter un Système d'Indicateurs de Performance, LAP/GRAI – Université de Bordeaux 1, notes de cours, Master PII, 2003-2004

Ducq Y., Vallespir B., Doumeingts G., (2004). Utilisation de la méthodologie GRAI pour la modélisation, le diagnostic et la conception d'un système hospitalier. Actes de la 2ème Conférence en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH), Mons, pp.10.

Ducq Y., Vallespir B., Doumeingts G., (2004). Utilisation de la méthodologie GRAI pour la modélisation, le diagnostic et la conception d'un système hospitalier. Actes de la 2ème Conférence en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH), Mons, pp.10.

Ducq Y., Vallespir B., Modelling principles and performance indicator definitions for the Supply Chain control, Université de Bordeaux 1 / ENSERB / UMR CNRS 3151, 2004

Ducq*, Y., & Vallespir, B. (2005). Definition and aggregation of a performance measurement system in three aeronautical workshops using the ECOGRAI method. Production Planning & Control, 16(2), 163-177.

Ducq, Y. (2007). Evaluation de la performance d'entreprise par les modèles (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Ducq, Y., Gentil, M.H., Merle, G. Doumeingts, (2003). Conception et implantation de systèmes d'indicateurs de performance. Chapitre d'ouvrage « Évaluation des performances des systèmes de production » sous la direction de C. Tahon, Edition Hermès, p.143-174.

Ducq, Y., Grégoire, L., Akif, J. C., Estampe, D., Fougère, C., Jouenne, T., ... & Vuillermoz, J. (2008). Fascicule de documentation FD X50-605: Management de la logistique-Performance logistique: de la stratégie aux indicateurs.

Dumetz, L. (2018). Simulation combinée des processus de production et des processus de pilotage : analyse comparative de stratégies de pilotage pour la production de bois d'oeuvre.

Economic Development Board, (2019) "The Singapore smart industry model"

Efendioglu, N., & Hrgovcic, V. (2012). Identification of Appropriate Modelling Method for Value Reference Model. In NGEBIS (pp. 79-80).

EL ALAMI, D. (2020). RÉFLEXION SUR LA POLITIQUE DES PÔLES DE COMPETITIVITE AU MAROC : Approche comparative. Revue Du contrôle, De La Comptabilité Et De l'audit , 2(4).

ELBAZ, J. (2016) Les pratiques de la Logistique verte des prestataires de services logistiques (PSL): le cas du Maroc.

El Gamoussi, S. (2016). Proposition d'une méthodologie d'amélioration du Processus de Développement de Produits basée sur une approche Lean (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).

El Kihel, Y., Amrani, A., & Ducq, Y. (2020, November). Linking 4.0 Technologies and performance indicators based on a reference Model for supply chain. In 13ème CONFERENCE INTERNATIONALE DE MODELISATION, OPTIMISATION ET SIMULATION (MOSIM2020), 12-14 Nov 2020, AGADIR, Maroc.

El Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019, June). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. In 2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA) (pp. 1-7). IEEE.

Enyoghasi, Christian, and Fazleena Badurdeen. "Industry 4.0 for sustainable manufacturing: Opportunities at the product, process, and system levels." Resources, Conservation and Recycling 166 (2021): 105362.

ESSAFI, S., & ELKHARRAZ, A. (2019). Elaboration d'un modèle théorique de la contribution des systèmes d'information à la gestion des risques logistiques. International Journal of Management Sciences, 2(2).

Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. International Journal of Production Economics, 142(2), 247-258.

Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. International Journal of Production Economics, 142(2), 247-258.

F.B.Vernadat, Enterprise Modelling and Integration: Principles and Applications, Chapmann & Hall, 1996.

Fabbe-Costes, N. (2015). Évaluer la création de valeurdu supply chain management. Logistique & Management, 23(4), 41-50.

Famille ISO 14 000 : Management environnemental (notamment 14 001)

Fascicule de documentation FD X50-605 Management de la logistique (2008) - Performance logistique : de la stratégie aux indicateurs - approche générale

Fatma, L., & Zouari, A. (2016, May). Proposition d'un cadre d'intégration du KM et du TQM: vers une meilleure performance de l'entreprise. In LOGISTIQUA 2016: 9éme colloque international sur la logistique.

Fender, M., & Pimor, Y. (2016). Logistique & supply chain. Dunod.

Feng, Qi, and Lauren Xiaoyuan Lu. "The role of contract negotiation and industry structure in production outsourcing." Production and Operations Management 22.5 (2013): 1299-1319.

Filser, M., Des Garets, V., & Paché, G. (2012). La distribution: organisation et stratégie. EMS éditions.

Fonseca, L. M. (2014). ISO 9001: 2015 Revision. In Proceedings of the 1st International Conference on Quality Engineering and Management (p. 391).

Francois, J. (2007). Planification des chaînes logistiques: Modélisation du système décisionnel et performance (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Fulconis, F., & Paché, G. (2020). Pandémie de Covid-19 et chaînes logistiques. Revue française de gestion, (8), 171-181.

Gamache, S., Abdulnour, G., & Baril, C. (2019). Étude du potentiel de l'Industrie 4.0 quant à la transformation de la PME manufacturière québécoise: Une analyse littéraire et expérimentale.

Ganzarain, (2016) "The stage maturity model in SME's towards Industry 4.0

Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), 9(5), 1119-1128

Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. International Journal of Production Economics, 200, 170-180.

Geissbauer, (2014) "Industry 4.0- Opportunities and Challenges of the Industrial Internet"

Génin,P. (2003); Planification tactique robuste avec usage d'un A.P.S. : Proposition d'un mode de gestion par plan de référence», Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris.

GERAM, 1999. GERAM : Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. Version 1.6.1, IFIP–IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration, Mars.

Ghédira, K. (2006). Logistique de la production: approches de modélisation et de résolution (Vol. 18). Éditions Technip.

GLOBAL EVALOG, EVALOG D'ODETTE et MMOG (Materials Management Operations Guideline) de l'AIAG (Automotive Industry Action Group), 2004, disponible sur http://www.galia.com/.(Page consultée le -20 juin 2018).

GLOBAL EVALOG, EVALOG D'ODETTE et MMOG (Materials Management Operations Guideline) de l'AIAG (Automotive Industry Action Group), 2004, disponible sur http://www.galia.com/.(Page consultée le -20 juin 2018).

Godde, C. M., et al. "Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence." Global Food Security 28 (2021): 100488.

Godde, C. M., et al. "Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence." Global Food Security 28 (2021): 100488.

Gouiza, F. (2016). Modélisation et évaluation des performances de la chaine de transport intermodal de porte à porte : le cas du corridor de la Vallée de Seine (Doctoral dissertation, Le Havre).

Gruat La Forme-Chretien, F. A. (2007). Référentiel d'évaluation de la performance d'une chaîne logistique : application à une entreprise de l'ameublement (Doctoral dissertation, Lyon, INSA).

Guo, Jinsen, et al. "Impacts of pre-sales service and delivery lead time on dual-channel supply chain design." Computers & Industrial Engineering 147 (2020): 106579.

H. Mintzberg, D. Raisinghani, A. Théorêt (1976), The structure of 'unstructured' decision processes, Administrative Science Quarterly, Vol. 21 Issue 2.

Hamdi, F. (2017). Optimisation et planification de l'approvisionnement en présence du risque de rupture des fournisseurs (Doctoral dissertation, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux).

Hassanzadeh, A., & Rasti-Barzoki, M. (2017). Minimizing total resource consumption and total tardiness penalty in a resource allocation supply chain scheduling and vehicle routing problem. Applied Soft Computing, 58, 307-323.

Henao, R., W. Sarache, and I. Gómez. 2018. Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. Journal of Cleaner Production.

Herbert Simon (1973), De la rationalité substantive à la rationalité procédurale, un « introuvable »

Hermann, M., Pentek, T. et Otto, B. (2015) Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, Business Engineering Institute St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St. Gallen. Accessed on 4 May 2016

Hidayatno, Akhmad, Arry Rahmawan Destyanto, and Christin Arauna Hulu. "Industry 4.0 technology implementation impact to industrial sustainable energy in Indonesia: A model conceptualization." Energy Procedia 156 (2019): 227-233.

Hines, P. (2013). Creating a lean business system.

Hopkins, John L. "An investigation into emerging industry 4.0 technologies as drivers of supply chain innovation in Australia." Computers in Industry 125 (2021): 103323.

Hu, Qingwen. "Bullwhip effect in a supply chain model with multiple delivery delays." Operations Research Letters 47.1 (2019): 36-40.

Humez, V. (2008). Proposition d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des commandes en cas de pénurie: une approche par la performance (Doctoral dissertation).

Ilse Denisse, U. (2020). Modelling the inter-influence of Lean and Industry 4.0.

Industrie du Maroc Magazine' dévoile les résultats de son enquête autour de l'industrie 4.0," Industrie du Maroc Magazine, Nov. 05, 2018. https://industries.ma/industrie-du-maroc-magazine-lance-une-enquete-autour-de-lindustrie-4-0/ (accessed Mar. 31, 2021).

ISO 31000 : Management du risque — Guide pratique pour les PME © ISO 2015. Publié en Suisse ISBN 978-92-67-20645-5.

ISO 45 001 : Santé et sécurité au travail (prévue pour octobre 2016, se basant sur l'OHSAS 18 001)

Ivanov, Dmitry, Alexandre Dolgui, and Boris Sokolov. "The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics." International Journal of Production Research 57.3 (2019): 829-846.

Javaid, Mohd, et al. "Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic." Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews 14.4 (2020): 419-422.

Jiang, Weiwen, et al. "Efficient assignment algorithms to minimize operation cost for supply chain networks in agile manufacturing." Computers & Industrial Engineering 108 (2017): 225-239.

Jimeno-Morenilla, Antonio, et al. "Technology enablers for the implementation of Industry 4.0 to traditional manufacturing sectors: A review." Computers in Industry (2021): 103390.

Jovanovski, B., Seykova, D., Boshnyaku, A., & Fischer, C. (2019). The impact of Industry 4.0 on the competitiveness of SMEs. Industry 4.0, 4(5), 250-255.

Kafa, N., Hani, Y., & El Mhamedi, A. (2013). Sustainability performance measurement for green supply chain management. IFAC Proceedings Volumes, 46(24), 71-78.

Kagermann, H. (2015). Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In Management of permanent change (pp. 23-45). Springer Gabler, Wiesbaden.

Kainuma, Yasutaka, et al. "Investigation of Global Supply Chain Network Redesign." Procedia Manufacturing 39 (2019): 1552-1558.

KAMMAS, S. (2016). LA LOGISTIQUE VERTE : Concepts, Etat des lieux au Maroc et proposition d'une démarche de mise en place chez les industriels et les prestataires logistiques Marocains. Revue des Etudes et Recherche en Logistique et Développement, 1, 20-52.

KAPLAN R.S., NORTON D.P. (1992), « The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance », Harvard Business Review, January-February, pp. 71-79

Kerin, Mairi, and Duc Truong Pham. "A review of emerging industry 4.0 technologies in remanufacturing." Journ Da Silva al of Cleaner Production 237 (2019): 117805.

Kromm, H., Deschamps, J. C., & Doumeingts, G. (2001, April). Modelisation de processus pour une evaluation par niveaux de detail successifs. In Proc. of the 3ème Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation (MOSIM'2001), Troyes, France (pp. 25-27).

Ktari, L. (2018). Mesure de la Performance pour l'Amélioration Continue des Processus : Application à un Entrepôt Logistique.

L. Campaner, "Application des outils Lean dans le cadre de l'optimisation d'une ligne de conditionnement," PhD Thesis, 2016.

LA NORME ISO 3100010 QUESTIONS GILLES MOTET Éditeur: Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle Association de loi 1901.

Lacombe, C. (2015). Contribution à une méthodologie et une modélisation pour accompagner les petites entreprises dans l'étude de leur organisation afin de spécifier leurs besoins et sélectionner une solution ERP (Doctoral dissertation, Bordeaux).

Lang, Gerald. "Multi-channel retail supply chain management: fulfillment systems in multi-channel retailing-customer expectations and economic performance." 8th International Research Conference in Logistics and Supply Chain Management (RIRL). 2010.

Lauras, M. (2004). Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de chaînes logistiques : application à la coopération maison-mère–filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique (Doctoral dissertation).

Le Moigne J.L., (1974). Les systèmes de décision dans les organisations. Presses universitaires de France

Le Moigne, J.L. 1977. La théorie du système général. Théorie de la modélisation. Presses Universitaires de France, 258 p.

Le Référentiel de la performance logistique de l'ASLOG : Un catalogue de mesures et d'actions de progrès http://www.elalog.eu/userfiles/file/news/Referentiel_Audit_SC_ASLOG.pdf

Lee Chang, I. (2015). Définition d'une stratégie d'entreprise suivie du développement d'une stratégie commerciale pour l'entreprise Izycom Sàrl (Doctoral dissertation, Haute Ecole de Gestion & Tourisme).

Lee, H. L., & Billington, C. (1993). Material management in decentralized supply chains. Operations research, 41(5), 835-847.

Lee, J., Han, S., Yang, J., 2011. Construction of a computer-simulated mixed reality environment for virtual factory layout planning. Comput. Ind. 62, 86– 98. doi:10.1016/j.compind.2010.07.001

LEMGHARI, R., Innovantes, E. N. S. A. T., SARSRI, D., Chafik, O. K. A. R., & de Berrechid, T. Adaptation du modèle SCOR pour la spécificité des PMEs Marocaines.

Lepori, E., Damand, D., & Barth, B. (2013). Benefits and limitations of the SCOR model in warehousing. IFAC Proceedings Volumes, 46(9), 424-429.

Leyh, (2017) "The application of the maturity model SIMMI 4.0 in selected enterprises"

Lichtblau, (2015) "Industrie 4.0 readiness"

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... & Schröter, M. (2015). Industrie 4.0 Readiness. IMPULS-Stiftung for mechanical engineering, plant engineering, and information technology.

Longoni, A., R. Golini, and R. Cagliano. 2014. The role of New Forms of Work Organization in developing sustainability strategies in operations. International Journal of Production Economics 147:147- 160.

Lyonnet, B. (2010). Amélioration de la performance industrielle: vers un système de production Lean adapté aux entreprises du pôle de compétitivité Arve Industries Haute-Savoie Mont-Blanc (Doctoral dissertation, Université de Savoie).

Lyonnet, B., & Senkel, M. P. (2015). La logistique. Dunod.

Madadi, AliReza, et al. "Supply chain design under quality disruptions and tainted materials delivery." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 67 (2014): 105-123.

Manteghi, Yashar, et al. "Competition and cooperation in the sustainable food supply chain with a focus on social issues." Journal of Cleaner Production (2020): 124872.

Maroc industrie 4.0 et révolution digitale," Visiativ Solutions. https://www.visiativ-solutions.ma/revolution-industrie-maroc/ (accessed Mar. 30, 2021).

Marucheck, A., Greis, N., Mena, C., & Cai, L. (2011). Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities. Journal of operations management, 29(7-8), 707-720.

Matsui, K. (2020). Optimal bargaining timing of a wholesale price for a manufacturer with a retailer in a dual-channel supply chain. European Journal of Operational Research, 287(1), 225-236.

McCarthy, I., & Menicou, M. (2002). A classification schema of manufacturing decisions for the GRAI enterprise modelling technique. Computers in industry, 47(3), 339-355.

Meixell, Mary J., and Vidyaranya B. Gargeya. "Global supply chain design: A literature review and critique." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 41.6 (2005): 531-550.

Merlo, C. (2009). Systèmes d'information supports aux acteurs, en conduite de la conception (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Missions du ministère | Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Économie Verte et Numérique » [archive], sur www.mcinet.gov.ma (consulté le 11 avril 2021).

Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). Journal of manufacturing systems, 49, 194-214.

Moeuf A. (2017) Identification des risques, opportunités et facteurs critiques de succés de l'industrie 4.0 pour la performance industrielle des PME. Thèse de doctorat. Paris Saclay.

Moeuf, A. (2018). Identification des risques, opportunités et facteurs critiques de succès de l'industrie 4.0 pour la performance industrielle des PME (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay (ComUE)).

MONCEF, B., & MONNET, M. Durabilité dans les chaînes logistiques: les enjeux de l'évaluation.

Montgomery, Holly, Simon A. Haughey, and Christopher T. Elliott. "Recent food safety and fraud issues within the dairy supply chain (2015–2019)." Global Food Security 26 (2020): 100447.

Morana, J., & Paché, G. (2000). Supply chain management et tableau de bord prospectif: à la recherche de synergies. Logistique & Management, 8(1), 77-88.

Morana, J., & Pinardi, G. (2003). Elaboration d'un tableau de bord des coûts logistiques de distribution. Revue française de gestion industrielle, 22(4), pp-77.

Morel, G., & Lhoste, P. (1993, May). Outline for discrete part manufacturing engineering. In 1993 CompEuro Proceedings Computers in Design, Manufacturing, and Production (pp. 146-155). IEEE.

Moulouki, R., et al. "Blockchain in health supply chain management: State of art challenges and opportunities." Procedia Computer Science 175 (2020): 706-709.

Mouss, H., Mouss, D., Mouss, N., & Sefouhi, L. (2004, July). Test of page-hinckley, an approach for fault detection in an agro-alimentary production system. In 2004 5th Asian Control Conference (IEEE Cat. No. 04EX904) (Vol. 2, pp. 815-818). IEEE.

Nara, Elpidio Oscar Benitez, et al. "Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry." Sustainable Production and Consumption 25 (2021): 102-122.

NF X50-600 (2006) : Management logistique – Démarche logistique et gestion de la chaîne logistique

Norme, N. F. (2015). Systèmes de management de la qualité–Exigences.

Nouri, H., Safra, I., Ben chihaoui,. (2017). Adaptation du Modèle SCOR à une PME Tunisienne Cas de l'Industrie Pharmaceutique. IEM'17, Vol.10-pp.34-48

Okar, C., Barrijal, S., & Mssassi, S. Vers un référentiel d'implantation des systèmes de mesure de performances logistiques.

Okoshi, C. Y., E. P. de Lima, and S. E. G. Da Costa. 2019. Performance cause and effect studies: Analyzing high performance manufacturing companies. International Journal of Production Economics 210:27-41.

Onu, Peter, and Charles Mbohwa. "Industry 4.0 opportunities in manufacturing SMEs: Sustainability outlook." Materials Today: Proceedings (2021).

Oubrahim, A., & Tlemçani, B. (2020). La capacité d'alliance: vers un modèle de maturité intégrateur. Revue de Management et de Stratégie.

Oumaima, B. (2019). Etude comparative des modèles de l'évaluation des performances des systèmes d'approvisionnement. ICAMOP joumal, 1(1), 8-12.

Ouologuem, A. S., & Vanderborght, V. Comment mettre en place un outil de pilotage de la performance globale à l'aide du tableau de bord prospectif? Etude de cas: Shiseido Belgique.

Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. Computers in Industry, 113, 103125.

Paché, G., & Spalanzani, A. (2007). La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs: perspectives stratégiques (No. halshs-00158695).

Papier, F. (2018). COMMENT GÉRER LA COMPLEXITÉ DE LA SUPPLY CHAIN1. Complexité et organisations: Faire face aux défis de demain.

Pearsall, Katherine. "Manufacturing supply chain challenges-globalization and IOT." 2016 6th Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC). IEEE, 2016.

Penz, B., Baud-Lavigne, B., & Agard, B. (2010, May). IMPACT DE LA STANDARDISATION SUR LA CONCEPTION INT EGR EE D'UNE CHAÎNE LOGISTIQUE DANS UN CONTEXTE D'INTERNATIONALISATION. In Seme Conference Internationale de Mfrdclisation et SIMulation-MOSIM'10, 10 au 12 mai.

Persson, F., & Araldi, M. (2009). The development of a dynamic supply chain analysis tool—Integration of SCOR and discrete event simulation. International journal of production economics, 121(2), 574-583.

Pessl, (2017) "Roadmap industry 4.0- Implementation guideline for enterprises"

Pétin, J. F., Bron, J. Y., Zoz, B., Panetto, H., & Mayer, F. (2007, April). Gestion Industrielle et pédagogie–retours d'experiences avec l'ERP Adonix. In 10ème Colloque National AIP PRIMECA.

Petrudi, Seyed Hamid Hashemi, Tavana,M and Abdi, M. "A comprehensive framework for analyzing challenges in humanitarian supply chain management: A case study of the Iranian Red Crescent Society." International Journal of Disaster Risk Reduction 42 (2020): 101340.

Possik, J. (2019). Contribution to a Methodology and a Co-Simulation Framework assessing the impact of Lean on Manufacturing Performance (Doctoral dissertation, Bordeaux).

Prajogo, D., M. Chowdhury, A. C. Yeung, and T. C. E. Cheng. 2012. The relationship between supplier management and firm's operational performance: A multi-dimensional perspective. International Journal of Production Economics 136 (1):123-130.

Rafael, L. D., Jaione, G. E., Cristina, L., & Ibon, S. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model for machine tool companies. Technological Forecasting and Social Change, 159, 120203.

Rahoum, K., Jamouli, H., & Baddou, A. (2015, December). Analyse et évaluation de la chaine logistique automobile marocaine. In Xème Conférence Internationale: Conception et Production Intégrées.

Rajeev, A., Rupesh K. Pati, and Sidhartha S. Padhi. "Sustainable supply chain management in the chemical industry: Evolution, opportunities, and challenges." Resources, Conservation and Recycling 149 (2019): 275-291.

Ramezani, M., Bashiri, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2013). A new multi-objective stochastic model for a forward/reverse logistic network design with responsiveness and quality level. Applied Mathematical Modelling, 37(1-2), 328-344.

Ramezani, M., Bashiri, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2013). A robust design for a closed-loop supply chain network under an uncertain environment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 66(5-8), 825-843.

Rasul, Golam. "Twin Challenges of COVID-19 Pandemic and Climate Change for Agriculture and Food Security in South Asia." Environmental Challenges (2021): 100027.

Rauch, E., Unterhofer, M., Rojas, R. A., Gualtieri, L., Woschank, M., & Matt, D. T. (2020). A maturity Level-Based assessment tool to enhance the implementation of industry 4.0 in small and Medium-Sized enterprises. Sustainability, 12(9), 3559.

Ravelomanantsoa, M. S. (2009). Contribution à la définition d'un cadre générique pour la définition, l'implantation et l'exploitation de la performance: Application à la méthode ECOGRAI (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

Rebai, B. K. (2013). Méthode d'évaluation de l'alignement stratégique des sites web: application au domaine universitaire (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).*

Référentiel de responsabilité sociétale des entreprises (RSE) en logistique. (2018). https://www.ecologie.gouv.fr/referentiel-responsabilite-societale-des-entreprises-rse-en-logistique

Ren, L., Zhang, L., Tao, F., Zhao, C., Chai, X., Zhao, X., 2015. Cloud manufacturing: from concept to practice. Enterp. Inf. Syst. 9, 186–209. doi:10.1080/17517575.2013.839055

Rentizelas, Athanasios A., Athanasios J. Tolis, and Ilias P. Tatsiopoulos. "Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain." Renewable and sustainable energy reviews 13.4 (2009): 887-894.

Retmi, K., & Fenies, P. (2020). Proposition de l'environnement de modélisation ASCI-CLH pour la construction de suites logicielle de type advanced budgeting system. Logistique & Management, 28(2), 125-139.

Robin, V. (2005). Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits; prototype logiciel d'aide aux acteurs (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Rohomeretski, E., Gouvea da Costa, S. E., Pinheiro de Lima, E., & Garbuio, P. A. D. R. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. International Journal of Production Research, 52(3), 804-824..

Rollet, A., Fulconis, F., & Paché, G. (2020). Résilience des chaînes logistiques alimentaires durables pour agir dans la complexité (No. hal-03146130).

Sarkar, Biswajit, et al. "Combined effects of carbon emission and production quality improvement for fixed lifetime products in a sustainable supply chain management." International Journal of Production Economics 231 (2021): 107867.

Sawadogo, I. (2011). Ressources fourragères et représentations des éleveurs, évolution des pratiques pastorales en contexte d'aire protégée: cas du terroir de Kotchari à la périphérie de la réserve de biosphère du W au Burkina Faso (Doctoral dissertation, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS).

Scheer A.-W. ARIS, Business Process Frameworks (Second edition), SpringerVerlag, 1998

Schuetz, Sebastian, and Viswanath Venkatesh. "Blockchain, adoption, and financial inclusion in India: Research opportunities." International Journal of Information Management 52 (2020): 101936.

Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). Industrie 4.0 maturity index. Managing the digital transformation of companies. Munich: Herbert Utz.

Schumacher, A. (2016) A maturity approach for assessing I4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises.

Seguy, A. (2008). Décision collaborative dans les systèmes distribués-Application à la E-Maintenance (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT).

Shamsuzzoha, A., Toscano, C., Carneiro, L. M., Kumar, V., & Helo, P. (2016). ICT-based solution approach for collaborative delivery of customised products. Production Planning & Control, 27(4), 280-298.

Shi, Siyu, Jingchun Sun, and T. C. E. Cheng. "Wholesale or drop-shipping: Contract choices of the online retailer and the manufacturer in a dual-channel supply chain." International Journal of Production Economics 226 (2020): 107618.

Silva, D. S., Ghezzi, A., de Aguiar, R. B., Cortimiglia, M. N., & ten Caten, C. S. (2020). Lean Startup, Agile Methodologies and Customer Development for business model innovation: A systematic review and research agenda. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research.

Silvestri, Luca, et al. "Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review." Computers in Industry 123 (2020): 103335.

Simon, H. A. (1992). De la rationalité substantive à la rationalité procédurale. Revue Pistes, 3.

Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory management in supply chain. Materials Today: Proceedings, 5(2), 3867-3872.

Stanley, Linda L., and Joel D. Wisner. "Service quality along the supply chain: implications for purchasing." Journal of operations management 19.3 (2001): 287-306.

Su, Yiqiang, and Joseph Geunes. "Price promotions, operations cost, and profit in a two-stage supply chain." Omega 40.6 (2012): 891-905.

SUPPLY CHAIN COUNCIL. Supply Chain Operations Reference Model (SCORmodel) (Version 12.0). [En ligne]. Pittsburgh, USA. Disponible sur :http://www.supply-chain.org/. 2017

Supply chain Master Référentiel version 2011. Disponible sur: https://www.supplychainmasters.fr/index.php/expertises -et-services/audit-supply-chain/referentiel-scmaster. [Consulté le: 16-aout-2018].

Suwignjo, P., Bititci, U. S., & Carrie, A. S. (2000). Quantitative models for performance measurement system. International journal of production economics, 64(1-3), 231-241.

T.J.Williams, The Purdue Enterprise Reference Architecture, Instrument Society of America, Research Triangle Park, North Carolina, 1992

The Boston Consulting Group, 2015, « Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries», avril.

Tirkolaee, E. B., Goli, A., Bakhsi, M., & Mahdavi, I. (2017). A robust multi-trip vehicle routing problem of perishable products with intermediate depots and time windows. Numerical Algebra, Control & Optimization, 7(4), 417.

Tliche, Y. (2020). Performance d'une chaîne d'approvisionnement décentralisée : Une approche de prévision collaborative par inférence (Doctoral dissertation, Normandie Université).

Trojet, M. (2014). Planification d'une chaîne logistique: approche par satisfaction de contraintes dynamiques (Doctoral dissertation, Toulouse, INSA).

Tseng, Ming-Lang, et al. "A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges." Resources, Conservation and Recycling 141 (2019): 145-162.

Vallespir, B., & Doumeingts, G. (2002). La méthode GRAI. Groupement de Recherche en Productique (GRP), Ecole de printemps, la modélisation d'entreprise, Une réflexion sur l'enseignement et la pratique des méthodes, Albi, 28-30.

Value Chain Group, 2007. Value Reference Model (VRM) 3.0. Value Chain Group

Value Chain Group: BPTF-Value Reference Model, www.value-chain.org, access 08.06.2012.

Van De Ven, A.H., Delbecq, A.L., 1974. The Effectiveness of Nominal, Delphi, and Interacting Group Decision Making Processes. Acad. Manag. J. 17, 605– 621.

Vernadat F, 1999. Techniques de Modélisation en Entreprise : Applications aux Processus Opérationnels. Economica, Paris.

Vicien, G., & Merlo, C. (2011, October). Modélisation pour l'étude de l'interopérabilité d'entreprise en conception de produits. In 9e Congrès International de Génie Industriel CIGI2011 (pp. 18-25).

Vicien, G., & Merlo, C. (2011, October). Modélisation pour l'étude de l'interopérabilité d'entreprise en conception de produits. In 9e Congrès International de Génie Industriel CIGI2011 (pp. 18-25).

Viharos, (2017) Non-comparative, personalized Industry 4.0 readiness measurement

Wang, F.-K., and K.-S. Chen. 2012. Application of Lean Six Sigma to a panel equipment manufacturer. Total Quality Management & Business Excellence 23 (3-4):417-429.

Weber, (2017) "M2DDM A maturity model for data driven manufacturing"

Weilkiens, T., Weiss, C., Grass, A., & Duggen, K. N. (2016). OCEB 2 Certification Guide: Business Process Management-Fundamental Level. Morgan Kaufmann.

Williams T. J., 1996. An Overview of PERA and the Purdue Methodology. in Architectures for Enterprise Integration, Bernus P., Nemes L. et Williams T. J. ed., Londres, Chapman et Hall.

Williams T.J, 1994. The Purdue Enterprise Reference Architecture. Computers in Industry 24, 1994, pp. 141-158.

Womack J.P., Jones D.T., 2010. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster.

Wong W.P, Wong K.Y., 2008, A review on benchmarking of supply chain performance measures, Benchmarking: An International Journal, Vol. 15 No. 1, pp. 25- 51.

Y. ELKIHEL, A. AMRANI, Y. DUCQ, D. AMEGOUZ). (2018). Reference system selection methodology for evaluation of downstream logistics performance: Case of the automobile industry in Morocco ». (JMOCL2018, Nov14, Settat, MAROC)

Y. S. ALAMI, "Industrie 4.0:Le Maroc ne doit pas rater le train du numérique.," Economie, Newspaper Article, Jan. 28, 2021.

Yang, J., Xie, H., Yu, G., & Liu, M. (2021). Achieving a just–in–time supply chain: The role of supply chain intelligence. International Journal of Production Economics, 231, 107878.

Zhao, Xiaofei, Ping Wang, and Raktim Pal. "The effects of agro-food supply chain integration on product quality and financial performance: Evidence from Chinese agro-food processing business." International Journal of Production Economics 231 (2021): 107832.

Zijin, Z., Aimin, W., & Yan, G. (2020, January). Material distribution management technology of machining unit based on electronic identification. In 2020 IEEE 11th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT) (pp. 177-181). IEEE.

Liste des Annexes

Annexes IV. 1 Cohérence des VD avec les objectifs pour les autres fonctions *181*
Annexe IV. 2 Les niveaux de maturité *185*
Annexe IV. 3 Questionnaire industrie automobile (Dans la version finale) *186*
Annexe IV. 4 Application VSM chez ECA Maros (Tâches observées) *187*
Annexes IV. 5 Organisation de la dynamique des concepts du lean selon leur importance dans le TPS. (PSA Peugeot Citroën, 2012) *187*
Annexes IV. 6 Exemple de diagnostic initial des nouvelles technologies pour la fonction « gérer l'industrialisation » *188*

Fonction Gérer le commercial		
Centres de décisions	***Objectifs***	***Variables de décisions***
Adopter une stratégie commerciale innovante **H** = 5 ans, P = 6mois	**O5** : Augmenter les bénéfices	-Identifier les clients prioritaires/les clients standards. Augmenter le nombre de client par zone géographiques. -Dédier des moyens humains et matériels adaptés aux catégories de clients.
Identifier les risques économiques **H** = 5 ans, **P** = 6mois	**O5 :** Réduire les coûts globaux **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents	**VD3** : Identifier les risques financiers des clients (vérifier leurs santé économique) **VD4 :** Identifier les risques géographiques de livraison (clients internationaux).
Définir le plan prévisionnel commercial **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O7** : Etendre le portefeuille de produits **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources.	**VD5** : Garantir la disponibilité des références de produits sur le marché. **VD6** : Identification des clients internationaux et nationaux à satisfaire. **VD7** : Conception des nouvelles références. .
Négocier les offres avec les clients **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut »	**VD9** : Identifier les clients à haut potentiel **VD10** : Faire des gestes commerciaux pour les clients jugés prioritaires **VD 11** : Négocier des contrats de longues durées et de quantités importantes **VD 12** : Négocier les points de livraisons
Valider les commandes **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit.	**VD13** : Vérifier la faisabilité en termes de quantités **VD14** : S'assurer de la clarté des points de livraisons (plateforme logistique, points de livraison) **VD15** : valider la durée de collaboration pour organiser la logistique de livraison
Suivi des commandes **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5** : Réduire les coûts commerciaux (par nature, par secteur) **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut ». **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources.	**VD16** : Envoi des commandes avec bordereau d'envoi **VD17 :** Définir la responsabilité du control qualité (chez l'entreprise ou chez le client) **VD18 :** Clarifier les conditions de reprise de produits en cas de non-conformité.

Fonction de « Gérer les achats et l'approvisionnement »		
Centres de décisions	***Objectifs***	***Variables de décisions***
Stratégie de multi-sourcing/ mono-sourcing **H** = 5 ans, **P** = 6mois	**O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts d'approvisionnement **O9** : Favoriser les circuits courts d'approvisionnement **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources (réduire l'impact carbone des prestataires)	-Identifier plusieurs sources/fournisseurs par référence produit (garantir le multi-sourcing tant que possible) -Aspirer à l'homologation de nouveaux fournisseurs pour augmenter la base de données -Identifier les critères prioritaires au choix des fournisseurs : distance, cout, la flexibilité des fournisseurs.
Programme d'achat (articles, références, famille) **H** = 5 ans, **P** = 6mois	**O1**Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts d'approvisionnement et le coût d'entreposage de l'achat.	- Veiller au respect des délais de livraison et de la conformité matières premières. -Diminuer le panel fournisseurs (concentration des volumes achetés sur moins de fournisseurs).
Définir les Politiques d'appro (Politique de suivi continu et politique de suivi périodique.) **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O5 :** Réduire les coûts d'approvisionnement et de stockage) **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	- Définir la politique d'approvisionnement adaptée en fonction de la nature des produits (à forte rotation RC, à faible coût et faible rotation PC, …) -Définir les quantités économiques de la matière première.
Définir les modes d'approvisionnement **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts globaux d'approvisionnement.	-Étudier la possibilité d'établir la livraison fournisseurs en juste à temps -Établir les plans de réceptions de point de livraisons suivant MRP.
Assurer la fiabilité des appros. **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	- Choix d'un fournisseur fiable si transport assuré par lui - choix du transporteur homologué avec vérification conditions transports, volumétrie des camions et points de livraisons géographiques (si transport externalisé) -Définir le stock de sécurité pour absorber les aléas dans les ateliers
Suivre le stock **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Capacité de stockage -Évaluation du stock -Maximiser l'occupation du volume de l'entrepôt.
Relance de fournisseurs **H**=2semaine**, P** = 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Relancer les fournisseurs en cas de retard -Créer des clauses de pénalités pour dissuader le relâchement. -Chercher de nouveaux fournisseurs en extrême situation

Fonction de « Gérer la qualité des matières premières »		
Centres de décisions	***Objectifs***	***Variables de décisions***
Evaluation des fournisseurs **H** = 5 ans, **P** = 6mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3 :** Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références **O5 :** Réduire les coûts de matières premières et composants et réduction des coûts de fabrication interne et transports. **O9** : Réduire l'empreinte de carbone (choix des matériaux recyclables)	-Capacité des fournisseurs. -Prise en compte de l'historique des relations pour les nouveaux fournisseurs. -Le respect de délai de livraison et coût - Vérifier la qualité en quantité livrée, en conformité technique.
Définir le système de management et pratiques Qualité. **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O7** : Etendre le portefeuille de produit	-Diagnostic du fonctionnement de l'organisme selon la norme ISO 9001. -La réalisation du produit ou la prestation attendue. -Démarche participative -Rédiger des procédures -Etablir des indicateurs.
Audit qualité interne**.** **H** =1 ans, **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents. **O11** : Améliorer la QVT des employées. **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement).	-Diagnostic des différentes activités -Respect des procédures -Suivi des modes opératoires
Vérifier la conformité des matières **H**=2semaine **P= 1 jour**	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O5** : Réduire les couts de retraitement pour cause de rebuts. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources. **O9** : Réduire l'empreinte de carbone (matériaux recyclables).	-Conformité du cahier de charge et le contrôle qualité. - Vérification des procédures - Protocoles de réception des MP
Relance des fournisseurs en cas de défaut matières et établissement des clauses. **H**=2semaine **P= 1 jour**	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Garantir le Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » .	-Relancer les fournisseurs en cas de défaut -Appels d'offres -Créer des clauses de pénalités pour dissuader le relâchement -Créer une base de données pour ne pas chercher de nouveaux fournisseurs en urgence

Fonction de « Gérer la qualité du Produit fini »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
La traçabilité des produits **Garantir la conformité** **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Procédure du contrôle qualité du P.F. -Inventaire des produits - Prévoir les procédures de Contrôle de qualité de produits en accord avec les normes ISO et la correspondance au Cahier des charges (CDC)
Revue de direction **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications	-Audit des activités -Sondages et statistiques
Respecter Délai de mise en œuvre **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4 :** Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents	-Plan d'action avec délai
Déployer la traçabilité des produits **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Contrôle qualité des produits -Inventaire des produits
Maitrise des produits N.C **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Contrôle de produits selon un cahier des charges - prévoir une procédure de re traitement des produits défectueux (réinjecter en ligne de production, créer une ligne spécial rebut) -Traitement des réclamations des produits non conformes)
Contrôles et essais **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources. **O1 :** Fiabiliser les quantités produites par la fiabilisation des machines	- Analyse des produits finis et semi finis tout au long de la chaine de production. -Développer les audits qualité fournisseurs (relatifs aux produits livrés/ à l'organisation qualité

Fonction de « Gérer la qualité du Produit fini »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
La traçabilité des produits **Garantir la conformité** **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Procédure du contrôle qualité du P.F. -Inventaire des produits - Prévoir les procédures de Contrôle de qualité de produits en accord avec les normes ISO et la correspondance au Cahier des charges (CDC)
Revue de direction **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications	-Audit des activités -Sondages et statistiques
Respecter Délai de mise en œuvre **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents.	-Plan d'action avec délai
Déployer la traçabilité des produits **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Contrôle qualité des produits -Inventaire des produits
Maitrise des produits N.C **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Contrôle de produits selon un cahier des charges - prévoir une procédure de re traitement des produits défectueux (réinjecter en ligne de production, créer une ligne spécial rebut) -Traitement des réclamations des produits non conformes)
Contrôles et essais **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O10** : Minimiser les gaspillages de ressources. **O1 :** Fiabiliser les quantités produites par la fiabilisation des machines	- Analyse des produits finis et semi finis tout au long de la chaine de production. -Développer les audits qualité fournisseurs (relatifs aux produits livrés/ à l'organisation qualité

Fonction de « Gérer les ressources techniques de production »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Investir en équipement, machine **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O1 :** Fiabiliser des quantités à produite passant par la fiabilité des machines **O5** : Réduire les coûts de fabrication et d'assemblage sur lignes de production **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O4 :** Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O9** : Réduire l'empreinte de carbone (Assurer un équipement non énergivore). **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents **O11** : Améliorer la QVT des employées. (Sécurité)	- Etude de correspondance des équipements et des technologies avec les spécificités du produit. -Choix des procédés de fabrication
Définir une politique de maintenance. **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5** : Réduire les coûts globaux (arrêt de machine) **O11 :** Améliorer le QVT des employées. (Sécurité des personnes)	-Plan de maintenance préventive - Planifier la maintenance corrective et ses étapes. -Former des techniciens de maintenance afin de créer des agents autonomes quand possible.
Investissement dans les moyens de maintenance (formation, achat de machine **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O11 :** Améliorer la QVT des employées. (Sécurité des opérateurs)	-Achat des équipements de maintenance préventive -Formation des opérateurs de maintenance
Contrôle des machines et entretiens **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O3 :** Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4 :** Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents.	-Mettre des outils à la disposition du personnel. - Suivre l'exécution des programmes de contrôle. - Contrôle des équipements (disponibilité, arrêt).
Mise en place de la maintenance au premier niveau avec formation. **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O12 :** Améliorer les processus de recrutement (Qualité et égalité de traitement)	-Formation du personnel en techniques de maintenance -Achat des outils de contrôle
Gérer la maintenance préventive et curative. **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O12 :** Améliorer les processus de recrutement (compétences en maintenance)	-Définir une politique de maintenance préventive. -Obtenir la disponibilité maximale des équipements -l'analyse systématique des causes de panne. -Dimensionnement de l'équipe de maintenance.

Fonction de « Gérer les ressources humaines »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Stratégie de gestion du personnel, identification des compétences et plan de recrutement. **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O11** : Améliorer la QVT des employées. **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement)	-Recruter du personnel -Mettre des critères de recrutement
Politique de gestion de budget (affectation et compétences). **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement) **05** : Réduire les coûts, optimiser les budgets.	-Evaluation des grilles en accord avec les compétences -Formation continue de personnel
Adapter le nombre de personnels aux tâches et compétences exigées. **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Garantir le Délai de réponse (Lead Time) d'une référence. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut » **O11** : Améliorer la QVT des employées.	-Former des compétences - Adapter les affectations de personnels aux besoins des services.
Conditions de travail et protection sociale **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O11** : Améliorer la QVT des employées. **O12** : Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement) **O5 :** Réduire les coûts d'accident et les coûts de réaction à l'urgence.	-Prévention des risques -Formation sur la santé sécurité de travail. -Définir une politique de santé sécurité de travail.
Développement pratiques management équipes **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Formation continue (Management qualité) Développer l'esprit équipe. -Définir des méthodes de résolution des problèmes
Affecter et gérer les ressources humaines **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O5** : Réduire les coûts de recrutements. **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents. **O11** : Améliorer la QVT des employées**O5** : Réduire les coûts de recrutements. **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents.	-Adapter les ressources aux besoins quotidiens - Assurer la polyvalence des ressources humaines
Gérer le personnel de manutention (réception, préparation, expédition de réparation **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6** : Garantir une qualité « Zéro défaut » **O8** : Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents.	-Formation de manutention, préparation de commandes -Plan de livraison
Gestion de conflits **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O :** Développer le dialogue social pour réduire l'impact des retards **O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts de retard de production	-Etablir un règlement intérieur Les droits de l'homme -Formation et sensibilisation -développer l'esprit d'équipe

Fonction « Gérer les retours »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Conception de la chaine de retour **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Impact environnemental**).** **O5 :** Réduire les coûts de non qualité et les coûts liés aux plaintes clients **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources d'énergie.	-Intégrer la logistique inverse dans la politique de l'entreprise -Etablir la liste des produits méritants un traitement de retours et les conditions de récupérations et de transit -Définir les moyens de transport des retours
La sélection des sites de retour **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O5** : Réduire les coûts liés aux retours produits (pour plaintes, ou pour recyclage) **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources.	Définir les lieux et le nombre des sites de retour. -Chercher la meilleure installation des sites (Centres de désassemblage). -Déterminer la capacité de stockage des sites.
Gérer les réclamations clients. (Remarques et suggestions) **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1 :** Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2** : Fournir un produit conforme aux spécifications. **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents.	-Procédure de réclamation -Maintenir la relation et le contact avec le client -Prendre en considération la réclamation -Regagner la confiance du client - Etablir des offres commerciales sur les prochaines ventes.
Mise en place des moyens pour définir un plan de progrès. **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O5 :** Réduire les coûts liés à la gestion des retours **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents	- Améliorer la qualité de service - La réduction du nombre de SAV, etc. -Définir des indicateurs relatifs aux protocoles de retours -Mesurer la satisfaction des clients.
Analyse et traitement de commande (retardées ou bloquées) **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O1 :** Fournir une commande conforme à la quantité demandée. **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts (Produits et retardés) **O8 :** Réduire le délai de mise sur le marché (TTM) par rapport aux concurrents(les produits livrés ou retardés)	-Accepter les commandes retardées - Etablir des procédures pour régler les commandes bloquées -Sélection des options de traitement des produits. -Garantir la capacité du traitement de commande
Contrôle Qualité **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Analyse de la qualité de produit en quantité - Analyse de la qualité fonctionnelle - Analyse du respect de la qualité de livraison en termes de délais
Révision du plan prévisionnel **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O1 :** Fournir une commande conforme à la quantité demandée selon le plan prévisionnel **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O3 :** Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut »	-Analyse des commandes urgentes, critiques. - Classifier les besoins des clients pour dégager des priorités -Adapter la production -Flexibilité de production

Fonction « Gérer les crises/ risques »		
Centres de décision	***Objectifs***	***Variables de décision***
Définir la politique de la gestion de la crise. **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts liés à la réaction en contexte de crise **012 :** Améliorer la QVT des employées indemnité, arrêt de travail)	Intégrer la politique de gestion des crises dans la stratégie de l'entreprise. - Identification des axes critiques à considérer (santé, financier, humain, …) - Engagement de la direction -Mettre en place un plan de prévention -Définir un plan de formation
Définir le plan de prévention de crise en amont **H** = 5 ans **P** = 6 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts liés à la réaction en contexte de crise**.** **012 :** Améliorer la QVT des employées (la sensibilisation des employées)	-Politique de prévention -Préparer un plan de sensibilisation au personnel - Budgétiser la prévention et assurer les moyens de prévention à mettre en œuvre - La mise à disposition des installations
Définir la nature de risque (sanitaire ou naturelle…) **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O11 :** Améliorer la QVT des employées. **O5** : Réduire les coûts d'adaptation à une nouvelle situation sanitaire ou naturel **O1 :** Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2** : Fournir un produit conforme malgré les aléas naturel ou sanitaire…	Améliorer les processus de recrutement. (Personnes compétente en matière de soin et de prévention) - Mesurer le risque et établir des priorités de traitement - Caractérisation du risque - Préparer un plan d'action et protocole associé
Traiter le risque de délocalisation **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5 :** Réduire les coûts globaux **O3** : Délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références à faible cout. **O10 :** Minimiser les gaspillages de ressources liées au transport.	- Choix des sites : entrepôt et production - Préparer la relocalisation -Choix des sites de proximités
Traiter le risque supply chain **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O3** : Garantir le délai de réponse (Lead Time) d'une référence de produit. **O4** : Garantir le délai de réponse pour assurer une diversité de références. **O5 :** Réduire les coûts de transport et les coûts d'entreposage sur site et sur plateforme. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O9 :** Réduire l'empreinte de carbone (Carburant et énergie	-Identifier les fournisseurs et diversifier -Gérer la situation avec les fournisseurs et autres parties prenantes. -Critères de choix de fournisseurs
Le management de conflits internes. **H** =1 ans **P** = 3 mois	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5** : Réduire les coûts de production, de transports, d'approvisionnement ou de distribution liés aux retards dus aux conflits **O12 :** Améliorer les processus de recrutement. (Qualité et égalité de traitement)	-Intégrer le dialogue social dans la politique de l'entreprise -Communication interne -Sensibilisation, formation et information -Appliquer la loi et le règlement intérieur - Communication et information
Définir le plan de continuité. **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O5** : Réduire les coûts des urgences par anticipation avec un plan de continuité.	-Mettre en place un protocole de limitation d'impact. -Mettre des plans d'action et de prévention
Gérer la sortie de la crise. **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O1** : Fournir une commande conforme à la quantité demandée **O2 :** Fournir un produit conforme aux spécifications. **O6 :** Garantir une qualité « Zéro défaut » **O5** : Réduire les coûts liés à la crise.	-Préparer un plan de sortie -Mobiliser une cellule de crise -Etablir de multiple scénario -Faire le bilan de la gestion de la crise
Mise en place de retour de l'expérience et la reconstruction de l'image **H**=2semaine **P**= 1 jour	**O5** : Réduire les coûts liés à la crise	-Rassembler toutes les données relatives à la crise et les risques - Faire un bilan de RETEX -Développer l'intelligence collective - Afficher les points sensibles en guise de vigilance

Annexe IV. 2 Les niveaux de maturité

		Degree of readiness					
Authors	**Models**	***Level 0***	***Level 1***	***Level 2***	***Level 3***	***Level 4***	***Level 5***
(Caiado, Rodrigo GoyannesGusmão, et al. 2021)	Maturity Models MMs	No existent	Conceptual	Managed	Advanced	Self optimised	--
(Rafael et al., 2020)	eMaturity Model (*MM)*	Outsider	Beginner	Intermediate	Experienced	Expert	Top performer
(Rauch et al., 2020)	Assessment model for SMEs	Not at all important	Slightly important	Important	Fairly important	Very important	
(Board., 2019)	The Singapore smart industry	Undefined	Defined	Digital	Integrated	Automated	Intelligent
(DENIAUD et all, 2019)	CMMI *Capability Maturity Model Integration*	Initial	Discipliné	Ajusté	Géré quantitativement	Optimisé	---
(Paulk et al.,2011)	CMM *(Capability Maturity Model)*	Initial	Répétitif	Défini	Géré	Optimisé	--
(Mittal S.,Romero D.,Wuest T.2018); (Gökalpet al.,2017)	SM (*Smart maturity)*	Incomplete	Performed	Managed	Established	Predictable	Optimizing
(Weber 2017)	*Maturity Model for Data-Driven Manufacturing* - M2DDM	Nonexistent IT integration	Data and system integration	Integration of Cross-Life Cycle-Data	Service Orientation	Digital Twin	Self-Optimizing Factory
(Pacchini, A.P.T.et al 2019)	Readinessdegreestatus	Embryonic	Initial	Primary	Intermediate	Advanced	Ready
(Leyh., 2017)	SIMMI 4.0	Basic digitalization level	Cross departmental digitalization	Horizontal and vertical digitalization	Full digitalization	Optimized full digitalization	--
(Schuch et al 2017)	Acathech Maturity index	Informatization	Connectivity	Visibility	Transparence	Prediction	Adaptability
(Lichtblau et al. (2015)	IMPULS Industry 4.0 Readiness	Outsider	Beginner	Intermediate	Experienced	Expert	Top performer
(Geissbauer 2014)	Self - Assessment	Digital Novice	Vertical integrator	Horizontal collaborator	Digital Champion	--	--
(Schumacher et al.2016)	Utilization of a 4.0 Roadmap	Availability of resources	Comm and Docum of 12.0 activities	Suitability of business models	Strategy for digital transformation	Alignment of I4.0 with comp vision	--
(Ganzarain and Errasti. 2016)	(SMEs) Small and Medium-sized Enterprises	Initial	Managed	Defined	Detailed BM (Business Model)	--	--
(Hines. 2013)	lean Business Model	Reactive	Formal	Deployed	Autonomous	Way of life	--
(Bozdogan, 2004)	*Maturity model*	Traditional	Adopter	Performer	Reformer	Transformer	--

Annexe IV. 3 Questionnaire industrie automobile (Dans la version finale)

Société	Année de Questionnaire	Domaine	Adresse
Renault Tanger Exploitation (RTE)	2018/2019	Industrie automobile	Renault Tanger Exploitation Zone Franche, Melloussa Province Fahs Anjra, 90000 Tanger
Yazaki Kenitra	2018/2019	Industrie câblage	Route de Tanger Km 9 Kenitra 05 37 36 96 3 http://www.yazaki-europe.com/
APTIV (précédemment DELPHI)	2018/2019	Industrie câblage	Kenitra Atlantic Free Zone Tél: 0530101138
Joysons Safety Systems	2018/2019	Industrie automobile	Lot 17 B2 Zone Franche d'Exportation Boukhalef Aeroport, Tanger
Renault Tanger Exploitation (RTE)	2018/2019	Industrie automobile	Renault Tanger Exploitation Zone Franche, Melloussa Province Fahs Anjra, 90000 Tanger
LEAR Corporation Kénitra	2018/2019	Industrie câblage	Zone franche Kénitra.
Renault Tanger Exploitation	2018/2019	Industrie automobile	Zone franche de Melloussa, Fahs Anjra, Tanger Maroc
Yazaki Meknès	2018/2019	Industrie câblage	ILOT UL2 Zone Agropolis BP S72 CD 50000, Meknès.
Centrale d'équipement et carrosserie industrielle –Casablanca	2018/2019	Carrosserie Industrielle Industrie automobile	ancienne route de rabat km 14.400 Ain Sebaa-Casablanca Téléphone : +212.5.22.76.44.00/05 Fax : +212.5.22.75.74.50/55 Site web : www.ceci.ma
SEWS-Ain Aouda	2018/2019	Industrie câblage	Lieu : Commune d'Ain El Aouda-Préfecture de Skhirat-Temara Tél : 0537 77 43 00
SEBN.MA	2018/2019	Industrie câblage	Lieu Zone Franche D Exportation Lot 32, Tanger 90000 Tél :05393-99200
LEAR Corporation Rabat	2018/2019	Industrie câblage	Sala el jadida, Parc Technopolis, zone franche 2 d'exportation lot 102b Rte de rabat Maroc
ELECTRA Batterie	2018/2019	Industrie automobile	Boulevard AHL LOGHLAM, Route de TIT MELLIL 20600 CASABLANCA - MAROC
TESCA Group	2018/2019	Industrie automobile	Zone France d'Exportation Boukhalef llot 30 Lot 1 Tanger - Maroc tescagroup.com
STELLANTIS, Kénitra (ex-nom PSA)	2019/2020	Industrie automobile	Zone Industrielle Atlantic Free Zone, RN4, Commune Ammer Saflia, 14000, N4, Kenitra 14000
TUYAUTO GESTAMP MOROCCO	2019/2020	Carrosserie Industrielle Industrie automobile	zone ind. Atlantic free zone Extension - I1, I2, I3 14000 Kénitra - Maroc
Groupe STELLANTIS	2019/2020	Industrie automobile	Zone Industrielle Atlantic Free Zone, RN4, Commune Ammer Saflia, 14000, N4, Kenitra 14000
TESCA Group, Tanger	2019/2020	Industrie automobile	https://www.tescagroup.com/
Grupo Antolin TFZ, Tanger	2019/2020	Industrie automobile	Zone Franche de Tanger llot 21 et 22, Tanger 90024
LEAR CORPORATION, Tanger	2019/2020	Industrie câblage	LEAR CORPORATION Wiring Systems 1, Tanger
Lear Corporation,Tanger	2019/2020	Industrie câblage	LEAR CORPORATION Wiring Systems 1, Tanger
Hispamoldes Tanger	2019/2020	Industrie automobile	Zona Franca de Exportación Ilot 68 Lot Nº. 2, Tanger 90100, Maroc Tél. : (+212) 5393-95253

Annexe IV. 4 Application VSM chez ECA Maros (Tâches observées)

Tâches	Description	Tâches	Description
T1	***Ramassage*** : Le cumule du stock de produits finis nécessite plusieurs tournées de ramassage durant la rotation de toutes les équipes.	T8	***Emballage et expédition :*** Les palettes transférées en magasin et bien vérifiés sont maintenant prêtes pour passer au film étirable à l'aide des moyens de manutention.
T2	***Groupage*** : Par groupage en entend la mise en racks dans la zone d'expédition.	T9	***Déplacement des palettes finies*** : Les des palettes finis doivent être chargées en respectant la priorité aux palettes devant être les premières à être déchargées.
T3	***Tri PF /Client*** : La zone d'expédition est divisée en différentes zones afin de permettre de stocker un lot par client.	T10	***Chargement*** : Le remplissage de la remorque commence à chaque fois ou il y a des palettes finis toute en respectant les normes de chargement en vigueur.
T4	***Tri PF/ Référence*** : Dans la zone d'expédition le tri peut aussi se faire par références.	T11	***Transport Routier*** : Transporter la marchandise vers le port de Tanger Med.
T5	***Palettisation*** : La mise en palette de produit finis commence dès qu'une référence atteint la quantité exigée par le client.	T12	***Transport Maritime*** : Vérification à Tanger Med et embarquement pour Algesiras.
T6	***Transfert*** : Les palettes ayant les normes requises de conditionnement et de quantité devront être transférées à l'aide du pistolet radiofréquence de magasin F au magasin E	T13	***Livraison entrepôt*** : Déchargement et stockage des produits finis dans l'entrepôt de l'entreprise ECA France.
T7	***Edition du Dossier*** : Préparation du dossier export (Factures…)	T14	***Livraison Client Final*** : Distribution final du produit finis aux Clients.

Annexes IV. 5 Organisation de la dynamique des concepts du lean selon leur importance dans le TPS. (PSA Peugeot Citroën, 2012)

Annexes IV. 6 Exemple de diagnostic initial des nouvelles technologies pour la fonction « gérer l'industrialisation »

		Niveau décisionnels	Niveau actuel de la thechnologie chez PSA	Niveau de .matiruté de l'état actuel/ 4
Fonction "Gérer l'industrialisation"	Tech1	*Stratégique*	33%	2
		Tactique	40%	
		Opérationnel	67%	3
	Tech 2	*Stratégique*	100%	4
		Tactique	80%	
		Opérationnel	100%	
	Tech3	*Stratégique*	33%	2
		Tactique	60%	3
		Opérationnel	17%	1
	Tech 4	*Stratégique*	33%	2
		Tactique	0%	1
		Opérationnel	0%	
	Tech 5	*Stratégique*	30%	2
		Tactique	40%	
		Opérationnel	100%	4
	Tech 6	*Stratégique*	33%	2
		Tactique	0%	1
		Opérationnel	100%	4
	Tech7	*Stratégique*	100%	
		Tactique	100%	
		Opérationnel	100%	
	Tech8	*Stratégique*	100%	
		Tactique	100%	
		Opérationnel	100%	
	Tech9	*Stratégique*	67%	3
		Tactique	40%	2
		Opérationnel	50%	
	Tech10	*Stratégique*	33%	
		Tactique	60%	3
		Opérationnel	50%	2
	Tech11	*Stratégique*	100%	4
		Tactique	40%	2
		Opérationnel	100%	4
	Tech12	*Stratégique*	0%	1
		Tactique	20%	
		Opérationnel	0%	