



HAL
open science

Évaluation de la capacité à innover : une approche par auto évaluation et suivi supporté par des analyses multicritères dynamiques

Daniel Galvez Manriquez

► To cite this version:

Daniel Galvez Manriquez. Évaluation de la capacité à innover : une approche par auto évaluation et suivi supporté par des analyses multicritères dynamiques. Gestion et management. Université de Lorraine, 2015. Français. NNT : 2015LORR0018 . tel-01751396

HAL Id: tel-01751396

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01751396v1>

Submitted on 29 Mar 2018

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



Ecole doctorale RP2E (Ressources, Procédés, Produit, Environnement)

Université de Lorraine

ERPI (Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs)

THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE

DOCTEUR

DE

L'UNIVERSITE DE LORRAINE

Spécialité : GENIE DES SYSTEMES INDUSTRIELS

PAR

Daniel GALVEZ MANRIQUEZ

Evaluation de la capacité à innover : Une approche par auto évaluation et suivi supporté par des analyses multicritères dynamiques

Soutenue publiquement le 09 février 2015 devant le jury d'examen :

Pr. Jean-Claude BOCQUET – Ecole Centrale Paris, LGI Rapporteur
Pr. Stephane NEGNY – INP-ENSIACET, LGC Rapporteur
Pr. Hervé PINGAUD – Centre Universitaire Jean-François Champollion Examineur
Pr. Frédéric BOURGAUD – UL, ENSAIA-LAE..... Examineur
Pr. Laure MOREL – UL, ENSGSI-ERPI Directeur de thèse
Dr. Alessio ISHIZAKA – University of Portsmouth Co-directeur de thèse
Pr. Mauricio CAMARGO – UL, ENSGSI-ERPI Membre invité

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Mauricio Camargo pour son aide, son temps et sa disponibilité. Mauricio a joué un rôle important et actif pour atteindre les objectifs de mon travail, j'ai commencé à travailler avec lui depuis tout début de mon parcours dans la recherche (master) et toujours il m'a motivé et communique son enthousiasme pour le travail.

Je remercie Laure Morel, ma directrice de thèse, de me donner l'opportunité de venir ici pour réaliser le doctorat. Aussi, merci pour son aide surtout dans la phase finale de rédaction de ma thèse. Merci à Alessio Ishizaka, mon co-directeur pour ses remarques toujours pertinentes.

Je remercie tous les membres de l'équipe de l'ERPI pour l'accueil très agréable qu'ils m'ont réservé. Plus particulièrement Vincent Boly et Patrick Truchot pour leurs précieux conseils pour la préparation de ma soutenance. Un grand merci à Nicole Valence pour sa disponibilité et sa collaboration en toutes les démarches administratives.

Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai passé de bons moments durant mon travail, particulièrement à mes collègues doctorants Manon, Giovanni, Andrea, Sandra, Lamia, Fabio, Alex, Alexis, Nathalie, Hind, Aline, Julien, Elisa, Pierre, Hélène.

Un grand merci à Miguel Alfaro mon professeur au Chili qui m'a proposé de venir à Nancy pour mon master. Finalement, je remercie mes parents et ma famille pour leur soutien inconditionnel et la confiance en ma décision de partir si loin pour faire mes études.

Table de Matières

Introduction Générale.....	11
Objectifs de Recherche	12
Démarche de la thèse.....	12
Structure de la Thèse	13
CHAPITRE 1: Contexte et état actuel de la recherche.	17
Introduction	17
1. Indice d'Innovation Potentielle (IIP).....	19
1.1 Identification des pratiques innovantes :.....	19
1.2 Evaluation des pratiques	23
1.3 Référentiel d'évaluation	26
2. Conclusion.....	31
CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART.....	33
Introduction	33
1. Innovation et performances industrielles des PME.....	33
1.1 L'innovation : tentative de définition d'un processus complexe.....	33
1.2 La PME : Définitions communément admises	37
1.3 Influence de l'innovation sur la performance industrielle des PME.....	38
2. Métriques de l'innovation.	41
2.1 Définition de la capacité à innover	41
2.2 Historique des métriques de l'innovation	42
3. Facteurs déterminants de la mesure de l'innovation.....	45
4. Evaluation multicritère des processus d'innovation.....	53
5. Conclusions	55
CHAPITRE 3 : L'Indice d'Innovation Potentielle : un référentiel pour la gestion de la capacité à innover.....	57
Introduction	57
1. Notre contribution à l'évaluation des phénomènes observables : notion de maturité.....	57
2. Exploitation des résultats de l'évaluation et benchmarking	62
3. Conclusion.....	68
CHAPITRE 4 : Proposition d'une démarche pour la génération de recommandations pour améliorer la capacité à innover des PME.	69
Introduction	69
1. Modèles d'optimisation.....	69
2. Modélisation de l'évaluation de la capacité à innover basée sur l'IIP.....	70

3. Définition des stratégies d'amélioration de la capacité à innover.....	76
3.1 L'effort minimal requis pour accéder à une catégorie supérieure.....	76
3.2 Maximiser les économies de ressources	78
3.3 Maximisation de l'IIP avec un budget défini	79
4. Protocole d'aide à la décision de la stratégie la plus appropriée.....	80
5. Méthodologie de génération de recommandations	83
6 Conclusion	87
CHAPITRE 5 : Etude de cas: Application de la méthodologie de génération de recommandations appliquée à différents scénarii.....	89
Introduction	89
1. Etude de cas	89
2. Evaluation et classement actuel de l'entreprise.....	90
3. Application et résolution du modèle d'optimisation	94
3.1 Stratégie 1 : l'effort minimal pour accéder à la catégorie supérieure.....	95
3.2 Stratégie 2 : Maximiser les économies de ressources.....	96
3.3 Stratégie 3 : Maximisation de l'IIP avec un budget défini	97
4. Choix de la stratégie à suivre.....	98
4.1 Scénario 1.....	98
4.2 Définition des recommandations et du plan d'action pour le scénario 1	100
4.3 Scénario 2.....	103
4.4 Définition des recommandations et du plan d'action pour le scénario 2	104
4.5 Scénario 3.....	107
5. Conclusions	110
CHAPITRE 6 : Evolution de l'Indice d'Innovation Potentielle	113
Introduction	113
1. Définition de nouvelles sous-pratiques.....	113
2. Prise en compte du contexte	116
2.1 Approche 1 : l'Intégrale de Choquet v/s l'opinion d'experts.....	124
2.2 Approche 2 : AHP-DEMATEL appliquée dans différents contextes (Chili v/s France).....	125
3. Conclusions	127
Chapitre 7 : Conclusions et Perspectives	129
1. Notre Contribution.....	130
1.1 Validation et amélioration de l'IIP comme référentiel de la capacité à innover.....	130
1.2 Renforcer le diagnostic de la capacité à innover à partir de l'IIP	130
1.3 Création d'une méthodologie d'amélioration de la capacité à innover	131

2. Limites de notre recherche	131
3. Perspectives	132
3.1 Définition de courbes d'efforts économiques associées à la grille de maturité.....	132
3.2 Précision des recommandations obtenues.....	134
3.3 Intégration d'autres indicateurs de performance comme variables de sortie du modèle.	135
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	137
<u>Annexe 1</u> : Questionnaire d'évaluation de la capacité à innover des PME	147
<u>Annexe 2</u> : Protocole d'aide à la décision de la stratégie.....	157
<u>Annexe 3</u> : Proposition de questions additionnelles pour le questionnaire d'évaluation de la capacité à innover.....	165
<u>Annexe 4</u> : Questionnaire AHP-DEMATEL.....	169
RESUME.....	183
ABSTRACT	184

Liste de figures

Figure 1. Démarche de la thèse	13
Figure 2. Structuration de la thèse.....	14
Figure 3. Résultats des pays membres de l'Union Européenne en termes d'innovation (Commission Européenne, 2014).....	17
Figure 4. Comparaison entre la performance de la France et la moyenne européenne sur différents indicateurs d'innovation (commission européenne, 2012).	18
Figure 5. Etapes de création de l'indice d'innovation potentielle (Camargo, 2012).....	19
Figure 6. Recomposition de l'IIP sur la base des six pratiques agrégées (Morel, 2007).	21
Figure 7. Représentation par niveau d'agrégation de l'IIP, (Gonzalez, 2009).....	24
Figure 8. Les deux dimensions pour la création de l'IIP.	26
Figure 9. Représentation graphique d'un problème d'incomparabilité. (Camargo, 2012)	28
Figure 10. Profils limites déterminants de chaque catégorie.....	30
Figure 11. Exemple de classement d'une entreprise réactive avec un profil passive (E3) (Camargo, 2012).....	31
Figure 12. Pourcentage d'articles publiés dans le « social science » avec le mot innovation dans leur titre entre 1956-2006. (Fagerberg et Verspagen, 2009)	35
Figure 13. Processus d'innovation en 5 niveaux (Boly et Morel-Guimaraes, 2006).....	36
Figure 14. Relation entre les efforts d'innovation, la capacité à innover et la performance globale des PME, source : notre recherche	38
Figure 15. Niveau de satisfaction des entrepreneurs par rapport à leur retour sur investissement dans l'innovation. (James P. et al., 2008).....	40
Figure 16. Evaluation du processus d'innovation selon la vision de boîte noire (Assielou, 2008).	42
Figure 17. Représentation générale de l'évaluation de la capacité à innover dans les entreprises, source : notre recherche.....	53
Figure 18. Profil de deux entreprises évaluées selon le modèle proposé par (Cormican et O'Sullivan, 2004).....	54
Figure 19. Représentation graphique d'une grille de maturité, source : notre recherche.	58
Figure 20. Domaines d'application des grilles de maturité. (Wendler, 2012)	59
Figure 21. Exemple de la structure de la grille de maturité utilisée dans le questionnaire d'évaluation de l'IIP, source : notre recherche.....	60
Figure 22. Résultat général et classement de l'entreprise, source : notre recherche	63
Figure 23. Profil de la performance par grande pratique (critères), source : notre recherche.....	63
Figure 24. Grille d'évaluation d'une entreprise, source : notre recherche.	64
Figure 25. Benchmarking entre PME appartenant à différents secteurs d'activité, source : notre recherche.	65
Figure 26. Analyse comparative entre la performance d'une entreprise et la performance moyenne de sa catégorie, source : notre recherche.	66
Figure 27. Evolution dans le temps d'une entreprise, source : notre recherche.....	67
Figure 28. Exemple d'une fonction d'effort économique hypothétique, source : notre recherche.	75
Figure 29. Stratégie d'accès à une catégorie supérieure avec un minimum d'effort, source : notre recherche.	77
Figure 30. Stratégie de maximisation des économies de ressources, source : notre recherche.....	78
Figure 31. Stratégie de maximisation de l'IIP avec un budget défini, source : notre recherche....	79

Figure 32. Représentation hiérarchique de la prise de décision de la meilleure stratégie. (Source : notre recherche).....	81
Figure 33. Résumé des étapes d'application de la méthodologie pour obtenir les recommandations d'amélioration. (Source : notre recherche)	83
Figure 34. Evolution du profil en matière d'innovation. (Source : notre recherche).....	86
Figure 35. Classement actuel de l'entreprise	90
Figure 36. Profil de la performance par grandes pratiques.	91
Figure 37. Grille d'évaluation de l'entreprise	92
Figure 38. Comparaison de l'entreprise avec des autres entreprises appartenant au même secteur d'activité.	93
Figure 39. Analyse comparative entre la performance de l'entreprise par pratique et la moyenne des entreprises appartenant au même secteur d'activité	93
Figure 40. Fonction type des efforts économiques associés à une sous-pratique.	94
Figure 41. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 1).....	100
Figure 42. Impacts de l'application de la stratégie 1 sur le profil par grandes pratiques de l'entreprise.....	100
Figure 43. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle (évaluation 1) et la situation cible (évaluation 2).....	101
Figure 44. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 2).....	104
Figure 45. Impacts de l'application de la stratégie 2 sur le profil par grande pratique de l'entreprise.....	105
Figure 46. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle et la situation cible.	106
Figure 47. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 3).....	107
Figure 48. Impacts de l'application de la stratégie 3 sur le profil par grandes pratiques de l'entreprise.....	108
Figure 49. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle et la situation cible.	109
Figure 50. Nouvelle proposition de l'indice d'innovation potentielle, IIP. (Source : notre recherche).....	114
Figure 51. Comparaison du classement entre PME de l'Argentine et de la France (Galvez et al., 2013).....	116
Figure 52. Profil par pratique des PME en France et en Argentine (Galvez et al., 2013)	117
Figure 53. Benchmarking par grande pratique entre les entreprises Argentines et Françaises (Galvez et al., 2013)	118
Figure 54. Impact du contexte sur le calcul de l'IIP. (Source : notre recherche)	119
Figure 55. Effet de synergie entre les pratiques de gestion de l'innovation (Source : notre recherche).....	120
Figure 56. Approche pour la création du protocole d'assignation des poids. (Source : notre recherche).....	122
Figure 57. Approches d'application du protocole. (Source : Notre recherche)	124
Figure 58. Comparaison des poids entre pays. (Haddad, 2014).....	126
Figure 59. Lien entre l'IIP et la méthodologie AIDA (Enjolras et al., 2014).....	133

Figure 60. Profils de management de la PI associée à la grille de maturité (Enjolras et al., 2014).
..... 134

Figure 61. Intégration de nouvelles stratégies et variables de sortie sur le modèle d'optimisation
Source : Notre recherche. 136

Liste de tableaux

Tableau 1. Distribution des intervalles pour chaque catégorie.	29
Tableau 2. Seuils des 3 sous-catégories de PME. (Commission européenne, 2005).....	37
Tableau 3. Evolution des indicateurs du processus d'innovation (Milbergs et Vonortas, 2004)...	45
Tableau 4. Comparaison de différents modèles de mesure de la capacité à innover dans la littérature scientifique, source : notre recherche.	47
Tableau 5. Classement de certaines méthodologies multicritères (Camargo, 2012).....	55
Tableau 6. Exemple d'évaluation de la sous-pratique : stratégie technologique.	61
Tableau 7. Poids associés aux pratiques et sous pratiques composant l'IIP	72
Tableau 8. Questionnaire d'évaluation des préférences de l'entrepreneur.....	82
Tableau 9. Priorisation des stratégies proposées.	82
Tableau 10. Plan d'action et recommandations obtenues à partir de l'application de la méthodologie proposée.	87
Tableau 11. Résultats de l'application de la stratégie 1.	96
Tableau 12. Résultats de l'application de la stratégie 2.	97
Tableau 13. Résultats de l'application de la stratégie 3.	97
Tableau 14. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise à l'étude	98
Tableau 15. Importance des critères de sélection.....	99
Tableau 16. Evaluation des trois stratégies proposées par rapport aux trois critères composant le protocole.....	99
Tableau 17. Priorisation des stratégies pour le scénario 1	99
Tableau 18. Liste des recommandations pour monter de catégorie au moindre effort économique.	103
Tableau 19. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise à l'étude ...	103
Tableau 20. Priorisation des stratégies pour le scénario 2	104
Tableau 21. Liste de recommandations pour économiser des ressources en maintenant la catégorie.	107
Tableau 22. Liste de recommandations pour maximiser l'IIP avec un budget défini.....	110
Tableau 23. Comparaison de diverses méthodologies multicritères d'assignation de poids (Haddad, 2014).....	121
Tableau 24. Exemple de question pour la méthodologie AHP (Haddad, 2013)	123
Tableau 25. Exemple de question pour la méthodologie DEMATEL (Haddad, 2013)	123
Tableau 26. Comparaison des poids assignés par l'Intégrale de Choquet et par la méthodologie actuelle	124
Tableau 27. Matrice des interactions entre pratiques par l'Intégrale de Choquet (Haddad, 2013)	125
Tableau 28. Influences calculées par DEMATEL à partir du panel d'experts chiliens	127
Tableau 29. Exemple de recommandations pour le scénario 1.	135

Introduction Générale

Les entreprises se trouvent face à un environnement qui change toujours plus rapidement, les clients sont plus exigeants, le cycle de vie des produits est de plus en plus court, les technologies avancent et la concurrence est intense. Dans ce contexte, la capacité à innover des entreprises est devenue un facteur important pour déterminer le succès (ou pas) de l'entreprise. Ainsi, la gestion et le pilotage de cette capacité doivent être intégrés dans la stratégie définie par les dirigeants, tout comme le plan financier, la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la stratégie de marché. Divers indicateurs et systèmes de mesure de la performance ont été développés afin de permettre aux entreprises d'évaluer et d'améliorer ces dimensions clés de la stratégie globale, comme par exemple, le « Balance Score Card » (BSC) (Kaplan et Norton, 1992) pour la stratégie ou le référentiel mondial des processus de logistique « Supply Chain Operation Referential » (SCOR model) pour la chaîne d'approvisionnement (Huang et al., 2005). Par contre, la capacité à innover ne dispose pas, à notre connaissance, d'un cadre de référence de ce type, en raison principalement des caractéristiques des processus d'innovation. En effet, la complexité et la nature abstraite de l'innovation (Spitzer, 2007) rendent la définition de métriques difficile. Sans les indicateurs appropriés, il est impossible d'établir les objectifs et de déterminer les efforts et les ressources nécessaires pour améliorer la capacité d'innovation.

Au cours de la dernière décennie, un grand nombre de recherches scientifiques ont essayé de définir des métriques ou des modèles pour évaluer la capacité à innover des entreprises (Adams et al., 2006; Assielou, 2008; Camisón et Monfort-Mir, 2012; Chiesa et al., 1996; Corona, 2005; Guan et Ma, 2003; Morel, 2007). Ainsi, (Milbergs et Vonortas, 2004) montrent l'évolution des métriques de l'innovation et soulignent les nouvelles tendances. La dernière génération d'indicateurs vise à mesurer les processus et les activités internes des entreprises favorisant l'innovation. Dans une entreprise, ces activités sont nombreuses et interviennent tout au long du processus de production d'un nouveau produit ou service. C'est pourquoi, nous trouvons aussi bien des activités liées au service de R&D (« Recherche et Développement »), qu'au marketing ou au financement. Il en résulte que les différents indicateurs ou modèles d'évaluation de la capacité à innover proposés dans la littérature sont définis comme étant des problèmes multicritères. Les premiers auteurs à développer ce type de travaux ont été (Burgelman et McKinney, 2005; Chiesa et al., 1996; Guan et al., 2006) qui ont donné lieu à la proposition de modèles multicritères sur la base de pratiques internes favorisant l'innovation. De plus, ces travaux se sont focalisés sur les petites et moyennes entreprises PME car elles sont un moteur important dans l'économie mondiale actuelle. Ainsi, le développement de ce domaine d'étude apparaît comme pertinent et mérite que l'on s'y intéresse.

Parmi les indicateurs de l'innovation présents dans la littérature figure l'Indice d'Innovation Potentielle (IIP) (Corona, 2005). Ce dernier respecte les nouvelles tendances des métriques en se fondant sur un ensemble de pratiques internes et des phénomènes observables structurés comme un problème d'analyse multicritère. Ces derniers sont complétés par le retour d'expérience de l'application de l'IIP dans divers contextes industriels, et ce dans divers pays, contribuant ainsi à l'enrichissement de l'indice (Boly et al., 2013; Galvez et al., 2013; Gonzalez, 2009; Nemery et al., 2012; Rodriguez Rey et al., 2013; Sepulveda et al., 2010).

Mais, comment utiliser concrètement cet indicateur pour renforcer la capacité à innover des PME; sachant que les pratiques peuvent constituer des leviers pour accroître la capacité à innover des PME (Spitzer, 2007) ? En d'autres termes, est-il possible de créer une stratégie d'amélioration

de la capacité à innover à partir des pratiques ? Comment choisir les pratiques à améliorer ? Quels sont les coûts associés à ces améliorations ? Quels sont les aspects fondamentaux pour définir la stratégie ?

Autant de questionnements auxquels nos travaux se proposent d'apporter un éclairage.

Objectifs de Recherche

L'objectif principal de notre recherche est de répondre à la question suivante qui synthétise les questionnements précédents : comment identifier les points de levier pour accroître la capacité à innover des PME ?

D'un point de vue théorique, nous devons nous appuyer sur un référentiel d'évaluation de la capacité à innover qui permet de réaliser une analyse complète de la performance de l'entreprise en matière d'innovation. Ainsi, nous devons nous inscrire dans le respect des nouvelles tendances des métriques d'innovation qui avancent vers une normalisation de l'évaluation de cette capacité. De plus, nous devons améliorer ce référentiel afin d'assurer qu'il permet de générer des recommandations pour améliorer la capacité à innover des entreprises.

D'un point de vue méthodologique, les recommandations surgissent à partir de l'application d'une démarche bien définie. Cette démarche cherche principalement à :

- Analyser la performance actuelle de l'entreprise.
- Définir les stratégies d'amélioration à partir du référentiel d'évaluation, en considérant les caractéristiques de l'entreprise et ses objectifs.
- Déterminer la stratégie la plus appropriée pour le développement de l'entreprise.
- Quantifier les implications de la mise en place des recommandations proposées.

Ainsi, nous avons structuré cette thèse de manière à répondre à ces objectifs sur la base d'un cadre de référence pour évaluer la capacité à innover et de la méthodologie associée pour améliorer cette capacité.

Démarche de la thèse

La démarche pour développer cette thèse est illustrée sur la figure 1. Notre hypothèse de base est l'existence d'un effet levier des pratiques internes sur la capacité à innover des PME. Ce postulat nous amène à réfléchir sur la possibilité de générer un outil d'aide à la création de stratégies d'innovation. Pour répondre à cette problématique, il faut définir un cadre référentiel pour évaluer la capacité à innover des PME permettant une analyse détaillée du stade actuel en matière d'innovation de l'entreprise. Une fois le référentiel d'évaluation déterminé, nous pouvons proposer une méthodologie pour la création de stratégies d'innovation (plan d'action) basée sur un modèle d'optimisation. Différents scénarii sont simulés afin de valider la cohérence et l'adaptabilité du modèle sur des cas particuliers et d'évaluer les possibles impacts de la mise en place des stratégies.

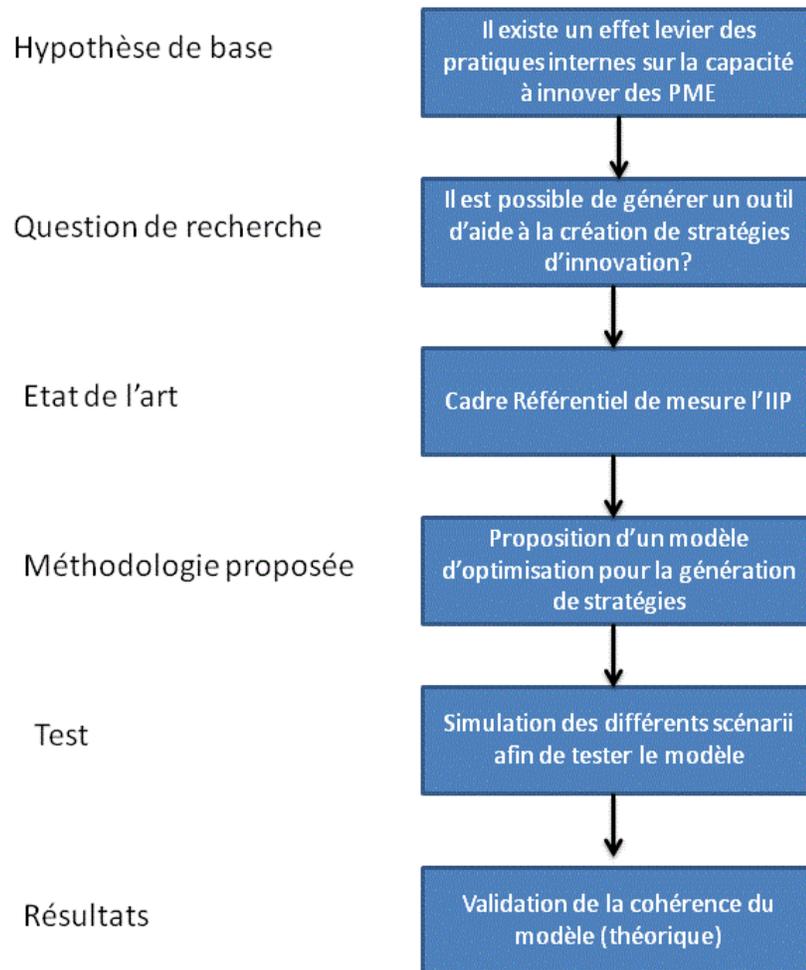


Figure 1. Démarche de la thèse

Structure de la Thèse

Le document est structuré en trois parties : **le contexte et l'état de l'art (partie 1)** qui permettent de délimiter les conditions et l'environnement dans lequel se développe notre travail et de réviser le cadre théorique de l'évaluation de la capacité à innover; **la démarche (partie 2)** qui consiste en la proposition de la méthodologie pour générer les recommandations, et finalement **l'expérimentation (partie 3)** qui permet de tester le modèle proposé et d'enrichir l'IIP (Figure 2).

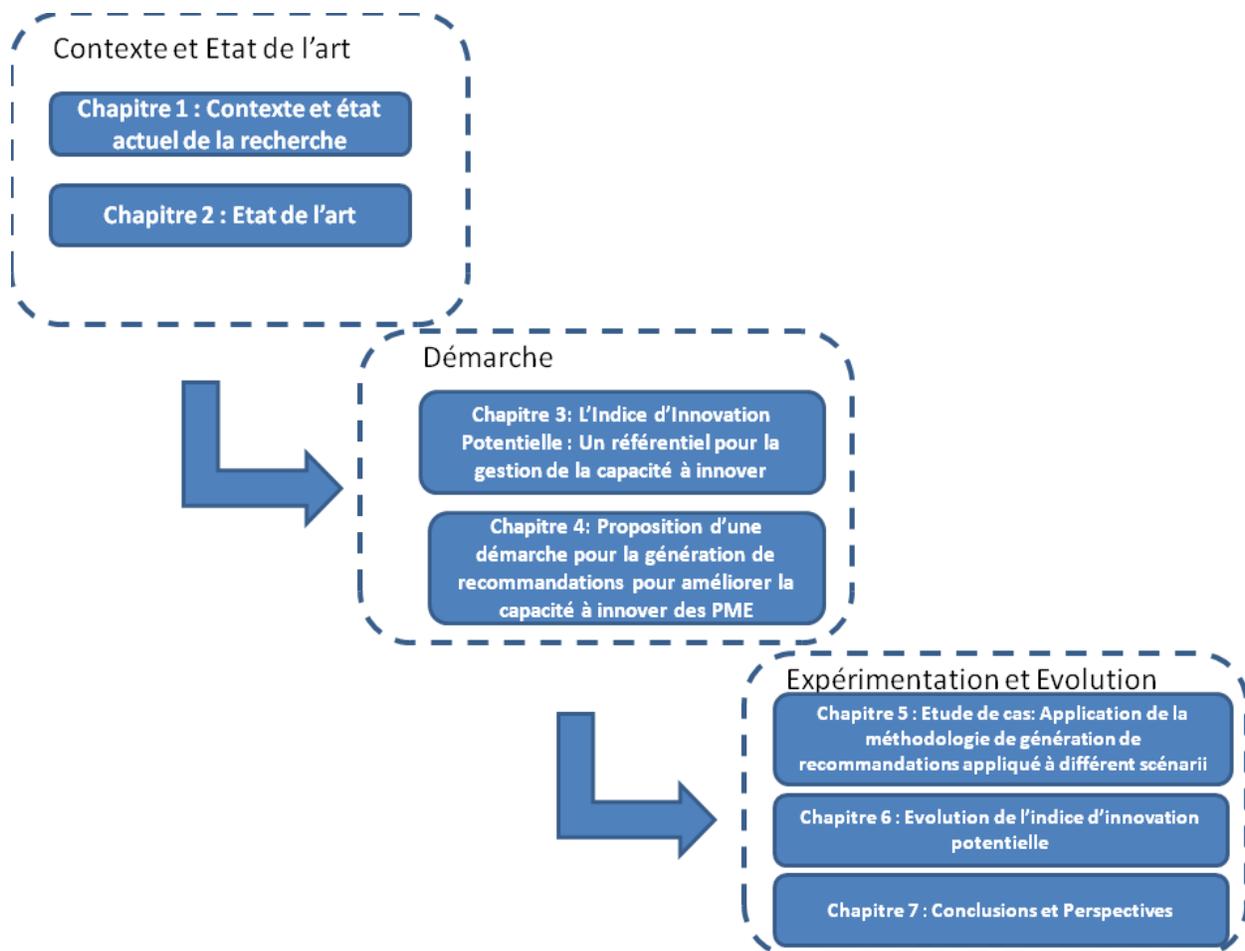


Figure 2. Structuration de la thèse.

Chaque partie est composée de chapitres dont le contenu est résumé comme suit :

Partie 1

Chapitre 1 : L'innovation est devenue fondamentale pour le développement économique des pays et la France n'échappe pas à cette condition. Dans ce chapitre, nous ferons référence à l'état actuel de l'innovation en France et comment le laboratoire ERPI a développé une méthodologie qui cherche à renforcer la capacité à innover des entreprises basée sur la proposition d'un indice d'innovation potentielle (IIP). Nous présenterons notamment le stade de développement dans lequel se situe l'indice d'innovation potentielle au moment où nous avons débuté notre thèse.

Chapitre 2 : L'amélioration de l'innovation dans les PME n'est pas seulement un sujet d'intérêt français. Les recherches à ce sujet se multiplient de manière exponentielle et ce mondialement, contribuant ainsi à un certain consensus sur la manière d'évaluer la capacité à innover des entreprises. Dans ce chapitre, nous réalisons une révision exhaustive de la littérature afin d'étudier l'évolution des métriques d'innovation, d'identifier les nouvelles tendances et d'établir certaines caractéristiques de base pour la création d'un référentiel d'évaluation approprié.

Partie 2

Chapitre 3 : même si l'IIP est un indicateur ayant montré à plusieurs reprises sa pertinence pour mesurer la capacité à innover des PME, il est toujours possible de faire évoluer certains aspects afin de gagner en robustesse. Ainsi, dans ce chapitre nous présenterons notre première contribution qui vise à renforcer l'analyse au moment d'étudier la situation actuelle de l'entreprise évaluée, en intégrant le concept de grille de maturité pour évaluer les phénomènes composant les 6 pratiques d'innovation retenues. La définition de la grille de maturité apporte un changement important dans le développement de l'IIP car elle rend possible la diffusion de la méthodologie à travers le site innovation-on-the-web.com détenu par l'ERPI. La grille de maturité nous permettra d'établir les premières pistes pour la génération de recommandations pour améliorer la performance d'innovation.

Chapitre 4 : dans ce chapitre, nous proposons le modèle d'optimisation sur lequel la démarche de génération de recommandations est fondée. L'objectif est de définir la stratégie d'amélioration la plus appropriée pour chaque entreprise. Ainsi, différentes situations sont simulées afin de proposer trois stratégies : une amélioration du classement actuel de l'entreprise avec un minimum d'effort, une maximisation des économies de ressources et une maximisation de l'IIP avec un budget défini. Ainsi, l'entrepreneur pourra choisir la stratégie qui lui semble la plus convenable selon ses objectifs. Une fois la stratégie choisie, une liste de recommandations issue du modèle d'optimisation sera proposée.

Partie 3

Chapitre 5 : l'étape d'expérimentation est effectuée à partir de la simulation des divers scénarii afin d'analyser le comportement de la méthodologie de génération des recommandations dans diverses conditions. Ainsi, une entreprise réelle est évaluée par l'IIP, ce qui donne lieu à l'analyse de sa capacité à innover, de sa position par rapport aux autres entreprises de son secteur d'activité et à l'identification de ses forces et de ses faiblesses. Afin d'aider l'entreprise à évoluer, nous simulons les implications de la mise en place des trois stratégies proposées en regardant dans quel cas une stratégie est plus appropriée qu'une autre.

Chapitre 6 : la méthodologie pour la création d'un plan d'action destiné à accroître la capacité à innover dépend du référentiel d'évaluation utilisé, car les recommandations sont obtenues à partir de l'analyse de l'IIP de l'entreprise évaluée. Dans ce chapitre, nous proposons des changements sur la méthodologie de l'IIP afin de la mettre à jour par rapport aux nouvelles recherches concernant les pratiques d'innovation propices à l'innovation dans les entreprises. De plus, le retour d'expérience est aussi une source pour identifier les points d'amélioration. Ainsi, les études de benchmarking réalisées entre des PME de France et d'Argentine ont mis en évidence le besoin de considérer le contexte dans lequel le calcul de l'IIP est effectué. C'est pourquoi, nous proposerons une adaptation qui permettra de prendre en compte cet aspect.

Chapitre 7 : ces travaux font partie d'une recherche commencée dans les années 2000 à l'ERPI. Même si notre travail répond à l'objectif de la recherche, à savoir, permettre la génération automatique de recommandations sur la base d'une stratégie de développement retenue par le dirigeant d'une PME, il conserve certaines limites et ouvre de nouvelles études futures. Ainsi, dans ce chapitre nous présentons les principales conclusions, limites et perspectives de notre travail.

CHAPITRE 1: Contexte et état actuel de la recherche.

Introduction

L'un des challenges les plus importants dans la politique industrielle actuelle des pays développés ou émergents est de soutenir l'innovation dans les PME. En effet, malgré le fait que dans la plupart des économies les PME représentent environ 95% de l'activité économique en nombre d'entreprises, leurs activités novatrices restent marginales par rapport aux grands groupes. Le rapport de l'OCDE « Science, Technology and Industry Outlook 2010 » (OCDE, 2010) montre que la plupart des gouvernements font des efforts significatifs pour permettre aux PME l'accès à des ressources pour encourager leur activité innovante. Mais la question centrale ici est de savoir si l'innovation dépend exclusivement de la disponibilité des ressources. La réponse est apparemment négative. Les PME ont du mal à introduire des produits ou des services nouveaux et innovants sur le marché, même si elles disposent des ressources et du support nécessaires. Si la problématique n'est pas liée à la disponibilité des ressources, une seconde hypothèse met en avant leur gestion et leur maîtrise des processus d'innovation internes.

En France, ces problématiques ont suscité un grand intérêt. En effet, les PME représentent 99% du nombre total des entreprises du pays (communautés européennes, 2006). Ainsi, le développement de ce type d'entreprises est un important levier économique. La commission européenne réalise un bilan annuel en matière d'innovation et de recherche. Cette année, la France se trouve au-dessus de la moyenne de l'ensemble des pays inclus dans l'étude (28 pays), mais elle est distancée par des pays plus performants tels que l'Allemagne (DE), le Danemark (DK), la Finlande (FI) et la Suède (SE) considérés comme les leaders en termes d'innovation (figure 3).

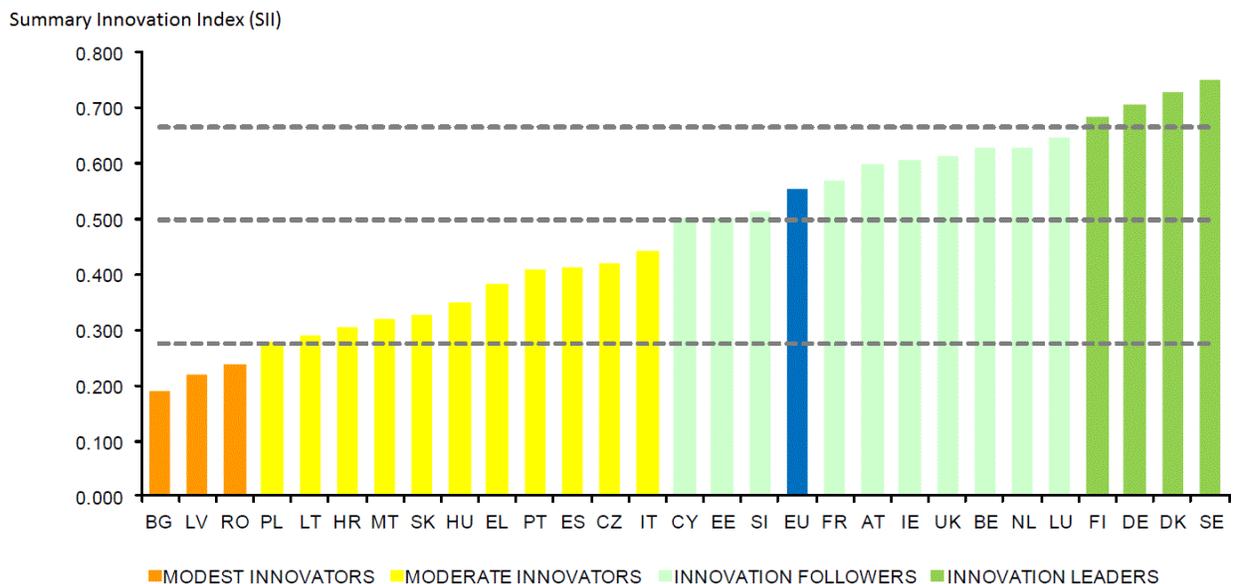


Figure 3. Résultats des pays membres de l'Union Européenne en termes d'innovation (Commission Européenne, 2014)

De plus, les pays sont classés dans quatre groupes par rapport à leur performance en matière d'innovation : « les leaders de l'innovation », « les suiveurs de l'innovation », « les innovateurs modérés » et « les innovateurs modestes ». La France est à la 11^e place et elle se trouve dans le deuxième groupe, un résultat quelque peu insatisfaisant pour un pays qui cherche à rester compétitif au niveau mondial. (Beylat et Tambourin, 2013) dans leur rapport « l'Innovation un enjeu majeur pour la France » ont identifié un problème d'efficacité dans l'utilisation des ressources car la France est bien positionnée sur les indicateurs de moyens, mais elle est moins performante sur les indicateurs de résultats. Paun et al., (2012) indiquent un problème de transfert de technologie entre les connaissances développées dans les centres de recherche et les PME.

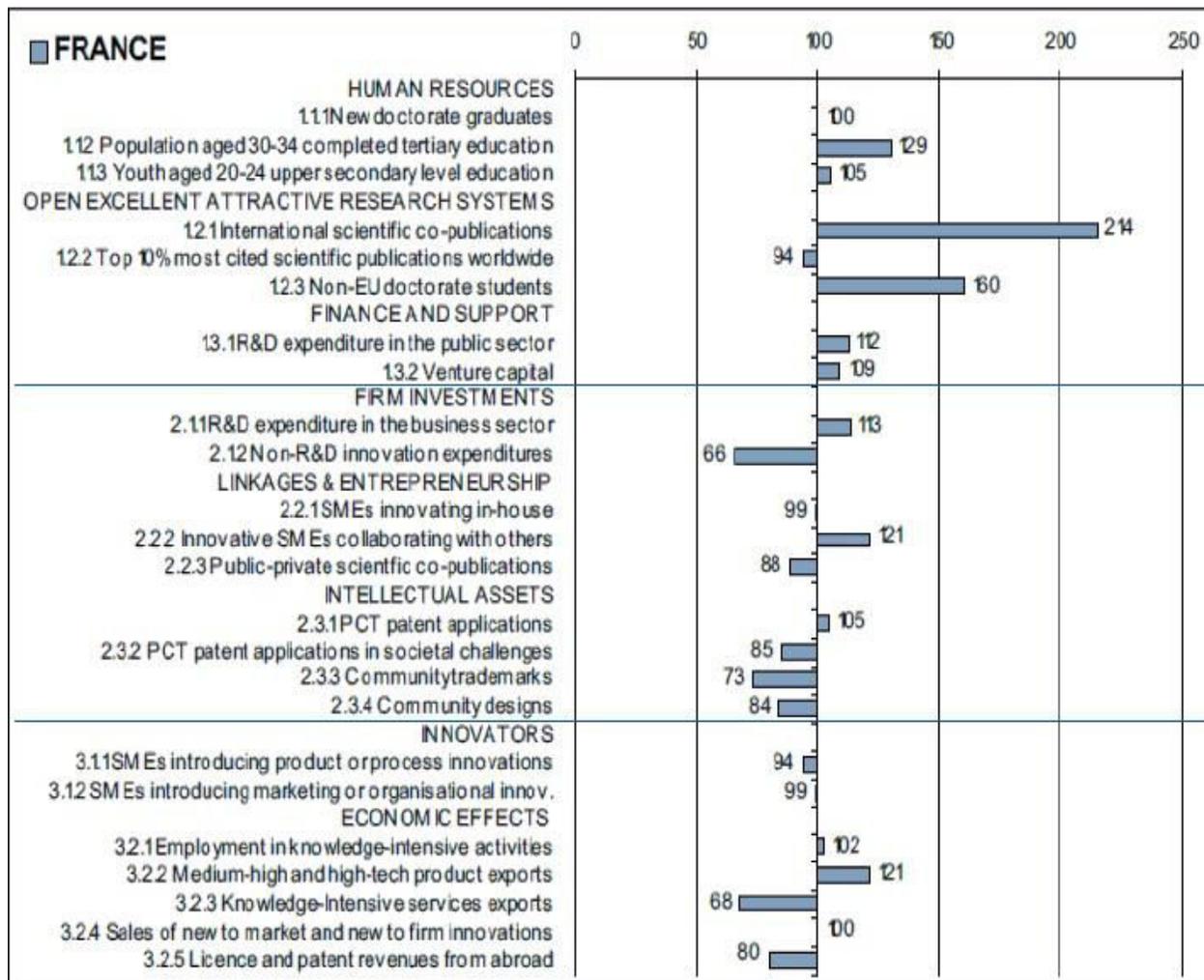


Figure 4. Comparaison entre la performance de la France et la moyenne européenne sur différents indicateurs d'innovation (commission européenne, 2012).

La figure 4 permet d'identifier les forces et les faiblesses de la France. Par exemple, elle est plus performante sur le système ouvert de recherche. Par contre, elle est moins performante sur le capital intellectuel. Un autre point souligné par (Beylat et Tambourin, 2013) concerne la rubrique « les innovateurs » : même si la France se trouve juste au-dessous de la moyenne de l'Union Européenne, elle reste loin du pays leader : la Suède. Les PME françaises ont besoin d'améliorer le nombre d'innovations introduites sur le marché. Cette problématique n'est pas nouvelle pour les PME françaises voire même un thème récurrent depuis les années 2000. C'est pourquoi,

L'Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs (ERPI) a travaillé sur une méthodologie pour évaluer et gérer la capacité à innover des PME : « l'Indice d'Innovation Potentielle » dès 2001 (Boly et Morel, 2001).

1. Indice d'Innovation Potentielle (IIP)

L'IIP est une approche de la capacité à innover qui privilègie les activités internes qui favorisent l'innovation dans les PME, le mot « activités » étant pris ici au sens systémique. Cette approche peut être résumée en quatre phases :

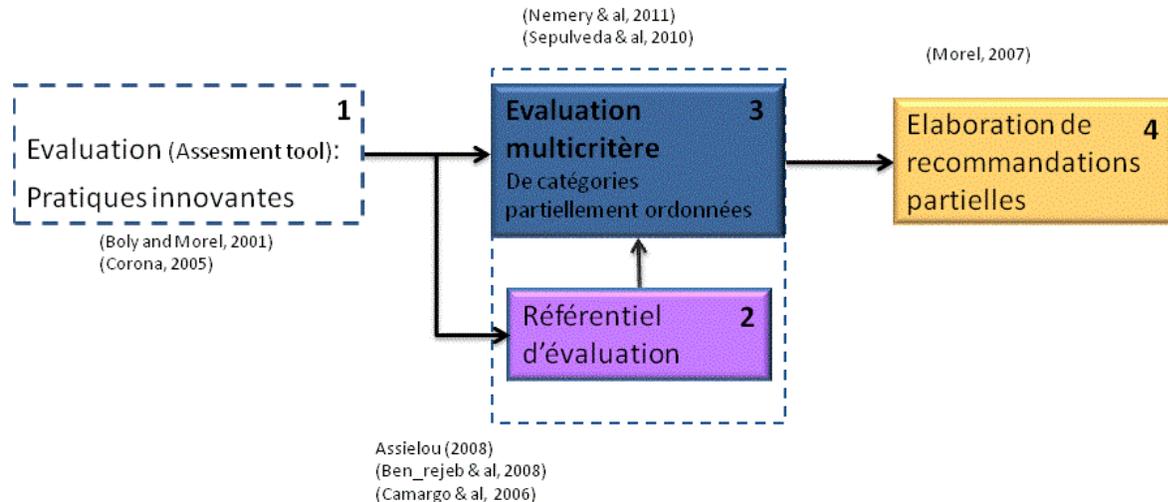


Figure 5. Etapes de création de l'indice d'innovation potentielle (Camargo, 2012)

A l'origine de ces travaux réside la volonté d'identifier les « bonnes » pratiques qui ont un impact positif sur l'innovation et de définir une méthode d'évaluation pertinente (étape 1). Il s'en suit l'établissement d'un référentiel global d'évaluation (IIP) (étape 2), basée sur une évaluation multicritère conduisant à un classement des entreprises au regard de leur dynamique d'innovation (étape 3). Finalement, des recommandations permettant aux PME de piloter leur capacité à innover pourraient être suggérées par les chercheurs (étape 4).

La chronologie des travaux de l'ERPI sera ensuite détaillée afin de mieux comprendre l'évolution et le stade dans lequel se situe l'IIP au moment où nous avons débuté notre thèse.

1.1 Identification des pratiques innovantes :

Comme nous l'avons déjà souligné, autour des années 2000, la vision des métriques de l'innovation a changé pour s'orienter vers l'étude des processus internes des entreprises et notamment l'identification des activités favorisant l'innovation (Milbergs et Vonortas, 2004). Dans cet esprit, des chercheurs du laboratoire ont proposé un ensemble de 13 activités favorisant l'innovation en PME basé sur une recherche bibliographique (Boly et al., 2000)(Boly, 2004).

A1. Conception et Formulation : les acteurs impliqués dans les processus d'innovation utilisent les outils et les méthodologies adéquates d'aide à la conception. La conception consiste en six activités basiques : l'initialisation, la formalisation, la création, l'étude de faisabilité, la validation et la communication.

A2. Gestion et suivi de projets : le développement d'un projet est une succession d'étapes qui doivent être suivies de manière adéquate. Les tâches de la gestion de projets incluent le suivi de la réalisation des objectifs, l'allocation des ressources, la clarification des responsabilités, le contrôle des compétences de l'équipe, le suivi des coûts de développement, l'analyse de risque, etc.

A3. Intégration de la globale stratégie : la direction doit définir une stratégie intégrée favorisant l'innovation. Cette stratégie permet de mieux orienter les activités et les processus de l'entreprise pour atteindre un objectif commun. Une stratégie intégrée doit considérer au moins le marketing, le travail en réseau, le financement, la communication et la technologie.

A4. Management du portefeuille de projets : un portefeuille projet permet de prioriser les projets d'innovation en considérant des caractéristiques comme les prix visés, les marchés cibles, la date de lancement, le niveau de qualité visé, le degré de nouveauté, etc.

A.5 Définition d'une organisation adaptée : des tâches relatives à la définition, l'application et l'évolution du contexte et les conditions de travail favorisent l'innovation.

A.6 Amélioration du processus d'innovation : le retour d'expériences doit permettre de faire évoluer les processus d'innovation dans l'entreprise.

A.7 Gestion de compétences : l'entreprise doit pouvoir compter sur les compétences suffisantes pour assurer le succès des projets innovants. Certaines compétences importantes en matière d'innovation sont : la créativité, la capacité à repérer des opportunités, le raisonnement systémique, les compétences au travail d'équipe, l'autonomie, la curiosité et l'esprit critique.

A.8 Soutien moral : la direction et les responsables de projets doivent apporter un soutien moral aux participants des projets d'innovation, comme par exemple, la stimulation d'idées, l'existence de récompenses et l'autonomie des groupes de travail.

A.9 Gestion de connaissances : les connaissances représentent une richesse pour l'entreprise. La tâche de mémorisation des savoir-faire et de l'expérience est donc fondamentale pour ne pas refaire plus tard ce qui a déjà été fait.

A.10 **Veille technologique** : également appelée intelligence économique, les activités de veille permettent de suivre les évolutions de l'environnement afin de détecter des opportunités. La veille peut être technologique, méthodologique, veille du marché, etc.

A.11 **Gestion de réseaux** : la direction doit gérer le travail en partenariat avec d'autres entreprises, des centres de recherche, des universités, etc. Le fonctionnement en réseaux permet l'acquisition de ressources, la collaboration pour un projet donné et le partage de leurs risques.

A.12 **Apprentissage collectif** : l'accroissement des compétences individuelles doit être capitalisé en un apprentissage collectif.

A.13 **Production des idées permanente** : une collecte des idées nouvelles issues du marketing ou de propositions du personnel est nécessaire pour faire émerger de futurs projets.

Ainsi, la première version de l'indice d'innovation potentielle est basée sur cet ensemble d'activités (Corona, 2005). Par la suite et afin de mieux formaliser le processus d'innovation dans une entreprise (Morel, 2007) propose un regroupement des 13 activités en 6 pratiques agrégées. Ce travail résulte d'une analyse en profondeur des pratiques qui a montré certaines redondances dans le modèle d'origine.

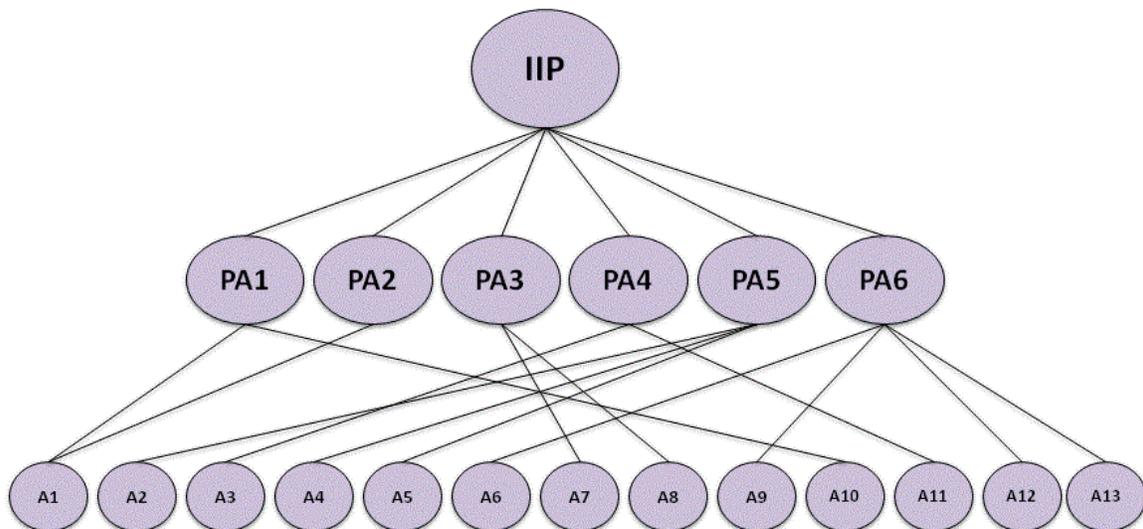


Figure 6. Recomposition de l'IIP sur la base des six pratiques agrégées (Morel, 2007).

La figure 6 montre les relations entre les 13 activités de base et les 6 grandes pratiques de la nouvelle composition de l'IIP.

- **PA1 Créativité** : il s'agit d'évaluer tout ce qui est fait pour trouver des idées : de nouveaux produits, de nouvelles techniques de production ou plus généralement de nouvelles façons de gagner de l'argent, tout ceci, pour lancer de futurs projets d'étude.
- **PA2 Conception et Développement de nouveaux produits** : il s'agit d'évaluer l'efficacité du personnel qui réalise les tâches de conception technique.
- **PA3 Gestion de Ressources Humaines** : il s'agit d'évaluer tous les aspects qui concourent à plus de compétences en innovation et au développement d'une culture interne.
- **PA4 Stratégie** : il s'agit d'évaluer la façon dont la direction définit les orientations à court et moyen termes dans les domaines clés de la technologie, la finance et le commerce.
- **PA5 Gestion de Projets** : il s'agit d'évaluer la dimension organisationnelle, le suivi de toutes les activités d'innovation et sa cohérence.
- **PA6 Gestion de Connaissances** : il s'agit d'évaluer la capitalisation de connaissances, c'est-à-dire la façon de protéger les connaissances nouvelles et de manière plus générale de les gérer.

Mais l'innovation dans les PME est un domaine toujours en développement. De cette manière, (Assielou, 2008) a poursuivi le travail sur l'IIP en identifiant deux activités supplémentaires :

A14. **Les activités de R&D** : les acteurs de l'innovation participent à des activités de R&D pour faire évoluer leurs compétences et l'usage de la technologie à l'intérieur de l'entreprise.

A15. **Relation client** : l'intégration du client à la conception conduit à des solutions plus proches des besoins et facilite la prospective sur le lancement d'une innovation.

Dans le même sens, (Boly, 2008) propose l'intégration d'une dernière activité de base :

A16. **Outils de gestion de données et de travail collaboratif** : l'utilisation de nouvelles techniques et d'outils de l'information cherchent à optimiser les processus à l'intérieur de l'entreprise. Ainsi, ces outils permettent d'enrichir le travail collaboratif car ils éliminent les frontières de communication.

Ces trois nouvelles activités sont complémentaires aux 13 proposées par (Corona, 2005). Ainsi, elles peuvent être regroupées dans les 6 pratiques agrégées présentées dans la figure 6. A ce stade des travaux, en 2008, nous disposons d'un indice d'innovation potentielle composé de 6 pratiques agrégées fondées sur la base de 16 activités favorisant l'innovation des PME.

1.2 Evaluation des pratiques

Après avoir défini la composition générale de l'IIP, la phase suivante consiste à déterminer les facteurs qui permettront d'évaluer l'ensemble des pratiques de base. Dans un premier temps, (Corona, 2005) a identifié un total de 130 facteurs pour la première version de l'IIP qui vont être évalués sur la base de la présence ou non de phénomènes observables afin d'évaluer le degré de maîtrise ou non d'une pratique. Puis, dans un second temps, (Assielou, 2008) a identifié 196 facteurs pour l'ensemble des 15 activités. Les facteurs ont été définis comme des phénomènes observables. Il s'agit d'actions qui peuvent faire l'objet d'un constat. L'observateur peut relever des preuves tangibles de l'existence ou non de ce facteur dans l'entreprise. Par exemple, l'existence de réunions entre le chef de projet et le top management est attestée par des comptes rendus. La phase de collecte nécessitera, notons le, des interviews mais aussi la collecte de documents. L'intérêt de cette approche est de rendre l'évaluation indépendante de l'observateur, et donc, de l'évaluateur. Une question dichotomique est alors posée, concernant la présence ou non de chaque phénomène observable au sein de l'entreprise, comme suit :

Existe-t-il un document officiel déclarant que l'innovation fait partie de la planification stratégique de l'entreprise voulue au plus haut niveau de l'entreprise ?

Oui () Non ()

Il en résulte que, dans la première version de l'IIP, le support d'audit était basé sur 130 questions et que, dans la version suivante, on est passé à un questionnaire de 196 questions. Ce type d'évaluation présente des inconvénients, comme d'une part, la grande quantité de questions qui rend le questionnaire trop long, et d'autre part, les questions dichotomiques qui ne permettent pas d'évaluer l'efficacité du phénomène observable. Par exemple, si le phénomène évalué est l'existence d'une base de données des projets, on ne mesure pas son exploitation.

Ainsi les travaux de (Gonzalez, 2009), en utilisant le regroupement en 6 pratiques agrégées des 16 activités de base, proposent un deuxième niveau d'agrégation composé par 18 phénomènes qui permettent d'évaluer les 6 pratiques agrégées. De cette manière, l'IIP prend une structure hiérarchique à deux niveaux (figure 7). Chacun des 18 phénomènes est associé à une des 6 pratiques agrégées et on va chercher à évaluer le degré de développement en matière d'innovation de l'entreprise.

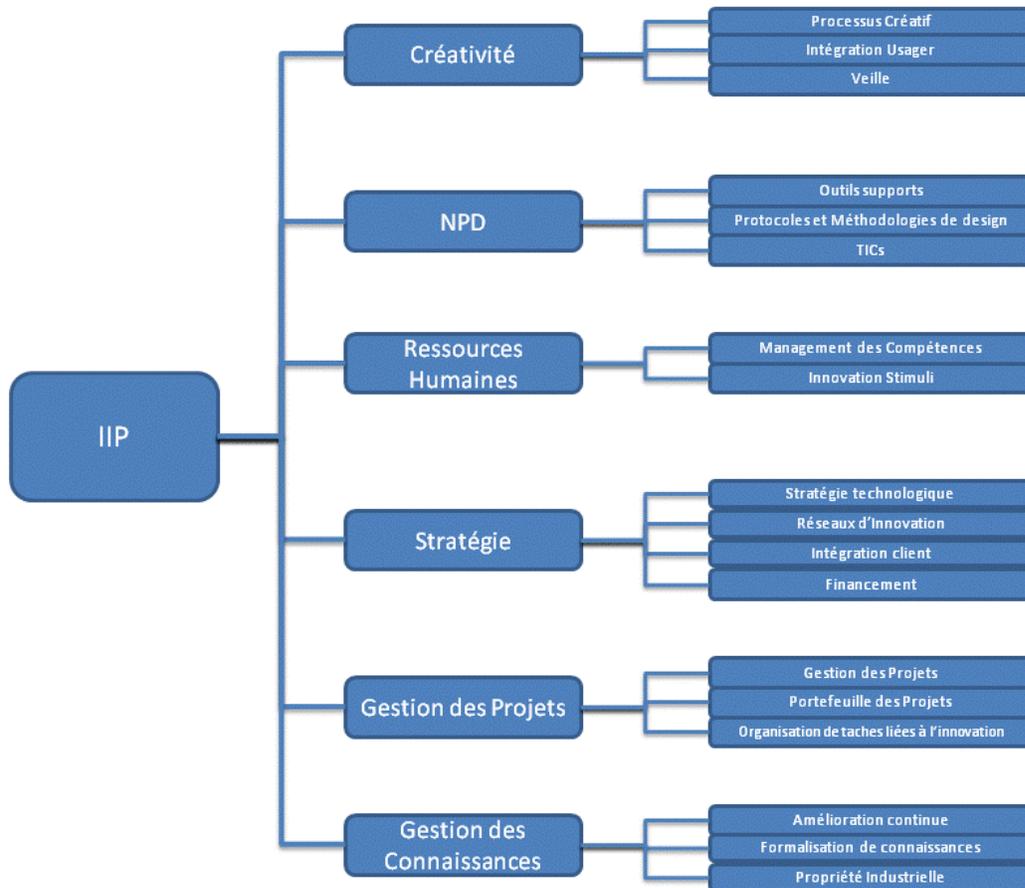


Figure 7. Représentation par niveau d'agrégation de l'IIP, (Gonzalez, 2009)

Cette structuration de l'IIP permet de considérer les 18 phénomènes comme des sous-pratiques qui décrivent les 6 pratiques agrégées (PA) suivantes.

AP1. Créativité :

- **Processus Créatif** : l'utilisation d'outils pour encourager la créativité. Il existe un nombre important d'outils permettant de générer des idées comme les séances de créativité, le brainstorming, TRIZ, etc.
- **Intégration des Usagers** : l'intégration des clients et des fournisseurs en cours de conception et la participation du personnel stimulent l'émergence d'idées, de nouveaux concepts, de nouveaux services.
- **Veille** : l'organisation, la récolte et la gestion d'informations de l'extérieur permettent de suivre les évolutions du marché ainsi que les nouveautés techniques et technologiques. Ainsi, par application à l'entreprise, les idées émergent.

AP2. Développement de nouveaux produits NPD :

- Outils de supports : l'utilisation d'outils d'aide à la conception comme la CAO, le PLM, le maquettage, etc. facilite la capitalisation de l'expérience et permet de gagner du temps sur des projets similaires.
- Protocoles et méthodologies de design : des méthodologies d'aide à la conception sont utilisables à chaque étape d'un projet d'innovation de façon à minimiser les risques. Parmi les méthodologies les plus connues, on retrouve les protocoles d'essai, l'analyse de la valeur, l'analyse fonctionnelle et l'analyse de besoins.
- Technologies de l'information (TICs) : l'utilisation d'équipement « hardware » pour rendre un projet concret le plus rapidement possible permet de mieux le comprendre et facilite son développement.

AP3. Gestion des Ressources Humaines :

- Management de compétences : la gestion des compétences et du savoir-faire de l'entreprise permet d'avoir un plan des compétences acquises et des compétences à acquérir.
- Stimuli à l'innovation : la stimulation d'idées, l'existence de récompenses, l'appui et l'autonomie des groupes d'innovation permettent d'encourager la prise de risque par les salariés.

AP4. Stratégie :

- Stratégie technologique : la définition d'une stratégie intégrée favorisant l'innovation permet de mieux orienter les processus de développement des nouveaux projets innovants.
- Réseaux d'innovation : collectivement les entreprises sont plus créatives ; donc, l'intégration aux réseaux commerciaux permet d'associer les compétences nécessaires pour le succès des projets.
- Intégration du client : l'intégration des connaissances du client et de sa perception des nouveaux produits permet de générer des concepts et des produits mieux adaptés aux besoins.
- Financement : la gestion des ressources économiques permet de limiter le risque financier et d'oser des projets plus complexes.

AP5. Gestion de Projets :

- Gestion de Projets : un projet est un ensemble d'étapes qui doivent être coordonnées afin de mener à bien le projet. De plus, les projets innovants présentent un enjeu particulier qui nécessite un compromis entre formalisation et flexibilité pour leur gestion.
- Portefeuille de Projets : la gestion d'un portefeuille de projets permet de prioriser la sortie des nouveautés, d'éviter l'engorgement des ressources et d'avoir une vision à long terme afin de maximiser la valeur totale.
- Organisation de tâches liées à l'innovation : la répartition des tâches et des responsabilités liées à l'innovation permet d'établir une dynamique collective cohérente avec les routines organisationnelles en place.

AP6. Gestion des Connaissances :

- Amélioration continue : le suivi des équipes et des projets par la direction pour faire évoluer les pratiques ou les processus permet de gagner en performance.
- Formalisation de connaissances : les nouvelles connaissances acquises par l'entreprise représentent une richesse importante à capitaliser.
- Propriété Industrielle : la formalisation et la protection des connaissances générées à l'intérieur de l'entreprise.

Ainsi, un récapitulatif des deux premières étapes de l'approche proposée par l'ERPI montre deux dimensions (figure 8) : la première montre l'identification des 6 pratiques agrégées qui déterminent la capacité à innover d'une PME. La deuxième dimension montre la définition des phénomènes mesurables associés à ces pratiques qui permettent de les évaluer.

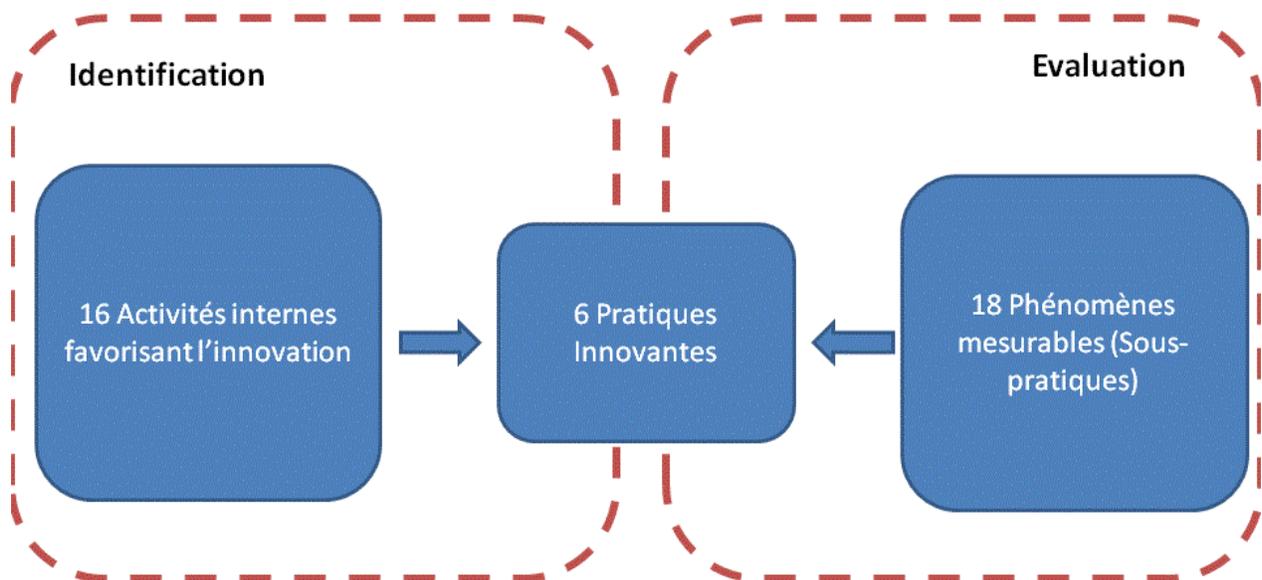


Figure 8. Les deux dimensions pour la création de l'IIP.

1.3 Référentiel d'évaluation

La création d'un référentiel répond à la nécessité d'intégrer l'évaluation de toutes les pratiques dans un indicateur unique qui permet de mesurer globalement la capacité à innover de l'entreprise. (Corona, 2005) a choisi d'utiliser comme méthodes multicritères de regroupement la moyenne pondérée, ELECTRE I et AHP afin de comparer l'influence de la méthode sur le résultat. Pour chaque méthode, il a obtenu un classement des entreprises évaluées (20), selon quatre catégories définies par (Godet, 1997) : Proactive, Préactive, Réactive et Passive. Chacune de ces catégories représente un rôle et une attitude des entreprises pour faire face à leur environnement:

- **Proactive** : ce sont les entreprises les plus dynamiques et offensives. Elles mettent en place des opérations visant à provoquer les changements sur leur marché. Elles ont une vision à long terme, en adoptant une stratégie volontariste et une attitude anticipative. Elles gèrent un réseau d'acteurs spécialistes de l'innovation. Une part substantielle du chiffre d'affaires est réalisée avec des nouveaux produits. Elles ont une très forte capacité à innover car leur pilotage est un métier de base dans l'entreprise.
- **Préactive** : ce sont les entreprises qui ne provoquent pas les changements mais les anticipent par le développement d'un système de veille élaboré. Elles ont une vision à moyen terme et adoptent une attitude offensive. Elles ont un personnel et une organisation prévue pour concevoir des produits/services/procédés.
- **Réactive** : ce sont les entreprises qui attendent les changements pour réagir. Elles subissent les évolutions extérieures et elles n'anticipent pas les changements. Elles ont une vision à court terme et donc une stratégie défensive d'adaptation à l'environnement. Elles lancent des activités adaptées au nouvel environnement et elles savent organiser le personnel pour mettre au point des nouveautés (produits/services/...). Elles ne sont jamais les premières sur le marché.
- **Passive** : ce sont les entreprises qui sont en situation de survie dans leur environnement. Elles n'anticipent pas les changements et elles ne sont pas capables de réagir de façon adéquate. Elles ont une stratégie floue ou n'intégrant pas l'innovation et développent, de fait, une attitude défensive. Elles subissent les changements de leur environnement. Elles ont une très faible capacité à innover et elles sont surtout dans l'adaptation.

Dans la même ligne, (Tidd et al., 2005) réalisent une étude qui conforte ces quatre catégories. Ils considèrent 4 groupes pour classer les entreprises par rapport à leur performance d'innovation. Le premier groupe : les « ignorantes/passives » sont les entreprises qui n'utilisent pas l'innovation comme un outil de survie. Elles ne sont pas capables de réagir aux changements de leur environnement. Le deuxième groupe : les « réactives » sont les entreprises qui ont pris en compte l'importance de l'innovation mais qui ne savent pas comme la développer. Le troisième groupe : les « stratégiques » sont les entreprises qui ont un niveau très élevé de développement de l'innovation mais qui ne sont pas capables d'introduire des innovations radicales sur le marché. Le dernier groupe : les « créatives » sont les entreprises qui ont un niveau d'absorption important de connaissances et compétences et qui sont capables d'exploiter tout leur potentiel. Ainsi, les groupes définis par (Tidd et al., 2005) maintiennent les caractéristiques principales des catégories définies par (Godet, 1997) et confirment leur pertinence lorsqu'on parle d'innovation.

Ces catégories permettent de classer les entreprises selon leur capacité à innover. Ainsi, dans ses travaux, Corona (2005) définit des valeurs maximales et minimales pour appartenir aux catégories : proactive 0,734-0,601, préactive 0,535-0,411, réactive 0,383-0,346 et passive 0,285-0,101. Ces valeurs de l'IIP ont été assignées selon les résultats obtenus sur l'échantillon de 20 PME. (Assielou, 2008) a répété la procédure mais en utilisant la version du modèle en 15 pratiques. Enfin (Rejeb et al., 2008) proposent différentes méthodes de classement (ranking) telles que la moyenne pondérée et Electre qui permettent de construire une liste ordonnée des

entreprises évaluées. Ces travaux fournissent des résultats intéressants. Par exemple, ils permettent de :

- mesurer la capacité à innover globale d'une PME,
- effectuer un « ranking » des entreprises par secteur d'activité ou secteur géographique,
- réaliser des comparaisons entre les entreprises (« benchmarking »),
- analyser la performance de l'entreprise par pratique,
- identifier les points forts et les points faibles d'une entreprise par rapport à l'innovation,
- définir une stratégie d'amélioration de la capacité à innover.

Le fait de définir des catégories prédéfinies nous amène à une problématique de « sorting » dans laquelle une catégorie correspond à une typologie d'entreprise bien définie. Il s'agit alors de déterminer le profil dominant de l'entreprise même si elle présente les « traits » d'un autre profil.

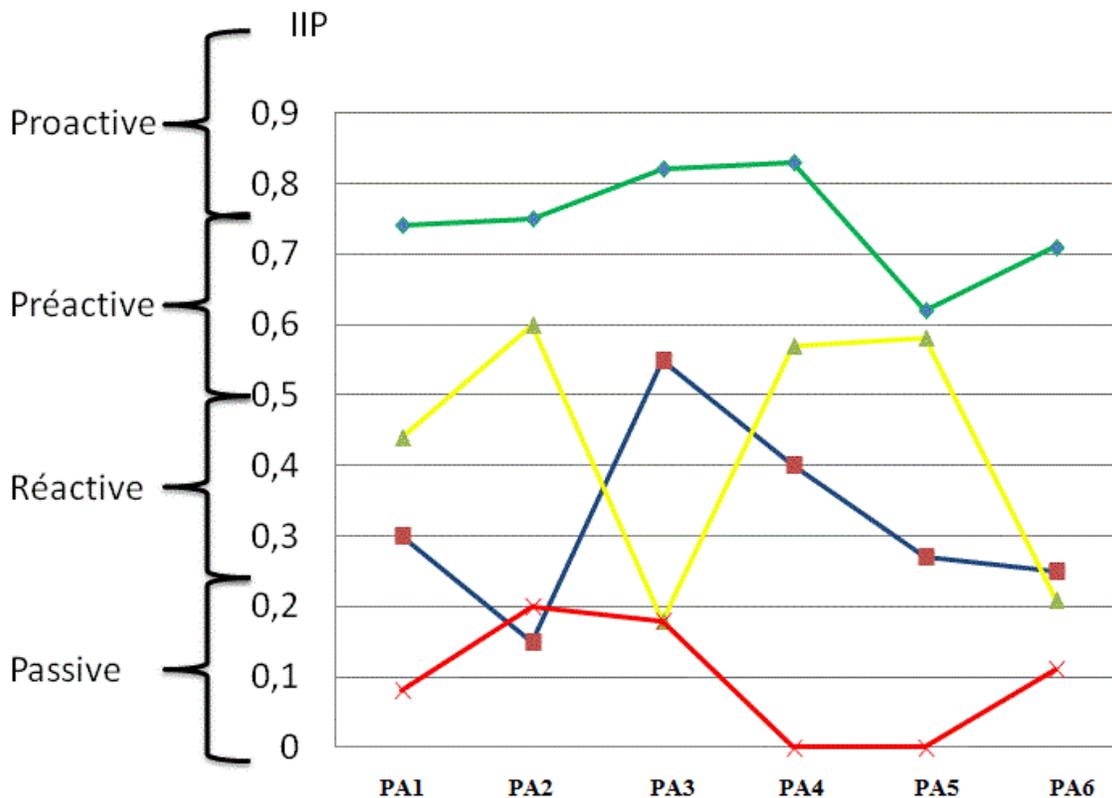


Figure 9. Représentation graphique d'un problème d'incomparabilité. (Camargo, 2012)

Par exemple, dans la situation représentée par la figure 9, le classement de l'entreprise en rouge ne présente pas de problème car elle est clairement la moins bien classée. De la même façon, l'entreprise en vert ne pose pas de problème car elle est nettement la meilleure. Par contre, pour les deux autres entreprises, le classement n'est pas évident. Ce type de problématique est connu comme un problème d'incomparabilité (Nemery et al., 2009). Dans ce cas, si nous utilisons la moyenne pondérée, par exemple, nous trouverons la même valeur d'indice pour les deux

entreprises bleue et jaune. Ainsi, deux entreprises avec deux profils totalement différents seront considérées comme étant égales.

Deuxièmement, les entreprises sont affectées exclusivement à une catégorie selon la valeur absolue de l'IIP, sans prendre en compte le profil de l'entreprise (les scores par pratique). Par exemple, dans la figure 9, si l'entreprise en jaune obtient un IIP de 0.35 et l'entreprise en bleu obtient un IIP de 0.36, selon les catégories proposées, elles seront classées « entreprises réactives », mais leurs profils sont complètement différents, ce qui interpellent sur la pertinence du résultat.

Afin de résoudre ces limites, la méthode multicritère de calcul de l'IIP et de classement des entreprises a évolué.

Cette nouvelle méthodologie de calcul de l'IIP a été développée en parallèle à l'évolution de la méthode d'évaluation par grilles de maturité expliquée précédemment. Ainsi, ces deux méthodologies constituent la dernière version de l'indice d'innovation potentielle. La méthodologie de calcul multicritère s'appelle Flow Sort et elle a été développée par (Nemery et Lamboray, 2008). Elle se base sur la méthode de classement Prométhée qui travaille les comparaisons par paires de toutes les actions à classer. Le calcul de Flow Sort se présente comme suit :

Soit $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$: un ensemble de n actions à ordonner, dans notre cas un ensemble d'entreprises.

$G_j = (g_1, g_2, g_3, \dots, g_q)$: un ensemble d'évaluations sur q critères à maximiser, dans notre cas les six grandes pratiques de l'innovation, donc $q=6$

$C = (C_1, C_2, \dots, C_k)$: un ensemble de catégories auxquelles les actions doivent être allouées, dans notre cas Proactive, Préactive, Réactive et Passive, donc $k=4$.

Ces catégories sont délimitées par deux frontières prédéfinies et les frontières sont définies par critère d'évaluation.

Pratique / Catégorie	Passive	Réactive	Préactive	Proactive
I. Créativité	$[0 - a_1[$	$[a_2 - a_3[$	$[a_3 - a_4[$	$[a_4 - 1]$
II. Conception et NPD	$[0 - b_2[$	$[b_2 - b_3[$	$[b_3 - b_4[$	$[b_4 - 1]$
III. Gestion des RH	$[0 - c_2[$	$[c_2 - c_3[$	$[c_3 - c_4[$	$[c_4 - 1]$
IV. Stratégie	$[0 - d_2[$	$[d_2 - d_3[$	$[d_3 - d_4[$	$[d_4 - 1]$
V. Gestion des projets	$[0 - e_2[$	$[e_2 - e_3[$	$[e_3 - e_4[$	$[e_4 - 1]$
VI. Gestion de connaissances	$[0 - f_2[$	$[f_2 - f_3[$	$[f_3 - f_4[$	$[f_4 - 1]$

Tableau 1. Distribution des intervalles pour chaque catégorie.

Les catégories suivent un ordre descendant, c'est-à-dire: $C_1 > C_2 > \dots > C_h > C_i > \dots > C_k$, où $C_h > C_k$, avec $h < i$, ce qui dénote que C_h est évaluée comme étant meilleure que C_i . Dans notre cas, l'ordre est Proactive > Préactive > Réactive > Passive.

De plus, $R = (r_1, \dots, r_{k+1})$ représente l'ensemble des profils limites. Ces profils représentent les frontières de chaque classe. C'est pourquoi, nous avons $k+1$ profils. Dans notre cas, nous avons 4 catégories ; il existe donc 5 profils limites.

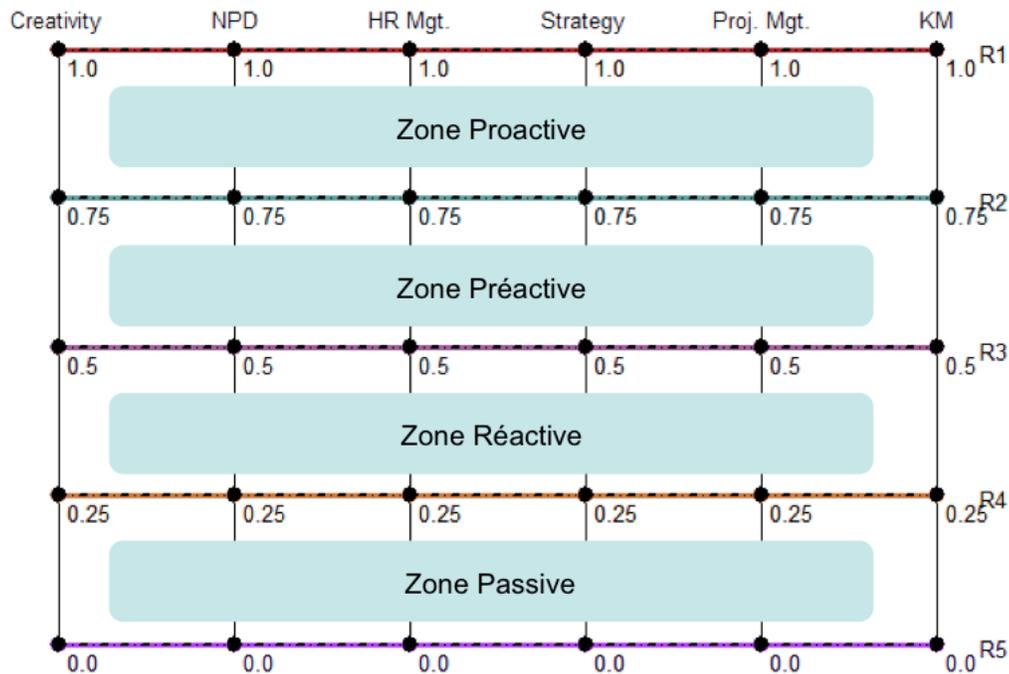


Figure 10. Profils limites déterminants de chaque catégorie

Enfin, l'intérêt d'utiliser la méthode Flow Sort réside dans le fait qu'elle permet la comparaison par paire, puisque comme nous l'avons déjà souligné, elle est basée sur la méthode Prométhée.

Cette propriété nous permet de classer les entreprises en prenant en compte la catégorie qui représente mieux leur profil, en complément de la valeur de l'IIP. A titre d'exemple, dans la figure 11, l'entreprise E3 a été classée comme étant *Passive* (couleur violette) compte tenu de son profil et de sa proximité avec la limite de référence R4. Par contre, si nous considérons seulement la valeur de l'IIP, elle se trouve dans la catégorie réactive qui est moins représentative de son profil.

Ceci montre l'intérêt de coupler les deux analyses pour classer au plus juste les entreprises testées.

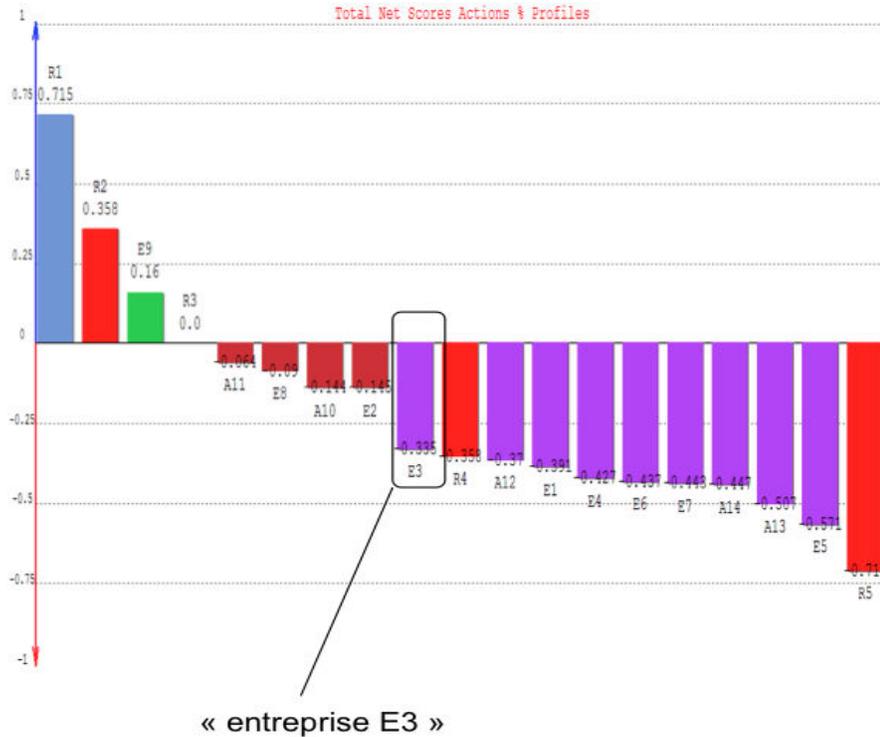


Figure 11. Exemple de classement d'une entreprise réactive avec un profil passif (E3) (Camargo, 2012)

Cette dernière version de l'IIP basée sur la méthode Flow Sort a été testée et appliquée dans différents contextes. Ainsi, (Sepulveda et al., 2010) ont évalué la capacité à innover de PME au Chili et (Rodriguez, 2014) l'a appliquée sur des PME du secteur mécanique et agroalimentaire en Argentine.

Ainsi, au moment où nous débutons notre thèse, nous disposons du référentiel de mesure des 6 grandes pratiques de l'innovation utilisant des méthodes multicritères permettant de calculer l'indice d'innovation potentielle et de classer les entreprises dans 4 catégories dénotant leur dynamique d'innovation.

2. Conclusion

Ce chapitre présente le contexte dans lequel se développera notre travail. Renforcer l'innovation dans les PME est un levier important pour l'économie d'un pays et la France, aujourd'hui, se trouve désavantagée à cet égard. Cette problématique a fait l'objet de nombreuses recherches et notamment dans le laboratoire où nous effectuons notre thèse. C'est pourquoi une partie de notre travail se focalisera sur l'IIP car son évolution constante permet d'améliorer sa robustesse et sa précision comme indicateur de la capacité à innover.

L'IIP est basé sur l'identification des activités internes favorisant l'innovation grâce à une révision exhaustive de la littérature, mais son application à différents cas d'étude et des études ultérieures ont permis de définir un regroupement des activités sous la forme de pratiques

innovantes. La définition de ces pratiques permet de mieux formaliser l'IIP car elles représentent les processus d'innovation qui, selon la norme de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE (IEEE-STD-610), peuvent être définis comme un ensemble d'activités que les individus vont utiliser pour obtenir un certain niveau d'innovation (Morel, 2007). De même, l'évaluation des phénomènes observables a évolué d'une mesure sur l'existence (ou pas) du phénomène (questions dichotomiques) vers une évaluation du degré de développement de ce phénomène (questions à choix multiples). De cette manière, l'évaluation met l'accent sur l'efficacité des pratiques innovantes. Finalement, la méthode multicritère utilisée comme base du calcul de l'IIP a aussi évolué passant de méthodes de « ranking » à des méthodes de « sorting ». Les premières approches ont cherché à classer les entreprises exclusivement selon la valeur de leur IIP. Par contre, la méthode actuelle Flow Sort réalise le classement des entreprises en tenant compte de la valeur de leur IIP et de leur profil par rapport à un référentiel établi préalablement.

Enfin, l'IIP a été validé à la fois de manière théorique car sa définition se base sur une révision de la littérature et de manière expérimentale car il a été testé sur différents cas réels. Mais le domaine de l'innovation est un champ d'étude très dynamique. Les gouvernements et les entrepreneurs placent de plus en plus d'importance sur le développement de l'innovation comme le démontre l'augmentation exponentielle du nombre d'articles scientifiques chaque année. Ainsi, l'émergence de nouvelles tendances sur l'évaluation de la capacité à innover des entreprises est un phénomène constant. C'est pourquoi, il faut toujours être attentif pour situer l'IIP par rapport à ces tendances.

Dans le chapitre suivant, nous examinerons l'état actuel des recherches sur la capacité à innover et comment elles avancent vers une normalisation de l'évaluation de l'innovation.

CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Introduction

L'innovation est un domaine d'étude qui progresse très rapidement. Les recherches sur ce champ se multiplient, générant ainsi une grande quantité d'informations à ce sujet. Cette surabondance d'informations est l'une des raisons qui entravent l'obtention d'un accord sur la définition de l'innovation. Ce manque d'une définition globalement acceptée génère une difficulté pour normaliser la mesure de la capacité à innover car les études disponibles se fondent sur des concepts différents. Pour remédier à cette situation, nous réaliserons une révision de la littérature selon 4 aspects :

- Comprendre le concept d'innovation et sa relation avec les PME
- Identifier les processus liés à l'innovation
- Mesurer correctement ces processus
- Evaluer la capacité globale à innover de l'entreprise.

De cette manière, nous souhaitons montrer l'existence de certaines caractéristiques communes entre les modèles d'évaluation de la capacité à innover des entreprises en permettant d'identifier les tendances dans ce domaine.

Ainsi, dans ce chapitre, nous fournirons le cadre de référence afin de comprendre et d'évaluer l'innovation et la capacité d'innovation des petites et moyennes entreprises. En effet, rappelons que notre objectif de recherche est de générer des recommandations pour améliorer le système d'innovation d'une PME. Pour ce faire, nous devons, au préalable, définir une méthodologie de mesure de cette capacité, ainsi que les caractéristiques que doit présenter un modèle d'évaluation.

1. Innovation et performances industrielles des PME

1.1 L'innovation : tentative de définition d'un processus complexe

Dans un contexte industriel instable et mouvant, le rôle de l'innovation est devenu fondamental pour le succès et la pérennité des entreprises. Aujourd'hui, l'innovation est un concept quotidien pour de nombreuses entreprises, mais malgré cela, il est compliqué de trouver une définition unique puisqu'il existe divers regards sur l'innovation. Par exemple, la commission de normalisation « Management de l'Innovation » de l'AFNOR la définit comme un « processus qui conduit à la mise en œuvre d'un ou de plusieurs produit, service, procédé, forme d'organisation, modèle d'affaire, nouveaux ou améliorés, susceptibles de répondre à des attentes implicites ou explicites et de générer une valeur économique, environnementale ou sociétale pour toutes les parties prenantes » (AFNOR, 2011).

Quant à Schumpeter qui est l'un des auteurs sur l'innovation les plus mondialement connus et reconnus, il a suggéré que les innovations résultent de l'introduction d'un nouveau bien ou service, d'une nouvelle méthode de production, de l'ouverture d'un nouveau marché, de la génération d'une nouvelle source de matières premières ou de la mise en œuvre d'une nouvelle organisation (Schumpeter, 1934). Pour l'Organisation de la Coopération et du Développement Economique (OCDE), l'innovation est « la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un

procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures » (OCDE et Eurostat, 2005). Dans cette définition, l'OCDE considère implicitement 4 types d'innovation :

- **Une innovation de produit** : l'introduction d'un nouveau bien ou service. Ce type d'innovation concerne également les produits qui changent de caractéristiques techniques (des composants, des matières, du logiciel intégré,...) ou de mode d'utilisation.
- **Une innovation de procédé** : le développement ou l'amélioration d'une méthode de production (la mise en œuvre de nouvelles machines, l'utilisation de logiciels plus perfectionnés, ...) ou de distribution (des changements dans la chaîne logistique de l'entreprise).
- **Une innovation de commercialisation** : la mise en œuvre d'une nouvelle méthode dans le but d'ouvrir de nouveaux marchés ou de mieux positionner l'entreprise par rapport à ses concurrents.
- **Une innovation d'organisation** : la mise en œuvre d'une nouvelle méthode qui a pour but d'optimiser les pratiques et les procédures quotidiennes de l'entreprise. Ce type d'innovation est le résultat de décisions stratégiques.

Les types d'innovation définis par l'OCDE sont pratiquement les mêmes que Schumpeter, mais l'OCDE introduit dans sa définition le concept de degré d'innovation, montrant ainsi qu'un changement même superficiel au niveau des produits de l'entreprise est également une innovation. Ainsi, certains auteurs ont explicité cette notion de l'intensité d'innovation ou de degré d'innovation tels que (Grundström et al., 2012; Kessler et Chakrabarti, 1999; Song et Montoya-Weiss, 1998). (Garcia et Calantone, 2002) ont étudié différentes façons de catégoriser l'intensité d'innovation, parmi lesquelles on retrouve le plus fréquemment les fameuses comparaisons suivantes : Radicale-Incrémentale, Continue-Discontinue, Révolutionnaire-Evolutionnaire et Faible-Modérée-Haute. Cependant, il faut noter que ces catégories portent sur des objets différents : la première concerne un produit ou un procédé, alors que la seconde s'applique au processus c'est-à-dire aux tâches qui mènent au nouveau produit. Ainsi, on peut affirmer que les critères d'évaluation, voire l'ensemble de la métrologie appliquée aux processus d'innovation, est dépendante de l'objet d'analyse.

De plus, sur la base d'une analyse bibliométrique, (Fagerberg et Verspagen, 2009) montrent que les articles avec le mot « Innovation » dans leur titre ont augmenté de 400% entre les années 1960 et 2005 (figure 12).

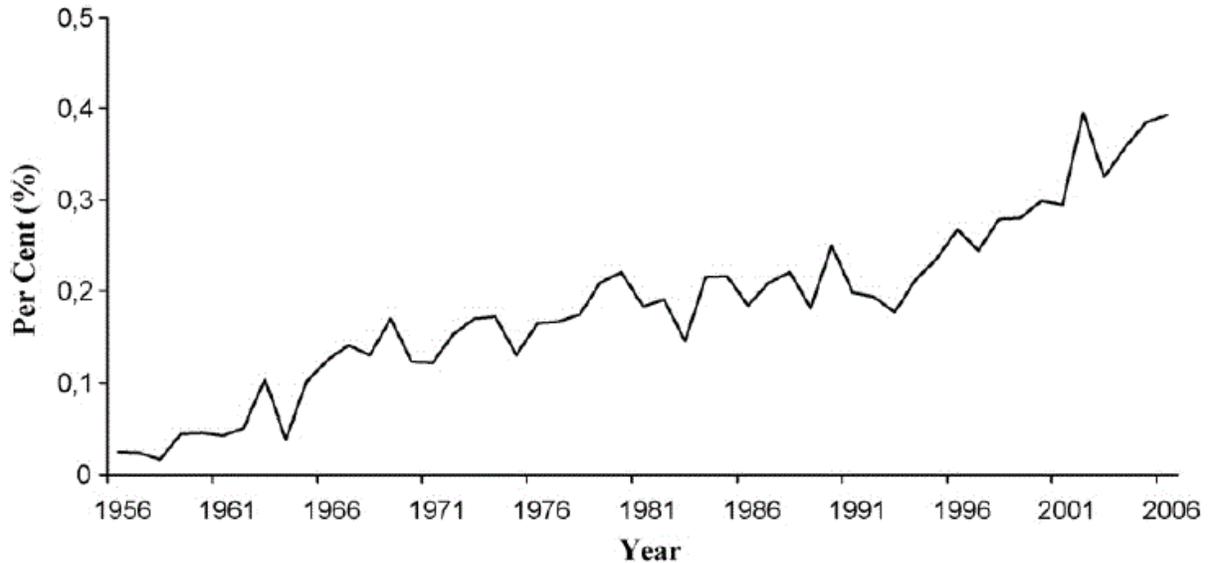


Figure 12. Pourcentage d'articles publiés dans le « social science » avec le mot innovation dans leur titre entre 1956 et 2006. (Fagerberg et Verspagen, 2009)

Parmi les nombreuses définitions de l'innovation et malgré l'accroissement des travaux de recherche scientifique liés à cette thématique, obtenir un consensus sur la définition d'innovation semble quasi impossible à réaliser. Néanmoins, pour notre travail, nous retiendrons la définition de (Rejeb et al., 2011). En effet, ils la définissent comme le processus d'introduction d'une nouveauté dans un système, permettant ainsi de considérer les changements sur les produits, les procédés, les marchés, les organisations et en plus, de prendre en compte une intensité d'innovation variable.

L'absence d'une définition unique d'innovation démontre la complexité de cette notion. En ce sens, (Therrien et al., 2011) définissent l'innovation comme un processus complexe. Pour (Boly, 2004), la complexité de l'innovation est en grande partie due à ses caractéristiques d'incertitude et de variabilité. C'est pourquoi, (Edison et al., 2013) concluent que la complexité de la mesure de l'innovation est due aux nombreuses façons qui existent pour la définir. En effet, l'innovation est présente à plusieurs niveaux dans les entreprises. Nous pouvons aussi bien trouver des processus d'innovation sur les activités de conception et la ligne de production que sur le réseau de distribution et les activités de service après-vente. Dans un tel contexte, (Boly et Morel-Guimaraes, 2006) proposent de décrire les processus d'innovation selon 5 niveaux (figure 13).

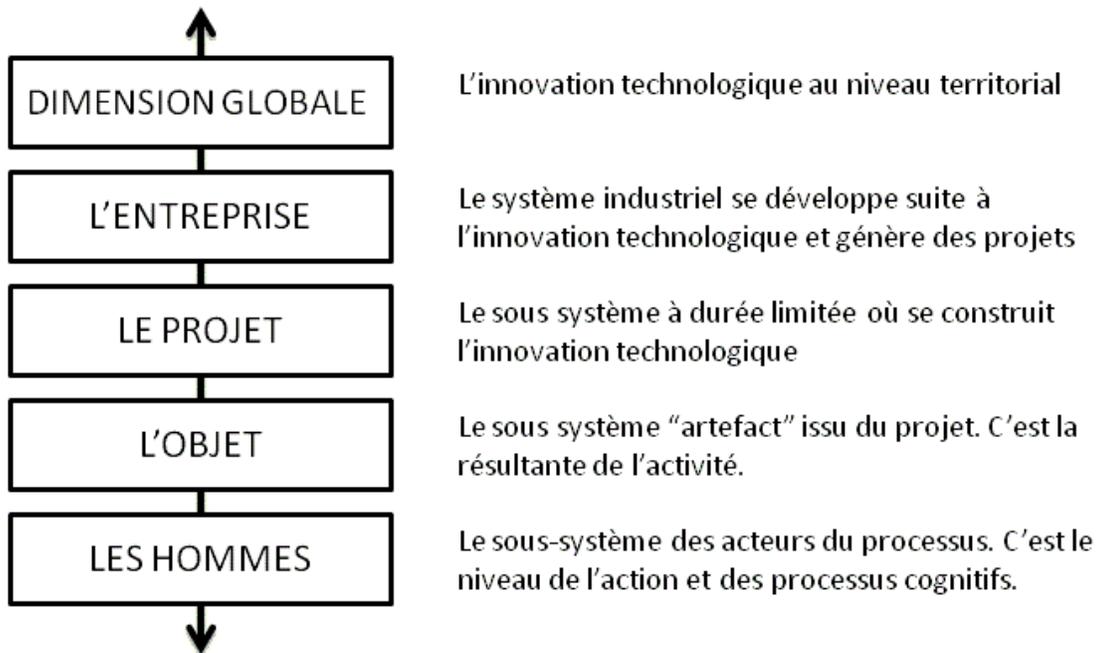


Figure 13. Processus d'innovation en 5 niveaux (Boly et Morel-Guimaraes, 2006)

- **Dimension globale** : c'est le niveau externe de l'entreprise. Le processus d'innovation évolue dans un environnement particulier qui doit être pris en compte à tout moment du développement du projet innovant.
- **L'entreprise** : c'est le processus global d'innovation dans l'entreprise. Pour une entreprise qui veut être dans les plus innovantes, ce processus doit être permanent. Ce niveau comporte toutes les activités de gestion qui permettent de définir le potentiel d'innovation de l'entreprise. Le système industriel a pour objectif de lancer régulièrement des projets.
- **Le projet** : c'est le niveau managérial pour la construction de l'objet. La gestion d'un projet doit prendre en compte des aspects comme la planification, l'organisation, le contrôle et le suivi permanent de toutes les activités liées au projet (Papke-Shields et al., 2010; Project Management Institute, 2008). Ainsi, le management de projets comporte des pratiques techniques et des pratiques en matière de personnel (Loo, 2002).
- **L'objet** : c'est la résultante des processus cognitifs du niveau précédent. Dans ce niveau, nous pouvons trouver les différents types d'innovation : les nouveaux produits ou services, la mise en œuvre de nouvelles méthodes de distribution, etc.
- **Les hommes** : c'est le niveau des représentations des individus, c'est-à-dire, les processus cognitifs et d'apprentissage individuels ou collectifs. Chaque innovation repose sur un raisonnement original ou une représentation mentale nouvelle du sujet traité. Le point de départ de l'innovation est aussi l'acquisition, l'adoption ou l'évolution des connaissances. La création d'objets nécessite de développer des connaissances.

Notre recherche porte sur l'entreprise (niveau 2), et plus précisément sur la catégorie des petites et moyennes entreprises (PME) que nous définissons dans la suite.

1.2 La PME : Définitions communément admises

Les petites et moyennes entreprises représentent une grande force économique et d'emploi. Par exemple, dans les pays appartenant à l'Union Européenne, il existe 23 millions de PME (99% du total des entreprises) qui génèrent 75 millions d'emplois. Mais quelles sont les caractéristiques qui font qu'une entreprise peut être considérée comme appartenant à ce groupe ? Classiquement, on retrouve différents facteurs tels que la taille, le chiffre d'affaires, l'ancienneté, la structure, l'organisation, etc. (Rahman, 2001), mais la définition varie en fonction du pays et du contexte dans lequel l'entreprise se développe (Zeinalnezhad et al., 2011). C'est pourquoi, nous devons trouver une définition valide et admise pour les entreprises françaises car elles sont l'objet de notre recherche. En 2005, la commission européenne a présenté une définition des PME qui est visiblement acceptée en France. Cette définition est basée sur trois aspects :

- La qualité de l'entreprise : toute PME doit d'abord être considérée comme une entreprise. Fondée sur la terminologie de la Cour européenne de justice, la Commission Européenne définit une entreprise comme « toute entité, indépendamment de sa forme juridique, exerçant une activité économique » (Communautés européennes, 2006).
- La délimitation des catégories : après avoir obtenu le statut d'entreprise, il est possible de délimiter des groupes selon différents critères de classement. Afin d'identifier les entreprises classées comme PME, mais également de pouvoir les diviser en sous-catégories les facteurs à considérer sont : les effectifs, le chiffre d'affaires annuel et le bilan annuel. Le chiffre d'affaires et le bilan financier sont des critères complémentaires : l'entreprise doit respecter l'un ou l'autre. Ainsi, une entreprise qui a moins de 250 employés et qui ne dépasse pas les 50 millions d'euros de chiffre d'affaires par an ou qui n'excède pas les 43 millions d'euros de bilan annuel sera considérée comme une PME. Ainsi, dans le groupe des PME, il est possible d'identifier 3 sous-catégories : les micro-entreprises, les petites et les moyennes entreprises. Le tableau suivant montre les limites par critère de chaque sous-catégorie.

Catégorie d'entreprise	Nombre d'effectifs	Chiffre d'affaires annuel	Total du bilan annuel
Moyenne	< 250	< 50 millions d'euros	< 43 millions d'euros
Petite	< 50	< 10 millions d'euros	< 10 millions d'euros
Micro	< 10	< 2 millions d'euros	< 2 millions d'euros

Tableau 2. Seuils des 3 sous-catégories de PME. (Commission européenne, 2005)

- L'autonomie : dans ce critère, l'entreprise peut appartenir à 3 catégories : autonome, partenaire ou liée. Une entreprise est dite autonome si elle est totalement indépendante ou si elle détient une participation inférieure à 25 % du capital ou des droits de vote d'une autre organisation. Une entreprise est dite partenaire si elle détient une participation entre 25% et 50% du capital ou des droits de vote d'une autre organisation (ou vice-versa). Finalement, une entreprise est dite liée si elle détient une participation majoritaire (plus de 50%). L'autonomie de l'entreprise est importante pour comptabiliser les trois critères qui délimitent les PME. Par exemple, si une entreprise a une participation de 35% du capital d'une autre entreprise, elle est considérée comme partenaire, mais pour comptabiliser le

nombre de ses employés, il faut faire la somme entre ses employés et les 35% d'employés de l'entreprise associée.

Ainsi, dans notre recherche, une entreprise sera considérée comme une PME si c'est une entité qui exerce une activité économique, qui compte un effectif inférieur à 250 et que son chiffre d'affaires annuel ne dépasse pas les 50 millions d'euros ou que son bilan annuel est inférieur à 43 millions. Ces trois derniers critères doivent être évalués en tenant compte du degré d'autonomie de l'entreprise.

1.3 Influence de l'innovation sur la performance industrielle des PME

Pourquoi innover ? Comment innover ? Autant de questions logiques qui demandent des réponses pour les PME. Dans un premier temps, l'innovation a été considérée comme un synonyme de succès pour les entreprises, mais aussi comme un privilège réservé à quelques-uns. Mais le monde industriel actuel exige que les entreprises considèrent l'innovation comme une pratique quotidienne. Les progrès technologiques et la mondialisation des marchés, entre autres facteurs, ont réduit le cycle de vie des produits en demandant aux entreprises de réagir de manière plus rapide et de renouveler constamment leur gamme de produits. Les consommateurs sont de plus en plus exigeants et réclament des produits de première qualité à un moindre coût. Les PME se trouvent ainsi face à une concurrence agressive qui cherche à répondre à tout prix aux besoins des consommateurs. En outre, des nouveaux facteurs émergents doivent être aussi considérés. Par exemple, en raison des changements climatiques, des contraintes de type environnemental et de durabilité sont imposées. Ainsi, les entreprises doivent intégrer l'innovation dans leur stratégie pour augmenter les probabilités de survie et de développement dans ce contexte incertain. En conséquence, l'innovation est devenue un facteur clé de succès à tous les niveaux de l'entreprise.

C'est pourquoi, divers auteurs cherchent à déterminer la relation existant entre les facteurs visant à développer la capacité d'innovation et les améliorations sur la performance globale de l'entreprise (Hausman, 2005; Hult et al., 2004; Santos et al., 2014).

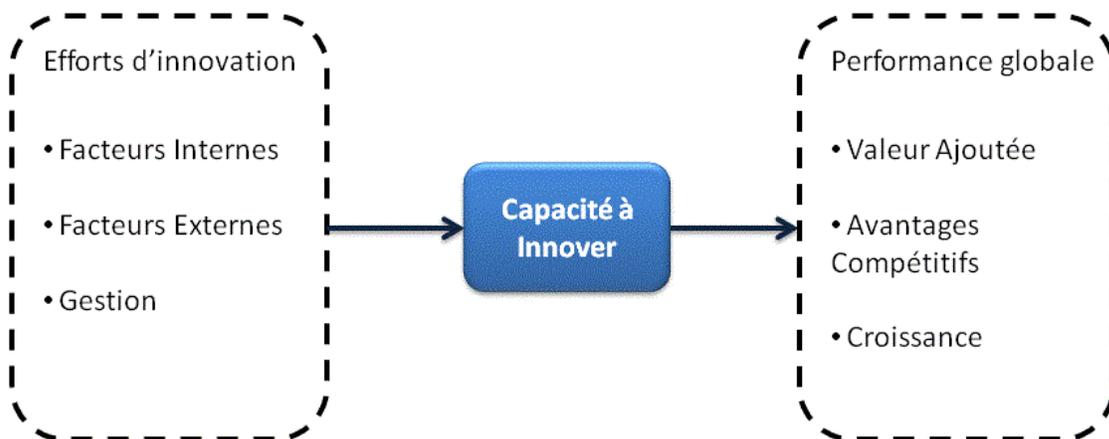


Figure 14. Relation entre les efforts d'innovation, la capacité à innover et la performance globale des PME, source : notre recherche

La figure 14 montre les deux interactions les plus récurrentes dans ce type de recherches :

- Les efforts d'innovation déterminent la capacité à innover d'une entreprise : l'objectif est d'identifier les facteurs qui ont une influence positive sur la capacité d'innovation globale des entreprises. (Keizer et al., 2002) proposent une étude destinée à définir les variables qui ont un impact sur l'effort global d'innovation dans les PME néerlandaises. Cette étude se fonde sur une analyse statistique qui prend comme variable dépendante l'effort d'innovation (capacité à innover) et comme variables explicatives deux types de facteurs : 6 facteurs externes et 8 facteurs internes. L'étude a été appliquée à 151 entreprises appartenant au secteur manufacturier et qui comptent entre 25 et 250 employés. Les principaux résultats indiquent que les facteurs les plus représentatifs sont les subventions à l'innovation et les liens avec les centres de recherche comme variables externes, et l'investissement dans la recherche et le développement (R&D) comme variable interne. L'étude a également montré que la collaboration avec d'autres organisations, l'éducation du manager et la période d'amortissement (« payback »), sont des variables qui jouent un rôle important mais qui sont moins significatives.
- La capacité à innover a un impact sur la performance globale de l'entreprise : l'objectif est de valoriser la répercussion de l'innovation sur la performance des PME. Ainsi, divers auteurs cherchent à déterminer l'impact de l'innovation sur les entreprises (Rosenbusch et al., 2011). Certains mettent en avant la relation entre la croissance de l'entreprise et l'innovation (Love et al., 2011) et d'autres s'attachent à l'obtention de valeur ajoutée grâce à l'innovation (Toldrá et al., 2012). (Atalay et al., 2013) proposent 4 hypothèses pour clarifier l'impact des différents types d'innovation sur la performance de l'entreprise :
 - H1 : l'innovation de produits a un impact positif sur la performance de l'entreprise.
 - H2 : l'innovation de procédés a un impact positif sur la performance de l'entreprise.
 - H3 : l'innovation organisationnelle a un impact positif sur la performance de l'entreprise.
 - H4 : l'innovation de commercialisation a un impact positif sur la performance de l'entreprise.

Pour cette étude, la performance est définie par 6 facteurs, parmi lesquels la satisfaction du client et la marge bénéficiaire. Les résultats révèlent que les hypothèses H1 et H2 sont acceptées et que les hypothèses H3 et H4 sont rejetées, c'est-à-dire que les innovations de produits et de procédés ont un impact positif sur la performance globale de l'entreprise, mais pas les deux autres.

(Rhee et al., 2010) ont fait une revue de la littérature des relations existant entre les efforts d'innovation (orientation vers le marché, orientation entrepreneuriale et orientation vers l'apprentissage) et la capacité d'innovation, ainsi que la relation entre la capacité d'innovation et la performance de l'entreprise. Ils ont testé toutes ces relations sur un panel de 333 petites entreprises en Corée du Sud et ont montré qu'une influence positive existe entre toutes les variables. Ainsi, ils constatent l'impact positif de l'innovation sur la performance de l'entreprise. La performance a été mesurée par rapport à 3 indicateurs : l'accroissement de la participation au marché, l'augmentation du taux de croissance et l'amélioration de la rentabilité. D'autre part, cette

étude minimise l'influence des caractéristiques propres de l'entreprise comme l'ancienneté et la taille.

De plus, la gestion de l'innovation représente une tâche ardue, tout spécialement pour les PME. Elle touche les différents processus de l'entreprise et elle implique la participation des divers acteurs. L'un des éléments clés d'une gestion efficace est de faire travailler tous les acteurs de manière synchronisée, mais cela n'est pas le cas (ou rarement) dans les PME. Une des raisons de cette problématique est le manque de formation et de compétences adéquates en termes d'innovation. Si les acteurs ont des aptitudes et des visions divergentes à ce sujet, les objectifs de l'entreprise seront difficilement atteints. Par exemple, les entrepreneurs, les décideurs politiques (« policy makers ») et les chercheurs sont des intervenants actifs dans les processus d'innovation mais ils ont une vision complètement différente de ce concept. Si les entrepreneurs considèrent l'innovation comme un moyen de gagner de l'argent, pour les décideurs, l'innovation est un rêve mais aussi un risque, alors que pour les chercheurs, l'innovation marque un progrès majeur pour l'organisation et une conséquence de leur travail (Massa et Testa, 2008). L'absence d'une interaction coordonnée entre tous les acteurs empêche de bien maîtriser les processus d'innovation. En plus, il existe une série d'entraves financières et internes qui fait obstacle à une gestion fluide telle que l'absence de sources de financement adéquates, le manque d'informations sur le marché, etc. (Radas et Božić, 2009).

Tous ces motifs expliquent pourquoi le taux de succès du processus d'innovation reste très faible (14%) (Cormican et O'Sullivan, 2004), et que la satisfaction des entrepreneurs quant au rendement de l'investissement dans l'innovation diminue (figure 15) (James P. et al., 2008).

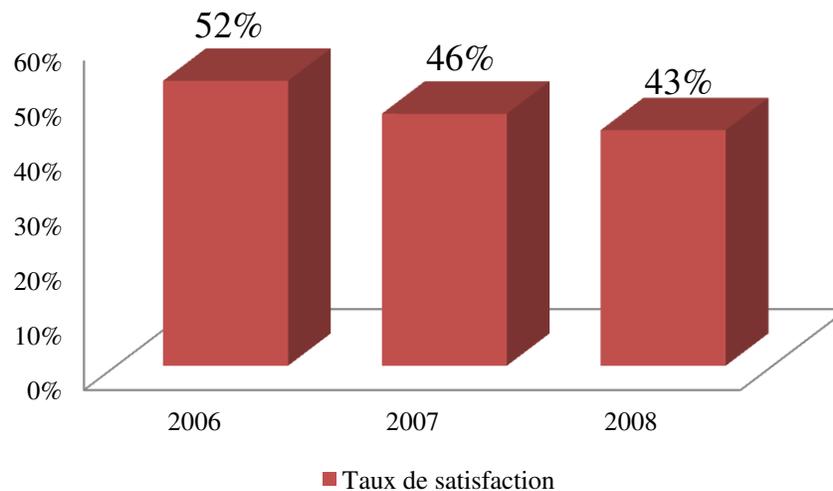


Figure 15. Niveau de satisfaction des entrepreneurs par rapport à leur retour sur investissement dans l'innovation. (James P. et al., 2008)

Sur la base de ces considérations, nous pouvons déduire que les maigres performances en matière d'innovation des PME ne sont pas dues à un investissement insuffisant ou à un manque d'intérêt de la part des entrepreneurs. Pour eux, il est clair que l'innovation représente un facteur clé de succès sur le marché. Mais les problèmes sont dus à une incapacité et à une méconnaissance des

manières d'évaluer et d'améliorer leur performance d'innovation. Une étude appliquée à 332 entreprises du monde entier montre que 74% préféreraient avoir une méthode plus rigoureuse pour mesurer l'innovation. De plus, seulement 35% sont satisfaits de leur façon de mesurer cette caractéristique (James P. et al., 2008). En conséquence, on doit mettre l'accent sur la mesure de la capacité à innover et les métriques de l'innovation associées.

2. Métriques de l'innovation.

(Spitzer, 2007) affirme que l'on peut tout mesurer dans une organisation, l'important étant de trouver la méthode, l'outil ou la métrique la plus appropriée. De plus, mesurer les processus dans les entreprises donne l'opportunité de réaliser l'effet de levier pour obtenir des avantages compétitifs sur le marché. Une entreprise est composée, en grande partie, par des biens intangibles qui sont plus difficilement mesurables. Ainsi, les métriques choisies doivent apporter une information pratique et ne pas livrer de chiffres ou de valeurs compréhensibles seulement par des experts (Spitzer, 2007).

2.1 Définition de la capacité à innover

Tenant compte des cinq niveaux précédemment présentés (figure 13), on constate que l'entreprise adopte des pratiques et des modes de fonctionnement spécifiques à chaque niveau. Le chercheur en innovation peut d'ailleurs chercher à décrire les tâches, les méthodes, les outils caractérisant d'une part une entreprise et d'autre part un des niveaux. Même si ces niveaux sont liés, on peut isoler un fonctionnement propre à chaque niveau. Ainsi, la capacité à effectuer des tâches et la maîtrise des méthodologies et outils caractéristiques du niveau quatre « entreprise » peuvent être considérées comme une capacité à innover. Par voie de conséquence, toute forme d'évaluation de ces aptitudes à réaliser des tâches et à mobiliser des méthodes et outils peut être assimilée à une métrique de l'innovation.

On peut aussi rapprocher le concept de « capacité à innover » de celui de la capacité d'absorption (« absorptive capacity »). Même si ce concept reste flou, la capacité d'absorption d'une entreprise met l'accent sur l'aptitude d'acquérir, d'assimiler, de transformer et d'exploiter des nouvelles connaissances ou informations (Cohen et Levinthal, 1990; Jansen et al., 2005; Sciascia et al., 2014). Cette capacité donne du dynamisme à l'entreprise car elle permet de prendre des décisions en situation d'incertitude en utilisant une information complémentaire en provenance de l'extérieur (Engelen et al., 2014). (Chen et al., 2014) considèrent la capacité d'absorption de manière analogue à la représentation graphique de la figure 14 : une entrée de ressources (nouvelles connaissances) est valorisée par la capacité d'absorption afin d'obtenir un impact sur la performance de l'entreprise (sortie).

Un autre concept similaire est celui des capacités dynamiques (« dynamic capabilities ») qui explique l'aptitude de l'entrepreneur à intégrer, construire et reconfigurer les compétences internes et externes pour faire face à l'environnement (Teece, 2011). Ces capacités, de même que la capacité à innover, sont associées à la possibilité d'ajouter de la valeur aux produits ou services de l'entreprise (Grant, 1996), et permettent aux entreprises de s'adapter aux changements dans leur marché.

Ainsi et en pratique, on peut interpréter les phénomènes économiques et industriels à la lumière de cette capacité à innover, évaluer les difficultés et engager les moyens et ressources nécessaires pour maintenir un haut niveau d'innovation.

2.2 Historique des métriques de l'innovation

Nous avons vu que l'innovation en tant que processus interne a pris de l'importance surtout dans l'environnement changeant dans lequel évoluent les entreprises aujourd'hui. De plus, on sait que la maîtrise d'un processus passe souvent par sa mesure, le manager ayant besoin d'éléments factuels et chiffrés pour évaluer la pertinence de ses décisions. Pour cette raison, divers auteurs essaient de déterminer les métriques les plus convenables pour évaluer l'innovation dans les organisations. Les premières approches datent des années 50 avec une vision de type « boîte noire », c'est-à-dire que l'évaluation de l'innovation se base sur des variables d'entrée et de sortie sans prendre en compte les processus intermédiaires (Assielou, 2008; Milbergs et Vonortas, 2004; Muller et al., 2005).

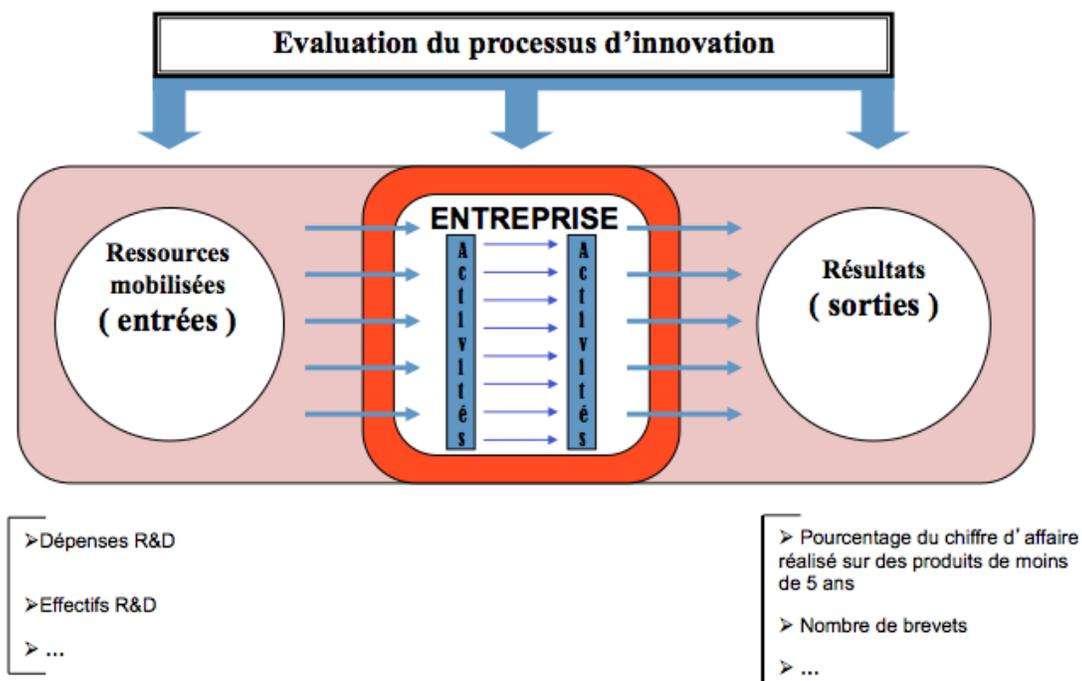


Figure 16. Evaluation du processus d'innovation selon la vision de boîte noire (Assielou, 2008).

Ces travaux sont basés majoritairement sur une analyse des investissements en innovation. Ils ne permettent donc ni d'identifier la manière dont les ressources sont utilisées à l'intérieur de l'entreprise ni de décider d'une stratégie spécifique à suivre pour améliorer la capacité à innover. En 2008, une étude de « The Boston Consulting Group » (BCG) pour mesurer l'innovation a mis en avant que 70%, des entreprises disent utiliser les métriques d'entrée et que 79% utilisent les métriques de sortie (James P. et al., 2008).

Ainsi, les métriques les plus utilisées sont : la rentabilité à 82%, la génération des idées à 66%, le délai de commercialisation à 65% et la R&D à 56% (James P. et al., 2008). (Camisón et Monfort-Mir, 2012) cherchent, quant à eux, à mesurer l'innovation pour des entreprises dédiées au secteur du tourisme. Dans leur recherche, ils identifient les métriques les plus utilisées, dans lesquelles apparaissent les investissements en R&D et les investissements en TICs comme entrées et l'introduction de nouveaux produits dans le marché, la réduction des coûts ou ressources grâce à

l'innovation comme sorties. Dans le domaine des métriques d'innovation, la plus connue est l'investissement en R&D. Le manuel de Frascati la décompose en trois types : la recherche basique qui est l'acquisition d'une nouvelle connaissance, la recherche appliquée qui est la mise en œuvre d'une nouvelle connaissance et le développement expérimental qui est l'application de connaissances déjà acquises (Tsang et al., 2008).

D'autres auteurs, se basant sur l'utilisation des métriques d'entrée et de sortie, ont séparé l'innovation en catégories ou étapes. Ainsi, par exemple, (Kaplan et Winby, 2007) suggèrent de mesurer l'innovation en utilisant 3 catégories de métriques : le retour sur investissement, la capacité organisationnelle et le leadership. (Morris, 2008) propose de séparer les processus d'innovation en 9 étapes, 2 étapes mesurant les « inputs » (la pensée stratégique et la gestion de portefeuille des ressources d'innovation), 6 étapes évaluant les processus (recherche, idées, perspicacité, pointage, développement d'innovation et développement de marché) et 1 étape mesurant les outputs (chiffre d'affaires). Pour chaque étape, il propose des métriques quantitatives et qualitatives, c'est-à-dire qu'il sépare l'innovation en 9 petites boîtes noires, chacune avec ses métriques respectives d'entrée et de sortie.

La vision « boîte noire » présente cependant les inconvénients suivants :

- Une vision partielle du système : la boîte noire cache tous les processus internes du système. Nous perdons de vue le fait qu'il existe une interaction entre les variables et, en conséquence, nous perdons la capacité d'expliquer et de piloter les phénomènes survenant à l'intérieur du système.
- Une efficacité limitée des métriques : (Becheikh et al., 2006) analysent l'efficacité de ces types de métriques et nous montrent les inconvénients d'utiliser, par exemple, l'investissement en R&D ou le nombre de brevets. Ils exposent que toutes les innovations ne viennent pas d'une étude de R&D ou que toutes les innovations ne font pas l'objet d'un dépôt de brevet. Dans le même sens, l'OCDE assure que la moitié des entreprises européennes innovantes n'ont pas de service de R&D et que 51% des innovations du continent n'intègrent aucune dimension technologique (OCDE, 2008).
- Le manque d'un référentiel standard : ce type de métrique ne permet pas la comparaison avec les autres entreprises (benchmarking) car les analyses sont basées seulement sur des chiffres. Par exemple, si une entreprise est innovante en investissant dans l'innovation 20% de son CA, personne ne peut garantir qu'une entreprise qui a les mêmes caractéristiques répète le succès, car on ignore comment ses ressources ont été exploitées.

(Hollenstein, 1996), en vue de développer et d'élargir la mesure de l'innovation, propose une métrique d'entrée composée par plusieurs indicateurs résultant d'une étude appliquée à 914 entreprises suisses du secteur manufacturier. L'étude permet d'assurer que la métrique agrégée est supérieure à n'importe quelle autre métrique individuelle. Mais ce type d'indicateurs n'explique pas l'innovation dans les PME. D'autres mesures sont donc nécessaires.

Ainsi, dans les années 90, l'objectif a été d'évaluer l'innovation à un niveau plus général. Deux exemples de ce type de métriques sont le Manuel d'Oslo (OCDE) et le Manuel de Bogota pour mesurer l'innovation en Amérique du Sud. Cette étape représente une phase transitoire qui confirme que la vision « boîte noire » n'est pas la meilleure manière de mesurer la capacité à innover d'une entreprise. Face à ces limites et aux difficultés à établir un standard simple d'évaluation de l'innovation (sans doute dû à la non prise en compte de l'aspect complexe vu au paragraphe 1.1), la troisième génération d'indicateurs reposent plutôt sur des conseils pour

encourager l'innovation. Par exemple, le Manuel d'Oslo (OECD et Eurostat, 2005) recommande de :

- réduire le délai de réaction aux besoins des clients
- réduire la consommation de matériels et d'énergie
- accroître l'efficacité ou la rapidité de l'approvisionnement et/ou de la fourniture des biens ou services
- améliorer les capacités en matière de technologies de l'information
- respecter les normes techniques de la branche d'activité
- accroître l'adaptabilité aux différentes demandes des clients
- réduire les incidences sur l'environnement ou améliorer la santé et la sécurité.

Ces conseils se basent sur les activités des entreprises et d'une certaine manière montrent que la nouvelle génération d'indicateurs doit travailler sur les processus et les pratiques liées à l'innovation. (Edwards et al., 2005) cherchent à comprendre la capacité à innover d'une PME en évaluant l'orientation stratégique et les processus à l'intérieur de l'entreprise. Ainsi, dans le but d'améliorer la façon de mesurer l'innovation, la vision sur les métriques a changé. L'accent est mis sur l'évaluation des processus et des tâches impliqués dans l'innovation, c'est-à-dire que les nouvelles métriques cherchent à mesurer ce qui se passe à l'intérieur de la boîte noire. Les recherches actuelles sont basées sur cette perspective afin de permettre de créer des nouveaux indicateurs de mesure mieux adaptés aux évolutions actuelles des entreprises.

Les dernières recherches sont focalisées sur des analyses du processus d'innovation de façon à évaluer l'utilisation des ressources et les pratiques que réalise l'entreprise pour favoriser l'innovation. Parmi les premiers auteurs à parler de ce type d'indicateurs citons ((Burgelman et al., 1985) qui les définissent comme les capacités d'innovation technologique (« Technological Innovative Capabilities » - TICs). Au cours de ces dernières années, les études sur les processus d'innovation ont fortement augmenté afin de mieux comprendre et de mesurer la capacité à innover des PME. Ces études proposent une grande quantité d'indicateurs de 4^{ème} génération. Il faut alors identifier et sélectionner les facteurs les plus représentatifs des processus d'innovation.

L'évolution de l'étude des métriques d'innovation à travers le temps est synthétisée dans le tableau suivant réalisé par (Milbergs et Vonortas, 2004).

ère 1	ème 2	ème 3	ème 4
Entrées 50-60s	Sorties 70-80s	Innovation générale 90-00s	Processus innovation 00s-
<ul style="list-style-type: none"> - Dépenses en R&D - Quantité de personnel scientifique - Investissements - Intensité technologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Brevets - Nb. Nouveaux produits - Publications - Amélioration de la qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes pays - Benchmarking - Ressources et capacités du secteur/pays 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Compétences</u> - Intangibles - Réseaux - Demande <u>Pratiques managériales</u> - Risques - RH

Tableau 3. Evolution des indicateurs du processus d'innovation (Milbergs et Vonortas, 2004)

Enfin, on note la diffusion actuelle de nombreux dispositifs d'évaluation de la capacité à innover. Avec le soutien de la communauté européenne, un dispositif appelé Imp3rove a été mis au point. C'est une approche hybride entre les mesures des entrées et sorties et l'évaluation des pratiques. Il donne ainsi une importance notoire aux capacités financières de l'entreprise évaluée, ce qui peut être considéré comme un frein à son utilisation en PME et TPE. L'ERPI a mis en place un site web destinée à l'étude de l'innovation dans les entreprises, dans lequel les entrepreneurs peuvent évaluer les pratiques de leur entreprise afin d'obtenir l'IIP expliqué dans le chapitre précédent (<http://innovation-on-the-web.com/questionnaire-analyse-capacite-a-innover>). La société Innovation point a mis en ligne un auto-diagnostic simple (<http://www.innovation-point.com/assessment.htm>), de même que IBM (<http://www.businessinnovationfactory.com/blog/2006/11/ibm-innovation-assessment-tool#.VIWtA8k08c0>). Joe Tidd et J. Bressant proposent également un dispositif simple avec une check list (<http://www.managing-innovation.com/tools/How%20Well%20Do%20We%20Manage%20Innovation.pdf>).

Certains outils sont dédiés au profil du dirigeant ou la culture interne de l'entreprise (http://www.safetyandquality.health.wa.gov.au/docs/squire/Spider_Chart_Innovation.pdf).

Ces outils cherchent à produire des schémas simples pour le dirigeant et sont soit très approfondis (Imp3rove, innovation on the web), soit de simples check lists.

3. Facteurs déterminants de la mesure de l'innovation.

Comme nous venons de le montrer, l'évolution des métriques s'est portée vers la mesure des processus d'innovation, mais déterminer les facteurs et les pratiques qui ont un effet positif sur la gestion de ces processus n'est pas une tâche facile. Divers auteurs proposent des modèles d'évaluation et de représentation de la capacité à innover que nous avons synthétisés dans le tableau suivant.

Auteur	Pratiques/ facteurs	Méthode d'évaluation	Méthode d'agrégation	Application
(Chiesa et al., 1996)	Génération de concepts Innovation procédé Développement produit Acquisition technologique Leadership Ressources Systèmes et outils	Degré de maturité	Descriptif	Industrie Britannique
(Feeny et Rogers, 2003)	R&D Brevet Marques Dessin Marché	Métriques	Régression linéaire	Entreprises australiennes
(Yam et al., 2004)	Apprentissage R&D Allocation ressources Fabrication Marketing Organisation Planification stratégique	Questionnaire	Identification Paramétrique	Innovation en Chine
(Cormican et O'Sullivan, 2004)	Stratégie et Leadership Culture Planning Structure et performance Communication et collaboration	Echelle numérique	Descriptif	Entreprises dédiées à la conception et au développement de produit
(Guan et al., 2006)	Apprentissage R&D Fabrication Marketing Organisation Allocation ressources	Questionnaire	DEA	Entreprises innovantes en Chine
(Adams et al., 2006)	Ressources Connaissances Stratégie Organisation et culture Gestion Portefeuille Gestion Projet Marketing	Métriques traditionnelles		
(Ming-Ten Tsai, 2008)	Innovation produit Innovation procédé Créativité Marketing Organisation Stratégie	Questionnaire	AHP	Entreprises de haute technologie en Chine
(Wang et al., 2008)	R&D Marketing Outils d'aide à la décision Fabrication Capital	Métriques et questionnaire	Intégrale floue	Entreprises de haute technologie en Chine

(Forsman, 2011)	R&D Connaissances Marketing Leadership Gestion Ressources	Questionnaire	Test statistique non paramétrique	PME finlandaises
(Martínez-Román et al., 2011)	Connaissances Organisation Ressources Humaines	Echelles numériques	Modèle linéaire	Entreprises en Espagne
(Türker, 2012)	Ressources humaines Connaissances Stratégie Organisation Leadership Control	Echelle de points	Somme de points	L'industrie automobile en Turquie
(Liu et al., 2012)	Planning Implémentation Performance Organisation	Entrevue	Test statistique	PME en Chine
(Cheng et Lin, 2012)	Marketing Connaissances Environnement Gestion Capacité Opérationnelle Information et communication Capacité d'innovation	Echelle linguistique	TOPSIS	Secteur électronique
(Nemery et al., 2012)	Créativité NPD Ressources Gestion Projets Connaissances Stratégie	Grille de maturité	Méthode multicritère Flow sort	PME en France
(Boly et al., 2013)	15 pratiques d'innovation	Questionnaire dichotomique	Moyenne pondérée	PME en France

Tableau 4. Comparaison de différents modèles de mesure de la capacité à innover dans la littérature scientifique, source : notre recherche.

Dans tous ces modèles, nous pouvons identifier des caractéristiques communes. Par exemple, tous ces travaux proposent plusieurs pratiques ou facteurs liés à l'innovation, en confirmant son caractère multidimensionnel. Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'innovation implique l'interaction de divers acteurs et elle comporte différents processus. Ainsi, la caractériser comme un modèle multi variables semble cohérent. Cette approche multicritères est utilisée dans la plupart des recherches récentes sur la capacité à innover des PME.

Comme tout problème multicritères, la définition d'un modèle d'innovation présente l'enjeu d'identifier les critères ou les facteurs d'évaluation. Nous pouvons constater dans la colonne « Pratiques/facteurs » du tableau 4 que certains d'entre eux se répètent régulièrement. Les pratiques les plus citées dans la littérature sont :

- **Connaissances et Apprentissage** : dans l'étude de Boly et Morel (2006), l'apprentissage est considéré comme l'un des niveaux qui décrit les processus d'innovation. La conception

d'objets nécessite de générer ou d'acquérir de nouvelles connaissances. Innover c'est apprendre. L'apprentissage est l'aptitude à identifier, assimiler et exploiter les nouvelles connaissances acquises (Yam et al., 2004). L'entreprise doit rester vigilante sur son environnement pour suivre les tendances concernant le développement technologique et elle doit également être capable d'identifier les opportunités d'acquisition des nouvelles technologies pour améliorer ses processus. Parmi les éléments de l'environnement, les connaissances émergentes sont essentielles.

La gestion de connaissances dans une entreprise concerne l'obtention et la communication d'information pertinentes pour l'amélioration des processus d'innovation (Adams et al., 2006). La génération de nouveaux produits, l'implémentation d'un nouveau procédé, l'ouverture vers de nouveaux marchés ou la mise en œuvre des nouvelles méthodes d'organisation augmentent le niveau de connaissances de l'entreprise. Il est donc nécessaire de capitaliser ces nouvelles compétences. L'entreprise doit valoriser son expérience et la transmettre pour ne pas refaire plus tard ce qui a déjà été fait (Guan et Ma, 2003). Ainsi, la formalisation et la capitalisation de connaissances est un processus obligatoire dont le but est d'améliorer la capacité à innover. Pour réaliser cette capitalisation de connaissances, la communication interne de l'entreprise doit être fluide. En effet, il est possible que deux projets différents aient besoin de la même compétence. Une entreprise (surtout de grande taille) qui a une structure centralisée de connaissances va réagir rapidement car les acteurs savent où chercher la réponse. Par contre, dans une entreprise sans un système de capitalisation, la solution peut se trouver dans la salle à côté, mais les concepteurs ne le sauront pas.

Pour (Cheng et Lin, 2012), la propriété industrielle (PI) fait partie de la gestion de connaissance et pour (Chiesa et al., 1996), elle fait partie de l'acquisition de technologie, mais quel que soit le critère où la PI se trouve, elle est certainement un facteur à prendre en considération. La propriété industrielle est souvent vue simplement comme un outil de protection, mais elle peut être considérée comme un outil de veille. L'achat de brevets et licences peut également ouvrir des possibilités de développement.

(Martínez-Román et al., 2011) proposent la formation continue du personnel comme un facteur dans la gestion de connaissances. Les processus d'innovation sont des activités quotidiennes qui se répètent à chaque projet, tout comme les activités de production. Ces processus peuvent être optimisés si la direction dispose, par exemple, de formations au pilotage de l'innovation.

- **Stratégie, leadership, Marketing et intégration du client :** la stratégie d'une entreprise doit de plus en plus souvent intégrer l'innovation. Plusieurs auteurs utilisent le concept de « leadership » pour définir la capacité de l'entrepreneur à conduire l'organisation. Le rôle de l'entrepreneur et de la direction est fondamental puisque ce sont eux qui prennent la décision globale de favoriser l'innovation. (Chiesa et al., 1996) indiquent que le leadership a l'obligation de garantir et d'encourager l'innovation au sein de l'entreprise, en définissant des politiques qui permettent aux employés de développer les processus d'innovation pour les transformer en une pratique courante. Le leader doit être un guide vers une innovation technologique efficace (Liu et al., 2012).

Les processus d'innovation, comme toute activité dans une entreprise, ont des coûts associés. Pour (Radas et Božić, 2009), l'un des principaux obstacles à l'innovation est le coût élevé pour les PME. Par conséquent, savoir trouver et gérer les diverses sources de

financement est devenue une priorité. Si l'entreprise compte avec un dispositif financier qui s'adapte à chaque projet, le risque d'échec est minimisé. (Türker, 2012) met l'accent sur la qualité des aides financières reçues comme support pour la réalisation de projets innovants dans l'entreprise. (Boly et al., 2013) soutiennent que la stratégie de l'entreprise doit compter avec une définition claire des politiques financières en termes d'étude, d'investissement et d'introduction de nouvelles technologies.

(Adams et al., 2006) proposent une orientation stratégique favorisant l'innovation. Celle-ci peut être mesurée par les efforts de l'entreprise pour améliorer sa performance. L'orientation stratégique porte sur le fait d'intégrer et d'aligner tous les niveaux de l'entreprise de façon cohérente pour atteindre les objectifs, pour ce faire, la stratégie doit être clairement définie et diffusée à tous les employés de l'organisation (Cormican et O'Sullivan, 2004).

Un autre point également intéressant est celui du *travail collaboratif*. La capacité d'innovation d'une PME a des chances d'augmenter si elle participe aux réseaux commerciaux, logistiques ou clusters industriels (Caniëls et Romijn, 2003). Pour (Forsman, 2011), les avantages de la participation à un réseau sont : l'amélioration des connaissances, l'accès aux nouveaux marchés et la réduction des coûts de production et de R&D. (Smedlund, 2006) propose trois formes de réseau pour les PME : la collaboration pour la création de nouvelles connaissances liées au développement d'innovations, la collaboration afin d'identifier et d'adopter les meilleures pratiques et la collaboration pour l'implémentation de nouvelles méthodes de production. (Boly et al., 2013) soulignent que l'intégration de centres techniques et d'universités favorisent le travail en partenariat permettant ainsi d'acquérir et d'associer toutes les compétences nécessaires afin de garantir le développement des projets.

Dans une entreprise, *le marketing* est devenu une activité fondamentale car il permet de la positionner sur le marché. Il amène donc une décision stratégique. L'introduction sur le marché est l'une des caractéristiques de l'innovation de produit et de service. Ainsi, trouver le facteur « marketing » dans les processus d'innovation semble logique. (Adams et al., 2006) affirment que l'introduction d'un produit sur le marché est importante pour la survie et la croissance d'une entreprise. (Yam et al., 2004) définissent le marketing comme la capacité des entreprises à faire de la publicité et à vendre leurs produits en considérant les besoins des clients, les changements dans l'environnement et l'acceptation de l'innovation. Par conséquent, les études de marketing ne doivent pas se limiter à l'utilisation d'indicateurs comme la quantité de nouveaux produits lancés mais elles doivent également inclure des analyses du niveau de relation avec le client. Les études de marketing doivent viser à : l'identification de nouveaux clients potentiels, l'ouverture de nouveaux marchés, une amélioration des ventes, le positionnement de l'entreprise et du produit ou service, l'efficacité des services après-vente, la connaissance des segments du marché, etc. L'entreprise doit connaître ses clients, leurs modes d'achat et leur niveau de satisfaction. Une interaction fluide avec les clients permet d'avoir un contrôle de la qualité du produit et d'identifier les points d'amélioration possibles. L'inclusion du client dans le processus de création ou de conception de nouveaux produits conduit à des solutions plus proches des besoins et facilite la prospective sur le lancement d'une innovation. Dans cet esprit, le marketing s'ouvre vers une nouvelle dimension où les clients font partie intégrante des processus de l'entreprise. (von Hippel, 1986) développe le concept d'utilisateurs principaux (« lead users ») qui sont un type de client qui permet de prévoir

les besoins et préférences du reste des clients avec une anticipation qui se compte par mois ou même par année.

- **Organisation, culture et ressources humaines :** les ressources humaines font partie du capital d'une PME. (Yam et al., 2004) définissent le facteur humain comme une ressource importante. Dans le même esprit, (Liu et al., 2012), par exemple, soulignent comme ressource de l'entreprise le « capital humain ». Les compétences et les savoir-faire, tout comme les connaissances, deviennent un bien intangible pour l'entreprise. Il faut donc établir une administration efficace. La gestion des compétences et du savoir-faire de la société doit être définie par une politique de ressources humaines (RH), afin de satisfaire les requêtes spécifiques des nouveaux projets à développer. Le lancement de projets innovants pose un nouvel enjeu et demande de nouvelles compétences. Ainsi, avoir une planification prospective pour définir les futures compétences à acquérir et développer la façon de les acquérir est essentiel. Les nouvelles compétences peuvent être acquises sous la forme de recrutement de nouveau personnel ou la formation des compétences clés du personnel actuel. On rencontre de plus en plus de nouvelles formes externalisées de sources de compétences : communautés, open source, plateformes, écosystèmes, etc. (Altman et al., 2014). Cette recherche en-dehors des limites de l'entreprise permet de surmonter les contraintes liées à l'acquisition de nouvelles compétences, comme des coûts élevés ou un manque d'information, entre autres.

L'une des caractéristiques de l'innovation est l'incertitude. Par conséquent, proposer une innovation implique de se lancer dans cette zone où le risque est élevé. Normalement, les personnes et surtout les entreprises vont éviter le risque. Il est donc nécessaire d'encourager la prise de risque afin d'accroître le nombre de nouvelles idées et de propositions. (Adams et al., 2006) assurent que le comportement humain est extrêmement influencé par l'environnement de travail. Ainsi, la créativité et l'innovation peuvent être encouragées par une organisation de travail adéquate. Le concept de « Team Climate Inventory » est relatif à un climat de travail favorisant l'innovation (Loo, 2003). Cette définition est basée sur 5 facteurs : la participation du personnel dans la prise de décision et la confiance pour proposer de nouvelles idées, la vérification par les employés des aides et des récompenses promises par l'organisation, la vision et la clarté des objectifs, l'engagement de l'équipe pour atteindre les résultats souhaités pour l'entreprise et la fréquence de la communication entre les membres de l'équipe.

Les mécanismes pour encourager l'innovation utilisés par les PME sont : la mise en place d'un système de récompense de la prise de risque, des incitations financières à la proposition de nouvelles idées, etc.

- **R&D et conception :** l'investissement en recherche et développement est la métrique d'innovation la plus connue. Toutes les entreprises ont eu ou ont un indicateur relatif à la R&D. La liaison entre l'innovation et la R&D est immédiate dans nos esprits, mais quels sont les apports de la recherche et développement ? La recherche vise soit à découvrir de nouvelles technologies et connaissances de forme libre, soit elle peut être orientée vers l'identification de nouvelles solutions répondant à des exigences spécifiques de l'entreprise. Le développement est la mise en œuvre d'une procédure d'essai des nouveautés permettant de prévoir leur impact sur l'organisation. Il existe actuellement plusieurs outils d'aide à la conception : conception assistée par ordinateur (CAO), gestion

du cycle de vie du produit (« Product Lifecycle Management » - PLM), réalité virtuelle, maquettage, prototypage, etc. Ces outils permettent d'avoir une première version des nouveaux produits et de faciliter l'échange d'informations entre partenaires. Sur cet aspect, les nouvelles tendances d'open sources ont permis d'offrir de nouvelles formes de partage dans le processus de conception, comme le « crowdsourcing » qui permet de tester les produits dans une communauté avant leur lancement ou le « crowdfounding » qui permet de partager le financement d'un nouveau projet (Brujin et al., 2013).

Le système R&D d'une entreprise doit envisager, au minimum : les sources de technologies internes et externes, les supports pour les nouvelles idées (Chiesa et al., 1996), une compatibilité avec le plan stratégique de l'entreprise, un travail d'équipe interdisciplinaire, l'application de méthodes de conception les plus avancées, des mécanismes de transfert de technologies depuis la recherche jusqu'au développement du produit (Guan et al., 2006; Yam et al., 2004). Dans les dernières années, l'apparition du concept d'open innovation (Steiner, 2014) permet aux entreprises d'adopter une nouvelle stratégie d'innovation partagée afin d'améliorer l'efficacité de l'investissement en R&D.

On note une évolution organisationnelle visant à fusionner les services R&D et Innovation ; on parle de RDI. Le but est d'assurer un double mouvement : les responsables innovation sollicitent la recherche pour lever des verrous technologiques sur des projets déjà déterminés et la recherche sollicite les responsables innovation pour valoriser de nouveaux résultats de recherche.

- **Créativité et génération de concepts :** l'innovation commence inévitablement par le fait d'avoir une idée. Autrefois, la création d'idées était réservée aux individus créatifs, mais il est scientifiquement prouvé que toutes les personnes sont capables d'avoir des idées. (Adams et al., 2006) affirment qu'il est possible de renforcer la créativité si les outils adéquats sont utilisés tels que les séances de créativité, le brainstorming, la méthode TRIZ (théorie de résolution des problèmes inventifs) et l'analyse de brevets. Toutes les idées représentent une innovation potentielle. Par conséquent, être capable de générer un grand nombre d'idées accroît les chances de générer de nouveaux projets. (Ming-Ten Tsai, 2008) conseille de classer les idées en fonction de leur objectif de produits, de procédés et de technologie. Le problème aujourd'hui, ce n'est pas seulement comment être plus créatif, mais comment gérer le processus créatif pour que les idées deviennent projets, puis innovations (Gabriel et al., 2014). On a besoin d'outils pour collecter et faire vivre les idées dans le temps.

(Chiesa et al., 1996) indiquent que la créativité est liée à un suivi régulier de l'évolution du marché et des besoins du client et suggèrent également d'inclure les clients dans les processus de création d'idées afin d'avoir un retour, car le client est le mieux placé pour savoir si une innovation répond ou non à son besoin. La participation du client au cours des processus est une importante source d'innovation (von Hippel, 1995). C'est pourquoi (Tietz, 2004) a réalisé une étude expérimentale pour vérifier l'apport des clients dans la création d'un produit. Il a constaté la capacité des clients à produire et matérialiser leurs idées. De plus, il a noté qu'ils travaillent comme une sorte de communauté en partageant leurs idées. De même, (Franke et al., 2006) utilisent le concept de « lead users » pour les clients qui génèrent les idées les plus attractives en termes de bénéfice attendus.

- **Gestion de projets :** le lancement de nouveaux projets est toujours une décision complexe, et de fait, l'évaluation des projets innovants est particulièrement difficile en

raison de leur complexité et de leur degré de nouveauté (Kapsali, 2011). Le pilotage du processus d'innovation est différent d'un projet traditionnel (beaucoup d'incertitude) : changement de tâches, contraintes qui apparaissent au fil de l'eau avec des dynamiques et indicateurs particuliers (Kooli et al., 2014). Il a été montré que les objets intermédiaires de conception (OIT) sont un indicateur pertinent corrélé avec la probabilité de succès ou d'échec d'un projet d'innovation (Boly, 2012 ; Claire et al., 2014). Les PME doivent intégrer des compétences leur permettant de gérer ce type de projets particuliers. Des méthodes de pilotage du type « learn », « scrum » ou « agile » doivent être intégrées. L'implémentation d'un projet entraîne des changements significatifs sur le système technologique de l'entreprise (Garcia et Calantone, 2002) et la mise en place d'un projet mobilise les ressources de l'entreprise. Dans les PME, les ressources sont limitées. Une gestion efficace est donc fondamentale pour optimiser les résultats. Chaque année, aux Etats-Unis, les échecs de projets génèrent 150 milliards de dollars en dépenses (Larson et al., 2011). Par conséquent, la gestion de projets doit minimiser les risques d'échec. Selon l'Association francophone de management de projet, la gestion de projets est définie comme la planification, l'organisation, le suivi, le contrôle et l'encouragement de tous les facteurs nécessaires pour mener à terme un projet (Association francophone de management de projet, 2010).

La limitation ou les contraintes sur les ressources obligent les PME à choisir les projets qui seront lancés. C'est pourquoi la priorisation des projets est analysée le plus souvent sur la base d'indicateurs de retour sur l'investissement et de risque (Adams et al., 2006). De plus, la génération d'un portefeuille de projets permet d'optimiser l'allocation de ressources, et sa gestion, de maîtriser le rythme de sortie des nouveautés et de planifier le lancement de produit sur le long terme.

(Chiesa et al., 1996) mettent l'accent sur le travail d'équipe. Le pilotage d'un projet ayant différentes dimensions (techniques, commerciales, financières), les équipes doivent être multidisciplinaires. La structure des équipes projets est importante pour harmoniser l'interaction entre tous les membres et organiser les tâches liées à l'innovation.

Ainsi, à l'issue de notre recherche bibliographique, nous avons pu identifier six facteurs importants qui expliquent pour tout ou partie la capacité à innover d'une entreprise. Ce travail nous a permis d'enrichir la proposition de (Morel, 2007) qui représentait l'évaluation de la capacité à innover comme le regroupement des activités dans 6 pratiques agrégées (figure 6, chapitre 1).

Ainsi, dans la lignée de ces travaux, nous reprendrons le même formalisme mais nous proposons la représentation générale suivante :

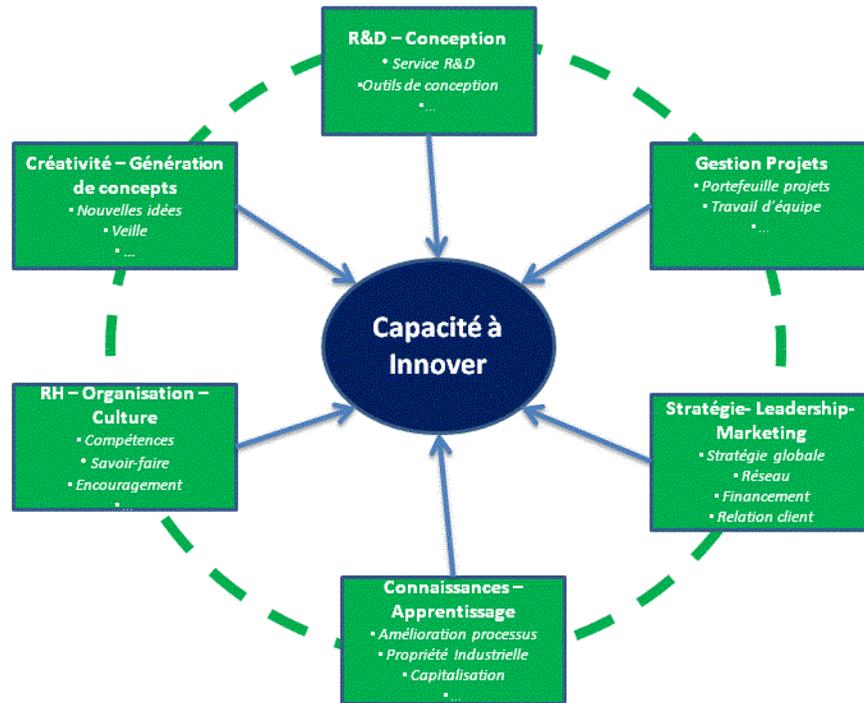


Figure 17. Représentation générale de l'évaluation de la capacité à innover dans les entreprises, source : notre recherche.

Chaque facteur favorisant l'innovation est défini par des sous facteurs ou sous pratiques qui représentent les activités ou processus des entreprises. Nous pouvons visualiser les facteurs et les sous facteurs ainsi que les relations entre les facteurs. Par exemple, entre la créativité/génération de concepts et la RH/Organisation/culture, il existe un lien car une culture d'innovation facilite l'émergence de nouvelles idées. Nous trouvons des interactions entre tous les facteurs. Il existe donc un effet de synergie qui renforce la capacité globale de l'entreprise.

L'analyse des facteurs et des modèles d'évaluation des processus d'innovation montre donc une tendance manifeste vers la définition de problèmes multicritères afin de pouvoir évaluer les impacts des relations entre les facteurs.

4. Evaluation multicritère des processus d'innovation.

Les méthodes multicritères permettent d'étudier et d'analyser des problèmes qui dépendent de plusieurs facteurs. Dans notre cas, ces méthodes sont l'outil idéal car, comme nous l'avons expliqué, l'apparition d'une innovation est par définition multifacteurs ainsi que la mesure de la capacité à innover d'une entreprise.

Il existe différentes méthodes. Parmi les plus connues, la théorie de l'utilité multi-attributs (« Multi Attribute Utility Theory » MAUT) consiste à calculer une fonction de valeurs d'utilité par critère (Kim et Song, 2009; Sanayei et al., 2008) ; l'Intégrale de Choquet se base sur

l'assignation d'une mesure floue (Faigle et Grabisch, 2011; Mesiarová-Zemánková et al., 2010; De Waegenare et Wakker, 2001) ; le processus d'analyse hiérarchique (« Analytic Hierarchy Process » AHP) décompose le problème en une structure hiérarchisée et permet de calculer les poids des critères (Saaty et Kearns, 1985) ; PROMETHEE (« Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations ») compare les actions deux à deux pour déduire une liste de préférence (Abedi et al., 2012; Albadvi et al., 2007; Ishizaka et Nemery, 2011) et les méthodes « Sorting » permettent de classer les actions dans des catégories prédéfinies (Nemery et Lamboray, 2008; Zopounidis et Doumpos, 2002).

Le choix de la méthode à utiliser dépend des caractéristiques du problème et des objectifs de l'étude. Ainsi, par exemple, si nous reprenons les modèles proposés dans notre tableau 4, nous pouvons les classer en trois catégories selon les objectifs visés :

- Descriptifs : ces modèles ne nécessitent pas l'utilisation d'une méthode d'agrégation. Leur objectif est de comprendre le problème sans avoir besoin de calculer un indice global. Nous pouvons identifier deux types : les explicatifs qui cherchent à déterminer les variables représentatives du problème ; ils utilisent généralement des méthodes statistiques pour valider l'importance de la variable dans le système (Forsman, 2011; Liu et al., 2012; Martínez-Román et al., 2011; Yam et al., 2004) ; les profils de performance qui évaluent et analysent chaque critère individuellement et conduisent à des résultats sous forme de graphiques (figure 18).

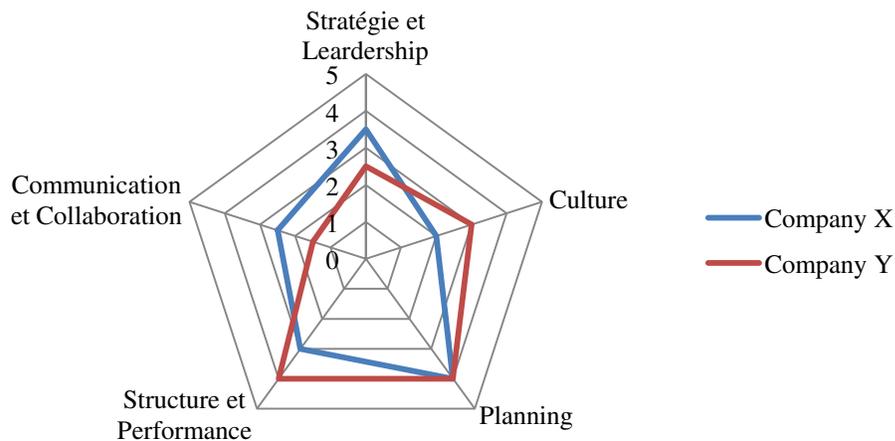


Figure 18. Profil de deux entreprises évaluées selon le modèle proposé par (Cormican et O'Sullivan, 2004)

Ces types d'approches permettent de détecter les points forts et faibles par rapport à la performance des PME. Ils constituent un outil d'analyse, critère par critère, mais pour une analyse globale, ils présentent des problèmes d'incomparabilité (Nemery et al., 2009). Par exemple, dans la figure 18, il n'est pas évident de déterminer quelle entreprise a une performance globale supérieure à l'autre.

- **Rangement (Ranking)** : ces modèles ont pour objectif de prioriser les alternatives ou les actions, c'est-à-dire, d'ordonner les entreprises à l'aide d'un indice global. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'utiliser une méthode d'agrégation qui permet de calculer une valeur globale. Les méthodes multicritères se divisent selon leur type d'agrégation:

Type	Agrégation Totale	Agrégation Partielle
Compensatoire	MAUT	
Non compensatoire		Prométhée Electre Rough Sets AHP

Tableau 5. Classement de certaines méthodologies multicritères (Camargo, 2012)

Dans le cas de l'agrégation totale, la note attribuée à une action ne dépend pas des autres. Par contre, dans le cas d'agrégation partielle, la note attribuée est relative. Pour cela, on compare les actions les unes aux autres. Dans le domaine de l'innovation par exemple, (Ming-Ten Tsai, 2008) utilise une agrégation totale (une somme de points pondérée) et (Cheng et Lin, 2012) utilisent une agrégation partielle. D'autre part, la compensation est un phénomène où une performance élevée sur un critère cache une performance déficiente sur un autre critère (Cinelli et al., 2014; Guitouni et Martel, 1998).

- **Classement (sorting)** : ces modèles consistent en un ranking catégorisé. Ils calculent un indice général mais permettent aussi de classer les actions selon des catégories prédéfinies. Ce type de méthodologies combine la notion d'agrégation avec les profils car les catégories utilisées ou prédéfinies représentent des profils de rendement. Par exemple, les études développées par l'ERPI cherchent à classer les entreprises dans 4 catégories, par ordre croissant : Passive, Réactive, Preactive et Proactive, chaque catégorie représentant des niveaux différents d'innovation (Boly et al., 2013; Morel, 2007; Nemery et al., 2012).

Finalement les méthodologies multicritères offrent diverses possibilités pour l'évaluation de la capacité à innover en permettant de mieux la comprendre, de la quantifier et de déterminer les profils de comportement. Ainsi, le choix de la méthode à utiliser dépend complètement du type de problème à résoudre. Dans notre cas, la plus appropriée est une méthode d'agrégation partielle et de type non compensatoire car les entreprises seront évaluées par une note relative pour obtenir un résultat globalement plus durable.

5. Conclusions

Ce chapitre montre l'importance prise par l'innovation pour obtenir des avantages sur la concurrence. Actuellement, les entrepreneurs ont conscience du rôle fondamental de l'innovation, mais ils ne peuvent pas développer correctement cette caractéristique à cause de sa nature transversale et multi dimensionnelle. De façon générale et surtout dans les PME, de nombreuses

analyses attestent d'un niveau d'innovation faible et insuffisant pour concourir dans le monde industriel actuel.

Pour améliorer l'innovation, il est nécessaire, tout d'abord, de pouvoir la mesurer, mais sa nature intangible sur certains aspects pose des difficultés. Pour cette raison, divers auteurs ont développé des métriques de mesure. Si nous suivons ces métriques dans le temps, il y a une nette évolution vers la mesure des processus innovatifs (pratiques d'innovation). Ainsi, une analyse des modèles d'évaluation de l'innovation proposés a montré des points communs sous la forme d'une liste de facteurs qui se répètent systématiquement. Ceci nous a permis d'identifier les pratiques innovantes les plus représentatives, comme :

- la création de concepts : la génération d'idées est la première phase pour le développement des innovations ;
- les activités de R&D : le suivi de l'environnement et des tendances technologiques permet d'utiliser les outils appropriés pour la conception de nouveaux produits. L'élaboration de nouvelles connaissances est une des sources de l'innovation ;
- les ressources humaines : le facteur humain est un bien de l'entreprise. Il convient donc de le renforcer et d'avoir une ambiance de travail favorisant l'innovation ;
- la gestion de projets : l'utilisation efficace des ressources, la définition d'un plan et le travail d'équipe sont les clés du succès des projets ;
- la stratégie : l'innovation doit être une décision de l'entreprise. Cette dernière doit définir une stratégie intégrée pour la développer qui doit considérer des facteurs essentiels comme le financement, le marketing, et la relation client, entre autres ;
- la gestion des connaissances : innover c'est apprendre. Donc, l'acquisition de connaissances doit forcément être considérée comme un processus d'innovation.

Tous ces facteurs sont définis par des sous facteurs ou sous pratiques qui représentent les activités et les processus à l'intérieur de l'entreprise.

Les processus d'innovation sont multidisciplinaires. Par conséquent, l'utilisation des méthodes multicritères est la meilleure façon d'évaluer la capacité d'innovation car elles prennent en compte l'ensemble des processus qui composent l'innovation dans une entreprise. La définition de la capacité à innover comme un problème multicritère permet d'analyser la performance des PME, de créer des indices globaux pour comparer les entreprises et de catégoriser les entreprises selon leur niveau de gestion.

Ainsi, nous avons défini le cadre conceptuel qui nous permettra de valider et de faire évoluer l'indicateur que nous avons choisi.

CHAPITRE 3 : L'Indice d'Innovation Potentielle : un référentiel pour la gestion de la capacité à innover

Introduction

Comme expliqué dans le chapitre précédent, le pilotage du processus d'innovation nécessite une attention continue et des mesures sont à prendre afin d'accroître la capacité d'innovation. La solution consiste à déterminer un mécanisme approprié d'évaluation de la capacité à innover et donc de pouvoir analyser la gestion des ressources mobilisées pour l'innovation, partant du principe que l'on ne maîtrise et développe que ce que l'on peut évaluer.

Les deux chapitres précédents ont permis faire un état des lieux sur la méthodologie d'évaluation de la capacité à innover réalisée par l'ERPI : l'IIP. De plus, nous avons analysé comment les métriques d'innovation visent à une normalisation pour pouvoir évaluer cette capacité. Ainsi, il est possible de trouver des points communs entre les différents modèles de mesure dont ceux-ci :

1. les indicateurs doivent mesurer les processus d'innovation, et pas seulement les entrées et sorties ;
2. l'évaluation doit être abordée comme un problème d'analyse multicritère ;
3. les critères doivent considérer 6 facteurs/pratiques clés : la création d'idées, le service R&D (conception), l'organisation et les ressources humaines, la gestion des connaissances, la stratégie générale, et la gestion de projets.

Ces trois caractéristiques devraient servir de base pour la définition d'un référentiel d'évaluation de la capacité à innover.

Si l'objectif est d'améliorer le niveau actuel d'une entreprise en termes de capacité à innover, pour atteindre un niveau choisi, il est nécessaire de connaître l'état initial. Ainsi, notre première phase est de déterminer un modèle de la capacité à innover. En considérant les caractéristiques précédentes, notre choix s'est porté sur l'Indice d'Innovation Potentielle.

1. Notre contribution à l'évaluation des phénomènes observables : notion de maturité

La dernière étude portant sur l'évaluation des phénomènes observables est celle de (Gonzalez, 2009) qui propose de passer d'une évaluation dichotomique à une évaluation à choix multiple afin de mesurer le degré de développement du phénomène observable. Concrètement, il propose d'associer 5 alternatives (options de réponses) à chacun des 18 phénomènes (sous-pratiques). Ces alternatives sont ordonnées de manière ascendante pour montrer un progrès sur le développement du phénomène. Ainsi, la définition de cette nouvelle façon de mesurer conduit à une méthode d'évaluation largement utilisée dans les organisations : la grille de maturité.

(Maier et al., 2012) montrent que le concept de maturité porte sur deux aspects : d'une part, quand quelque chose ou quelqu'un atteint de manière naturelle l'état de plénitude, et d'autre part, lorsque l'on amène des solutions jusqu'au stade de maturité totale de quelque chose. (Andersen et Jessen, 2003) ont étudié la maturité dans les organisations et la définissent comme le degré maximum de développement, à savoir les conditions optimales de travail pour atteindre les objectifs. Ainsi, les grilles de maturité sont des structures qui montrent toutes les étapes nécessaires pour atteindre le

niveau maximal d'un phénomène à mesurer. Pour (Grant et Pennypacker, 2006), les grilles de maturité peuvent être appliquées à tous les processus de toutes les entreprises afin d'obtenir une plus haute performance. Les organisations évoluent, changent pour atteindre une maturité la plus grande possible à un moment donné. Ainsi, la définition du degré de maturité est utile pour décrire cette progression : de cette manière, nous pouvons définir une grille à différents niveaux de maturité pour mesurer l'effort ou le développement d'une caractéristique ou d'un processus à l'intérieur d'une entreprise.

L'utilisation d'une grille de maturité comme méthode d'évaluation permet, entre autres, de développer les capacités et les compétences d'une organisation, d'effectuer la comparaison avec d'autres entreprises, de définir des étapes progressives, de choisir la priorisation des pratiques et l'amélioration des processus grâce à la comparaison avec des bonnes pratiques (Lemieux, 2013). En définitive, les grilles de maturité présentent des avantages pour réaliser une analyse beaucoup plus détaillée de la performance d'une entreprise.

La représentation graphique d'une grille de maturité se présente sous la forme d'un escalier où les marches montrent les différents degrés de maturité pour une pratique donnée (figure 19).

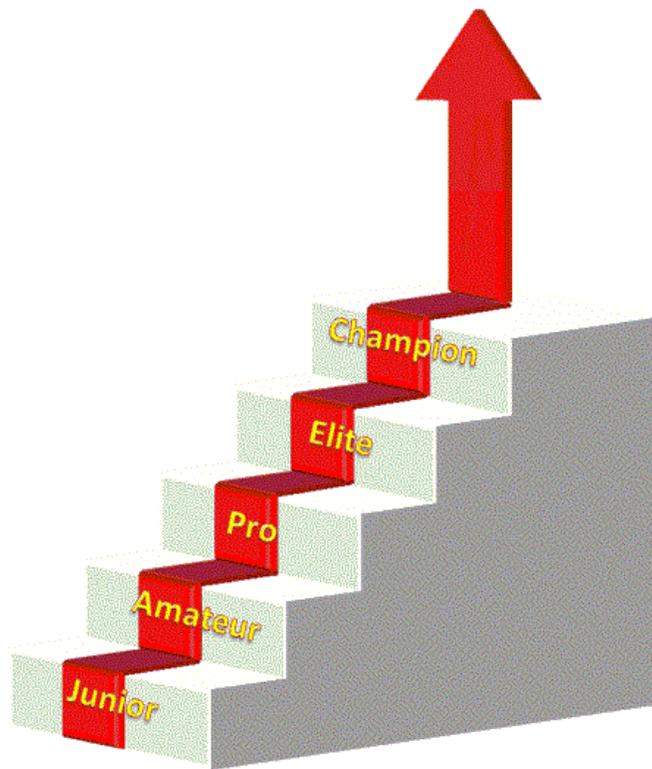


Figure 19. Représentation graphique d'une grille de maturité, source : notre recherche.

La méthode d'évaluation basée sur une grille de maturité a été utilisée sur divers champs d'études. Par exemple, (Antunes et al., 2014) proposent un modèle de maturité de gestion de l'énergie selon une grille en 5 niveaux de développement. (Lianying et al., 2012) utilisent aussi un modèle de 5 niveaux mais ils mesurent la maîtrise de l'entreprise dans le domaine de la gestion de projets.

(Wendler, 2012) a, quant à lui, trouvé 237 recherches sur les modèles de maturité appliqués dans plus de 20 domaines d'étude (figure 20).

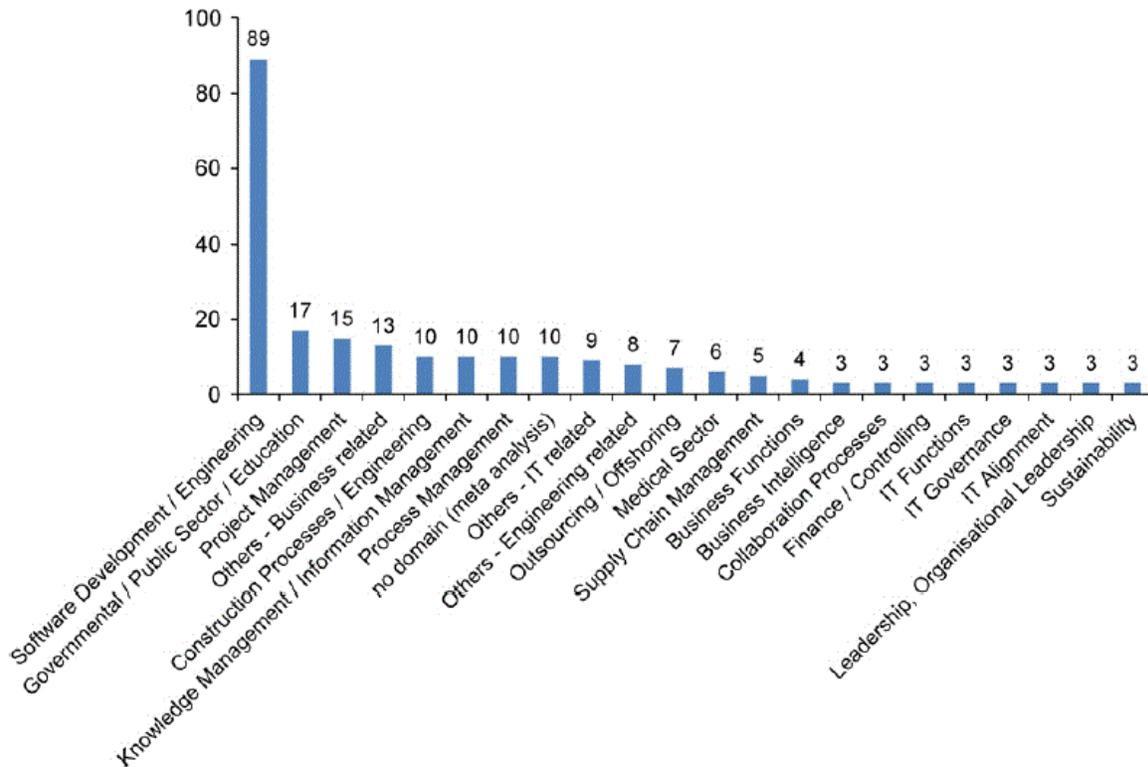


Figure 20. Domaines d'application des grilles de maturité. (Wendler, 2012)

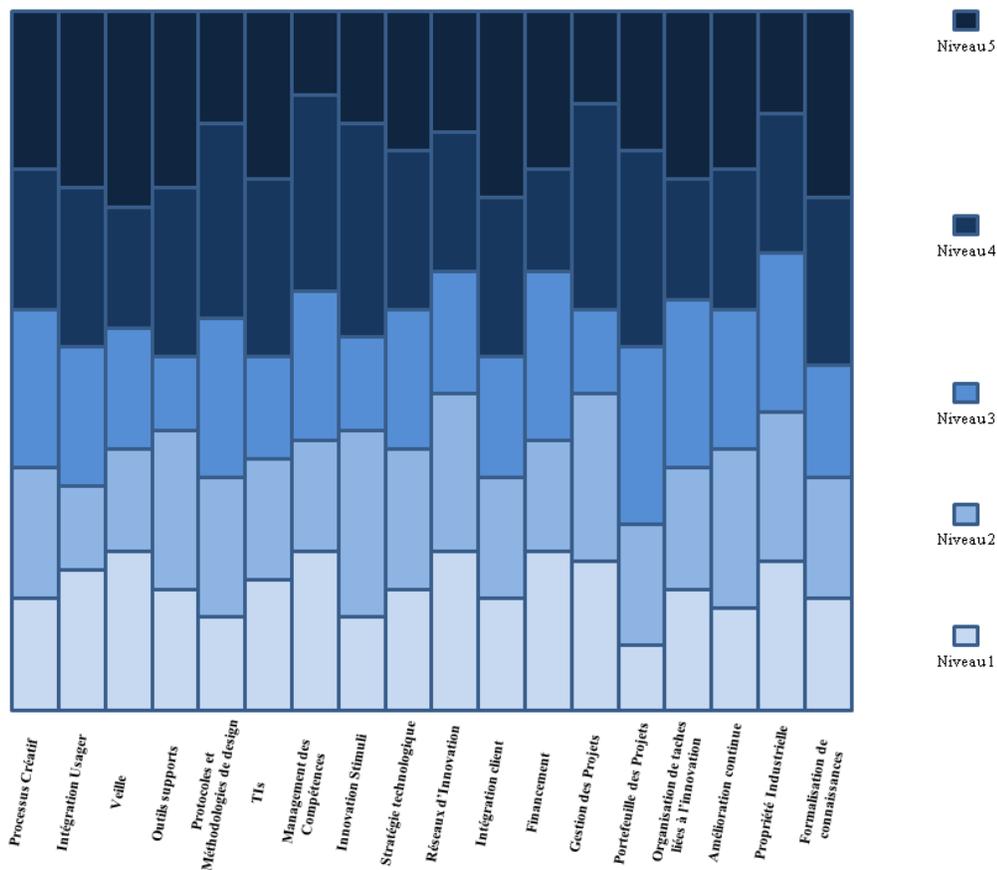
La Figure 20 souligne le domaine du développement de logiciels comme étant celui où les modèles de maturité sont les plus utilisés, mais l'utilisation de ce type de modèles pour évaluer les pratiques dans les entreprises est de plus en plus populaire : gestion de projets (13), gestion de connaissances (10) et gestion des processus (10). Les principaux avantages de la grille de maturité sont :

- **Plusieurs niveaux :** la grille de maturité peut être construite selon différentes configurations et tailles pour mieux s'adapter aux exigences de la caractéristique ou du processus à mesurer. Par exemple, (Hammer, 2007) propose un audit des performances en matière d'organisation et de gestion des entreprises basé sur 4 niveaux de maturité. (Szakonyi, 1994) utilise 6 degrés de développement pour mesurer la coordination entre les services de R&D et de marketing à l'intérieur d'une entreprise. Les niveaux dans la grille doivent respecter un ordre strictement ascendant qui montre le chemin vers la maturité, ce qui permet aussi d'associer une fonction croissante à la grille de façon à assigner une valeur numérique à chaque niveau.
- **Définition descriptive :** les différents niveaux sont définis en utilisant des textes descriptifs qui permettent de faciliter la compréhension de la grille (Maier et al., 2012). Cette caractéristique présente un avantage par rapport aux méthodes de mesure basées sur des échelles de notes ou du type faible/moyen/fort, où l'évaluation reste plus subjective, car une même situation peut être évaluée comme moyenne par une personne et comme

faible par une autre plus exigeante. La définition descriptive permet d'éviter les différences d'appréciation entre les évaluateurs.

- **Visibilité de la progression :** l'ordre ascendant des grilles de maturité permet de connaître tous les états possibles d'une entreprise pour atteindre le niveau maximum. C'est d'une grande utilité pour définir une stratégie ou un plan d'amélioration parce que le manager visualise les étapes à entreprendre qui se traduisent par les séquences suivantes dans la grille de maturité.

Ainsi, nous avons construit 18 grilles de maturité (une pour chaque sous-pratique constituant l'IIP) avec 5 degrés de progrès (90 niveaux de maturité) basés sur l'ensemble des sous-pratiques décrites préalablement. Le passage d'un niveau à l'autre représente une amélioration pour l'entreprise. La hauteur de chaque saut est différente entre les niveaux et aussi entre les questions comme le montre la figure 21. En termes numériques, toutes les sous-pratiques ont comme point de départ le niveau zéro (aucun développement) et peuvent atteindre le niveau de maturité totale (niveau 1 ou 100%), mais les 5 étapes composant la grille représentent un niveau de progrès différent. Ainsi, le ratio d'avancement n'est pas uniforme tout au long de la grille car l'impact de chaque niveau sur la performance est différent. Dans la figure 21, cette différence s'observe par la taille de chaque niveau.



Le passage d'un niveau de maturité à un autre dans une même grille résulte (Le bezvo et al. 2013) :

- d'un accroissement des ressources affectées (dont les compétences) à une sous pratique,
- de la mise en œuvre d'une ou plusieurs méthodologies de travail,
- de la mise en place de partenariats,
- de l'utilisation d'indicateurs pour mesurer l'efficacité des tâches correspondant à cette sous-pratique,
- de l'élaboration d'objet intermédiaire de conception (OIC) permettant un meilleur pilotage (un OIC est un objet ou un résultat intermédiaire élaboré en cours de projet tel qu'un plan ou une maquette),
- chaque niveau de maturité nécessite des compétences et une allocation de ressources différentes.

Finalement, la collecte de données pour l'évaluation de la capacité à innover d'une PME comporte 18 grilles de maturité avec 5 choix de réponses qui représentent 5 degrés de développement de la sous-pratique mesurée. De plus, les réponses respectent la forme d'une grille de maturité, c'est-à-dire qu'elles sont définies par des textes descriptifs qui suivent un ordre ascendant, comme montré dans l'exemple suivant:

- i. **Stratégie intégrée favorisant l'innovation:** réunions, définition de politique stratégique pour la production de nouvelles idées, utilisation d'outils (chaîne de valeur, cycle de vie, matrice TOWS, Tableau de McKinsey)

I	II	III	IV	V
L'entreprise ne déploie pas de stratégie particulière (pas de réunions stratégiques, pas d'utilisation d'outils)	Une stratégie existe mais n'est ni clairement formulée, ni partagée	La réflexion stratégique se fait occasionnellement projet par projet	La stratégie d'entreprise est formulée et la cohérence des projets vérifiée par un Comité	Il existe des réunions internes de définition de la stratégie, une procédure de remontée des projets et de leur sélection existe. Les pré-projets font l'objet d'une courte étape d'instruction avant proposition à la direction.

Tableau 6. Exemple d'évaluation de la sous-pratique : stratégie technologique.

De plus, un autre aspect de notre travail réside dans le développement d'un site web pour diffuser les études en matière de gestion de l'innovation dans les PME : « Innovation-on-the-web ». L'un des principaux objectifs du site est de permettre aux entreprises d'évaluer leur capacité à innover en utilisant le questionnaire défini dans la méthodologie de l'IIP. La création du site a provoqué un changement dans la manière de diffuser le questionnaire. Initialement, les entreprises faisaient l'objet d'une évaluation guidée : une personne ou un spécialiste connaissant l'IIP se rendait dans la PME et après une discussion approfondie sur les processus d'innovation avec un responsable de la direction de l'entreprise, le spécialiste remplissait le questionnaire d'évaluation. Aujourd'hui, la diffusion est autonome : l'entrepreneur trouve directement le questionnaire sur le site, sans une aide personnalisée pour le remplir. Ainsi, notre produit ou service (l'évaluation de la capacité à innover) a changé de marché : nous sommes passés d'un utilisateur qui connaît bien le

questionnaire, à un utilisateur qui aura, probablement, parfois des doutes pour répondre à toutes les questions. Ainsi, nous devons adapter le questionnaire aux besoins de nos nouveaux clients. Nous devons clarifier au maximum la définition de chaque niveau afin de minimiser les doutes et les différences d'appréciation de la part des entrepreneurs ou des responsables qui répondront au questionnaire. Ceci a nécessité une étude terrain d'évaluation, de compréhension des questions, mais aussi de l'interface web. Dans le même esprit, la définition d'onglet d'aide complémentaire a été faite afin d'expliquer pourquoi il est important de mesurer chaque sous-pratique. Dans l'exemple de la stratégie technologique (tableau 6), l'onglet d'aide associé est le suivant :

- **Aide :** définir la stratégie de développement de son entreprise permet de définir les futures activités à lancer et le plan d'action correspondant. Entre autres, la stratégie aide à mieux orienter l'activité de veille, à sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, à faciliter la communication en interne et à l'extérieur, à renforcer la cohérence du développement, etc.

Le questionnaire actuel d'évaluation se trouve en annexe 1.

En résumé, l'évaluation de l'indice d'innovation potentielle est composée par deux niveaux d'agrégation. Dans le premier niveau se trouvent les 6 grandes pratiques (créativité, NPD, gestion des ressources humaines, stratégie, gestion de projets et gestion de connaissances) alors que le deuxième niveau se compose des 18 sous-pratiques qui permettent d'évaluer les phénomènes observables dans les entreprises. La mesure des sous-pratiques est faite au moyen d'un dispositif de collecte de données (phénomènes observables) défini sous la forme de grilles de maturité à 5 niveaux. L'intégration du concept de grille de maturité permet de renforcer la capacité d'analyse et de diagnostic de l'IIP. En effet, un rapport qui détaille la capacité à innover des entreprises a été mis en place.

2. Exploitation des résultats de l'évaluation et benchmarking

Le rapport de diagnostic découlant de l'utilisation des grilles de maturité peut être divisé en trois sections relatives à la structure et aux niveaux d'agrégation de l'indice : premièrement, le résultat général, deuxièmement, l'analyse des 6 grandes pratiques (premier niveau d'agrégation) et finalement, l'analyse des sous-pratiques (deuxième niveau d'agrégation).

Le résultat général montre l'IIP obtenu pour l'entreprise évaluée qui permet de la classer dans l'une des quatre catégories expliquées dans le chapitre 1. Ce niveau d'analyse se centre sur le rôle et l'attitude de l'entreprise pour faire face à son environnement. Dans la figure 22, l'entreprise est classée comme préactive, ce qui signifie qu'elle est dynamique et offensive, capable d'anticiper les changements de son environnement mais avec une vision à moyen terme.

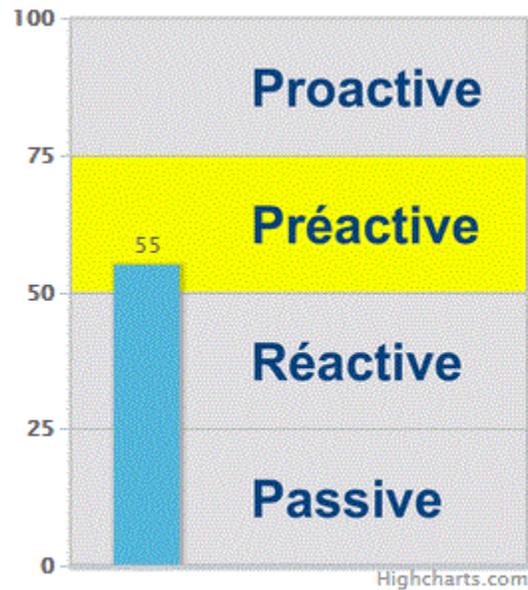


Figure 22. Résultat général et classement de l'entreprise, source : notre recherche

La deuxième analyse se fait sur les performances de chacune des 6 grandes pratiques. Cette analyse permet de mieux comprendre la catégorie dans laquelle a été classée l'entreprise. Le graphique suivant montre la performance par pratique d'une entreprise (Figure 23)

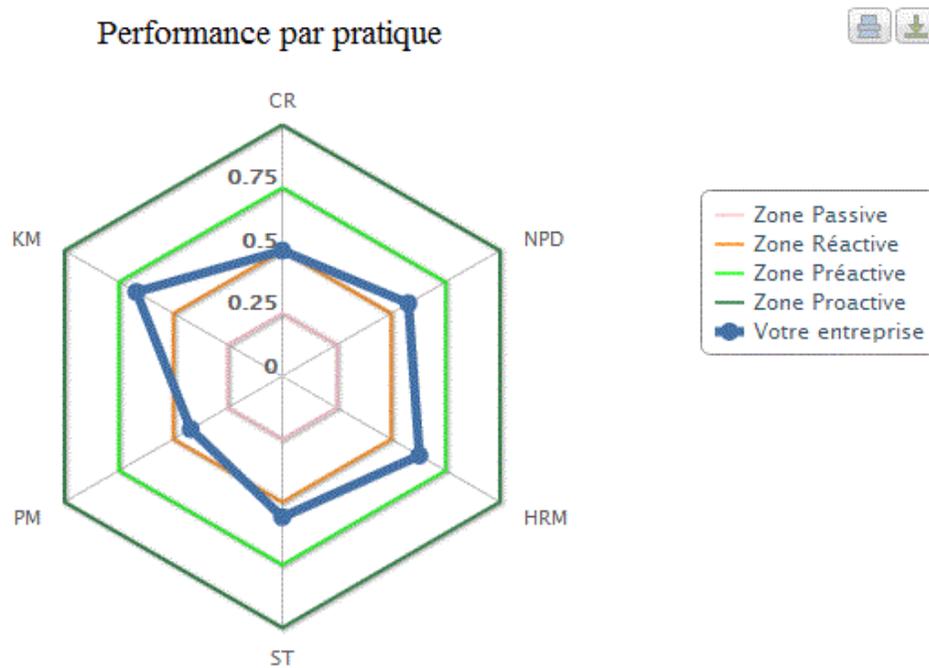


Figure 23. Profil de la performance par grande pratique (critères), source : notre recherche.

Le graphique en toile d'araignée à six axes représente le profil de l'entreprise en matière d'innovation. Cela permet d'identifier les points forts et faibles. Dans l'exemple, la gestion de connaissances (KM) est la pratique la plus développée avec une évaluation proche de la valeur 0.75. Par contre, la gestion de projets représente une faiblesse car elle se situe en dessous de la limite inférieure de la catégorie assignée à l'entreprise (0.5).

Finalement, nous pouvons réaliser l'analyse sur les sous-pratiques. A ce stade, la grille de maturité prend toute son importance, car si l'analyse précédente a indiqué quelles pratiques doivent être renforcées, la lecture de la grille de maturité va dire comment améliorer ces pratiques. Ainsi, un point faible identifié dans l'entreprise de l'exemple (figure 23) est la gestion de projets. Donc, si l'entreprise décide d'améliorer cette pratique, le manager doit regarder les sous pratiques concernant la gestion de projets pour définir le plan stratégique. Des trois sous-pratiques associées, la première a l'évaluation la plus faible. Ainsi, la lecture de la grille de maturité de cette sous pratique 5.A (gestion de projets) permettra de connaître l'état actuel (en rose) et l'état suivant qui définit la recommandation (en orange).

Pratiques	Sous-Pratiques	Niv. 1	Niv. 2	Niv. 3	Niv. 4	Niv. 5
1. Créativité	A. Utilisation d'outils pour encourager la créativité					
	B. Intégration des parties prenantes en cours de conception					
	C. Organisation, récolte et gestion d'informations					
2. NPD	A. Utilisation d'outils d'aide à la conception					
	B. Existence de méthodologies d'aide à la conception					
	C. Utilisation de Tis					
3. RH	A. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société					
	B. Encouragements à l'innovation					
4. Stratégie	A. Stratégie intégrée favorisant l'innovation					
	B. Fonctionnement en réseaux					
	C. Importance du client					
	D. Financement					
5. Pjt Mgt	A. Gestion de projets					
	B. Gestion des ressources					
	C. C	Ad hoc. Pas de planification, ni d'allocation des ressources ou des responsabilités	Définition d'un objectif global, mais peu de formalisation, pas de définition d'indicateurs de suivi. Désignation d'un responsable de projet	Les objectifs du projet sont connus, un suivi des ressources est fait. Un système de gestion régularisé existe. un software est utilisé (p.ex. MsProject)	Existence d'un système de suivi de type collaboratif, toutes les personnes concernées font un suivi en temps réel et interactif	Existence d'un système de retour d'expériences et de gestion de connaissances par projet (B. P&G)
6. KM	A. A					
	B. B					
	C. C					

Figure 24. Grille d'évaluation d'une entreprise, source : notre recherche.

Cette procédure est itérative et peut se répéter pour les 18 sous-pratiques. Ainsi, l'entreprise peut disposer d'une analyse complète de sa capacité à innover en identifiant les points possibles d'amélioration et en définissant un plan d'action basé sur la grille de maturité.

Au-delà du résultat individuel, nous pouvons faire aussi une analyse comparative entre les entreprises appartenant à un même contexte (secteur d'activité, secteur géographique, niveau d'innovation, etc.). Ce type d'analyse est toujours intéressant pour les entreprises, parce qu'elles découvrent leur position par rapport à leurs concurrents et à d'autres entreprises aux caractéristiques similaires. Plus précisément, la comparaison :

- aide l'entreprise à se fixer des objectifs d'amélioration : parvenir au même niveau qu'un concurrent ou le surpasser,
- permet au dirigeant de se conforter dans l'idée que mieux piloter l'innovation est dans le domaine du possible,
- donne des arguments pour convaincre le personnel.

La figure 25 montre une analyse comparative entre petites et moyennes entreprises de la région Lorraine. La comparaison se base sur leur capacité à innover (IIP) et sur des caractéristiques propres comme le chiffre d'affaires (euros) et la taille (nombre d'employés).

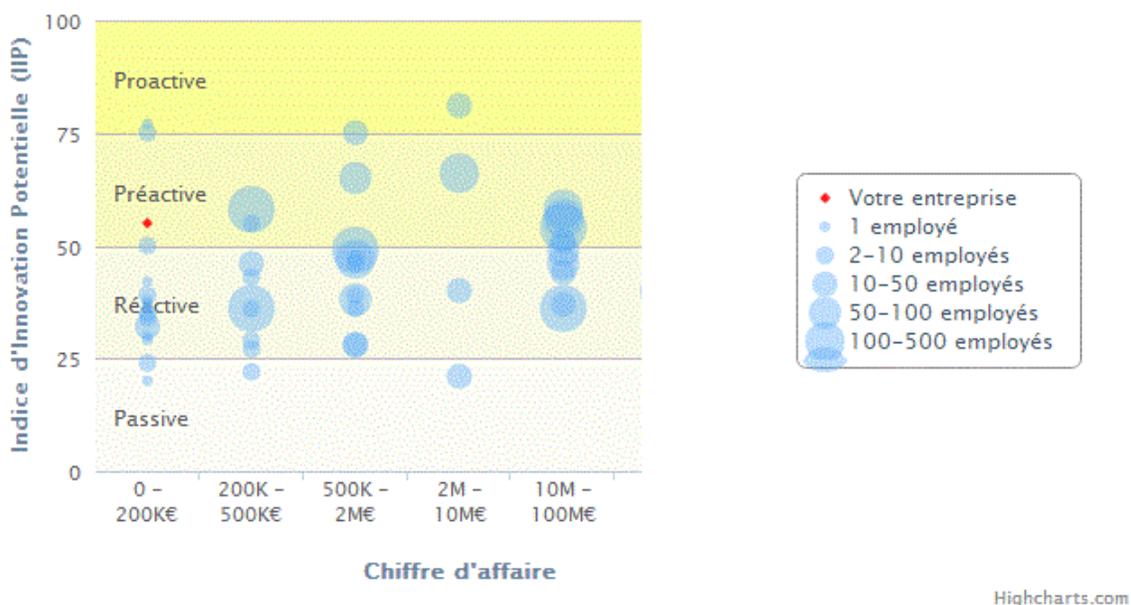


Figure 25. Benchmarking entre PME appartenant à différents secteurs d'activité, source : notre recherche.

Nous pouvons également comparer les entreprises d'un panel au niveau de chaque pratique. Dans ce cas, la comparaison est effectuée par rapport à la moyenne des entreprises (Figure 26). Ainsi, sur le côté gauche, nous trouvons toutes les pratiques où l'entreprise est moins performante que la moyenne des autres entreprises et sur le côté droit, les pratiques où l'entreprise obtient une évaluation plus élevée.

Les études de benchmarking portent, premièrement, sur la comparaison entre entreprises du même secteur d'activité : elle permet de savoir dans quelles pratiques l'entreprise est la mieux placée (ou pas) par rapport à la concurrence. Deuxièmement, la comparaison entre entreprises de la même catégorie d'innovation permet d'apprendre quelles sont les meilleures pratiques des entreprises qui appartiennent à la même catégorie, c'est-à-dire, celles ayant une capacité d'innovation similaire.

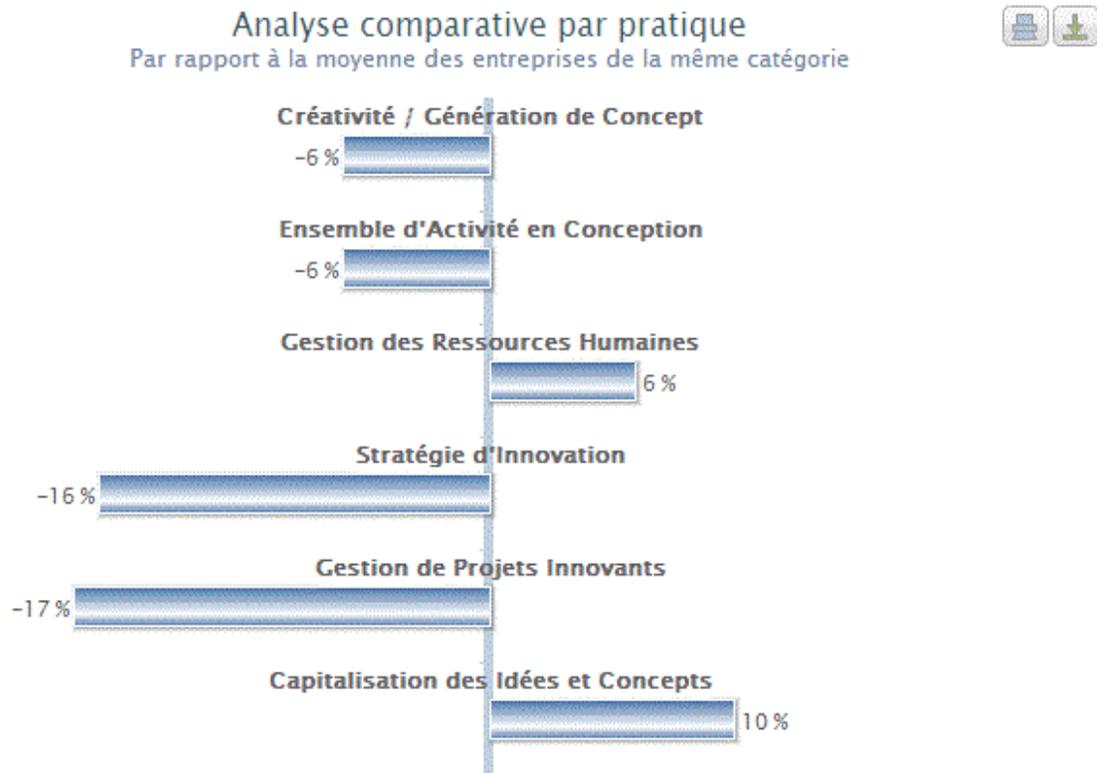


Figure 26. Analyse comparative entre la performance d'une entreprise et la performance moyenne de sa catégorie, source : notre recherche.

L'IIP peut aussi être utilisé comme référentiel pour évaluer l'évolution de la capacité à innover d'une entreprise dans le temps et proposer les actions à mener sur une période donnée. Cette évolution peut se faire par rapport aux trois niveaux d'analyse présentés dans le diagnostic. Ainsi, nous pouvons regarder les variations de la valeur de l'IIP et les changements de classement de l'entreprise, ou des variations sur son profil par pratique ou bien, des changements sur les sous-pratiques mesurées par la grille de maturité. La figure 27 montre l'évolution d'une entreprise qui monte de la catégorie *réactive* à la catégorie *préactive*.

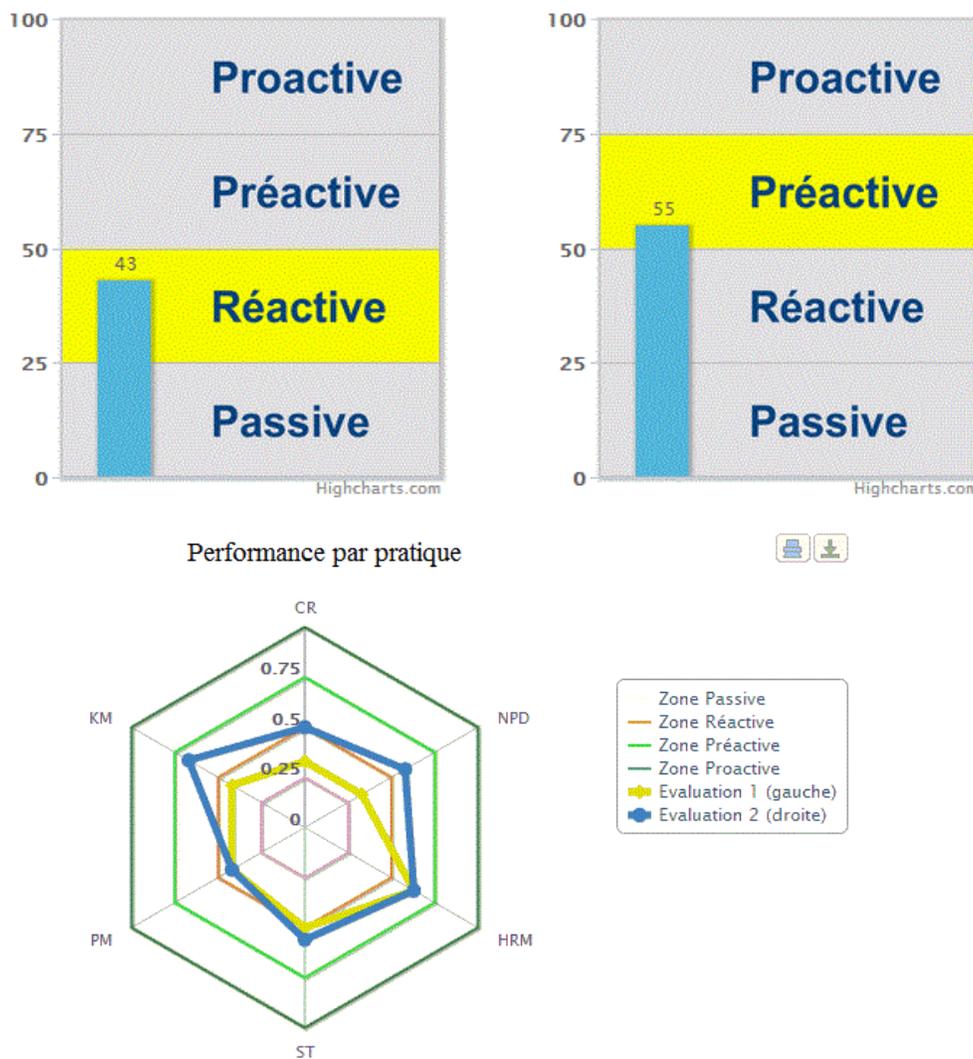


Figure 27. Evolution dans le temps d'une entreprise, source : notre recherche.

Ainsi, le diagnostic constitue une aide aux PME en leur permettant de mieux comprendre leur système d'innovation.

Grâce au profil, elle peut comprendre les raisons de son indice et être capable d'identifier les processus d'innovation forts et faibles qui constituent ses leviers d'amélioration. Enfin, en lisant la grille de maturité, elle pourra définir un plan stratégique d'amélioration de sa capacité à innover. Finalement, l'utilisation d'un référentiel standard d'évaluation permet aux entreprises de se comparer entre elles et d'apprendre. Les études de benchmarking sont utiles car elles permettent d'identifier les meilleures pratiques (« best practices ») pour pouvoir les répliquer dans des organisations similaires.

Ce type d'analyse permet d'émettre des préconisations sur la capacité à innover de l'entreprise en donnant un guide préliminaire des points éventuels à renforcer. Ainsi, nous avons fait un premier pas vers la définition d'une stratégie d'amélioration de la capacité à innover.

3. Conclusion

Une fois validé notre choix sur l'IIP comme référentiel d'évaluation de la capacité à innover, nous avons constaté que l'indice répond aux nouvelles tendances des métriques d'innovation, avec un aspect encore à développer : l'évaluation des phénomènes observables. Ainsi, notre apport a consisté en l'introduction de grilles de maturité : des textes descriptifs expliquent clairement les différents degrés de développement que nous pouvons trouver dans une pratique mesurée. Cette caractéristique permet de minimiser les différences d'appréciation au moment de remplir le questionnaire, les réponses sont ordonnées sous forme ascendante en permettant de suivre le plan de progrès des processus d'innovation. Enfin, nous avons contribué à l'évolution de la méthode multicritère.

Initialement, l'IIP a eu comme objectif de classer les entreprises dans une des 4 catégories possibles, mais nous avons montré que l'analyse peut aller plus loin. Ainsi, le diagnostic travaille sur 3 niveaux d'agrégation : la vision générale qui définit la catégorie et le rôle de l'entreprise dans son marché, puis l'analyse de la performance par pratique qui montre le profil de l'entreprise et qui permet d'identifier les forces et faiblesses de l'entreprise. De plus, sur ce niveau d'analyse il est possible de réaliser un benchmarking pour visualiser la performance de l'entreprise par rapport aux autres. Enfin, l'analyse sur les phénomènes observables permet d'établir le degré de développement sur chacune des 18 sous-pratiques. Dans cette analyse, l'utilisation de la grille de maturité a son intérêt car elle possède les caractéristiques pour proposer un diagnostic d'évolution d'une PME en matière d'innovation. La visualisation de la grille de maturité donne les premières pistes pour générer un plan d'action destiné à améliorer la performance, car elle permet de connaître le niveau suivant pour développer la sous-pratique évaluée. Mais ces actions sont intuitives, ce qui peut représenter un risque pour l'entreprise car la mise en œuvre d'un plan d'amélioration nécessite l'utilisation de ressources (coûts) et produit un impact sur le système actuel de l'entreprise. Ainsi, dans la suite de ce document nous travaillerons sur la proposition d'une démarche pour générer une stratégie d'amélioration optimale adaptée aux besoins de chaque entreprise.

CHAPITRE 4 : Proposition d'une démarche pour la génération de recommandations pour améliorer la capacité à innover des PME.

Introduction

Le chapitre précédent nous a permis de définir le référentiel d'évaluation de la capacité à innover, et notamment l'indice d'innovation potentielle basé sur la mesure des processus internes d'innovation des PME. L'IIP permet de faire l'analyse détaillée de la capacité à innover des PME, en établissant une vision de la situation actuelle et de la gestion de leur dynamique d'innovation en vue de proposer des progrès à ces dernières en matière d'innovation. Différentes recherches (Boly et al., 2013; Rodriguez Rey et al., 2013; Sepulveda et al., 2010) montrent que les PME des secteurs d'activité traditionnels ont un faible degré de développement de leur capacité à innover. L'étude de benchmarking réalisée entre des PME de l'Argentine et de la France montre que, indépendamment du pays ou du secteur d'activité des entreprises, 55% d'entre elles sont classées dans la catégorie la plus faible (Passive), et que seulement 5% des entreprises présentent un niveau d'innovation élevé (Préactive). Aucune entreprise n'a été classée dans la meilleure catégorie (Proactive) ((Galvez et al., 2013). Ceci vérifie un manque de développement de la capacité à innover des PME et montre donc la nécessité de créer un système qui permet d'orienter les PME pour améliorer leur gestion des processus d'innovation.

Ce chapitre propose un mécanisme de génération automatique de recommandations pour améliorer la capacité à innover des PME. Ce mécanisme se base sur un modèle d'optimisation linéaire qui cherche à trouver le meilleur compromis entre une amélioration de la gestion des processus innovatifs et l'utilisation des ressources. L'IIP est la métrique utilisée comme indicateur pour évaluer une amélioration de la performance d'innovation qui servira de base pour la définition du modèle d'optimisation.

1. Modèles d'optimisation

Les modèles d'optimisation sont de plus en plus utilisés par les entreprises pour formaliser leurs processus et trouver des points possibles d'amélioration de leur performance. La programmation de modèles d'optimisation présente deux caractéristiques principales qui en font un outil d'aide à la définition d'une stratégie d'amélioration. Le premier avantage est la capacité de représenter différentes problématiques dans divers domaines d'application. La définition des variables et des équations adéquates permet de simuler un grand nombre de situations. Le deuxième avantage est la possibilité de choisir différents critères d'optimisation, tels que la minimisation des coûts, la maximisation des profits, etc. (Kolm et al., 2014; Mansini et al., 2014; PENG et al., 2009).

Les modèles d'optimisation permettent aux entreprises de simuler leurs activités. L'un des processus les plus modélisés est la gestion de la chaîne logistique parce que dans ce processus plusieurs acteurs participent (les consommateurs, les producteurs et les distributeurs) et génèrent diverses interactions entre eux, donnant ainsi naissance à une grande variété de modèles (Perea et al., 2000; Perea-López et al., 2003; Sarimveis et al., 2008). Ce type de modèles peut aussi être appliqué dans un contexte spécifique. (Shabani et Sowlati, 2013) proposent un modèle qui vise à optimiser le fonctionnement de la chaîne logistique pour la production d'énergie à partir de la biomasse forestière. Quant à (Willersrud et al., 2013), c'est un modèle visant à optimiser, à court

terme, la production d'une plateforme pétrolière ou gazière. (Chou et al., 2010) définissent un modèle qui permet d'étudier le comportement du système de transit du port de Taïwan. Dans le domaine financier, (Aouni et al., 2014) proposent un modèle d'optimisation d'indicateurs de performance tels que le retour prévu et l'investissement. Enfin, (Kolm et al., 2014) ont fait une étude bibliographique sur l'apport des modèles d'optimisation comme un outil d'aide à la décision sur les marchés financiers au cours des 60 dernières années.

La capacité à imiter la réalité des modèles d'optimisation permet de simuler différents scénarios. C'est pourquoi ils sont utilisés comme un outil d'aide à la décision pour la définition de stratégies. (Bessa et Matos, 2014) proposent un modèle qui simule divers scénarios en permettant de choisir la meilleure stratégie pour le système ibérique de génération d'électricité. (Sarica et al., 2012) utilisent l'optimisation pour étudier et choisir l'une des deux alternatives proposées pour un marché énergétique décentralisé. Ainsi, l'application d'un modèle d'optimisation dans notre problématique peut nous aider à définir le plan d'action pour améliorer la capacité à innover des PME. En effet, nous pensons que la simulation et l'évaluation de plusieurs stratégies nous permettront de trouver les meilleures solutions en termes de compromis entre l'investissement en ressources et son impact sur la performance de l'entreprise en matière d'innovation.

2. Modélisation de l'évaluation de la capacité à innover basée sur l'IIP

La proposition d'un modèle d'optimisation linéaire part du principe qu'il doit imiter la réalité. Dans notre cas, il s'agit de l'évaluation de la capacité à innover d'une PME. Ainsi, le modèle doit répliquer l'application du questionnaire d'évaluation, tel que nous l'avons décrit dans le chapitre précédent, le calcul de l'IIP et le classement de l'entreprise. Le questionnaire est composé d'un ensemble de questions mis en forme dans une grille de maturité à cinq niveaux. Ainsi, pour répondre au questionnaire, le modèle pourra choisir la meilleure option dans un groupe de 5 réponses possibles. L'équation suivante montre la procédure de réponse à chacune des 18 questions.

$$R_j = \sum_{k=1}^5 I_{jk} * O_k \quad (1)$$

La variable R_j représente la réponse ou l'évaluation de chacune des sous-pratiques j ($j= 1, 2, 3, \dots, 18$). Pour choisir une des 5 réponses possibles, nous avons défini la variable binaire suivante I_{jk} , qui vaudra 1 si l'option de réponse k ($k= 1, 2, \dots, 5$) est choisie et 0 dans le cas contraire. O_k est un vecteur qui représente la valeur associée de chacune des 5 réponses possibles k expliquées dans le chapitre précédent ($O_k = [0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1]$). L'exemple suivant montre une application de l'équation 1 : si une entreprise a un degré moyen de développement de la sous-pratique X (troisième niveau dans la grille de maturité), la variable R_x représente l'évaluation de cette sous-pratique de la manière suivante :

$$R_x = I_{x1} * O_1 + I_{x2} * O_2 + I_{x3} * O_3 + I_{x4} * O_4 + I_{x5} * O_5 \quad (2)$$

$$R_x = 0 * 0 + 0 * 0.25 + 1 * 0.5 + 0 * 0.75 + 0 * 1 = 0,5 \quad (3)$$

Ainsi, l'évaluation de la sous-pratique X sera représentée par la valeur 0,5. Une autre condition importante est que le modèle doit prendre en considération le fait que chaque sous-pratique doit être évaluée et que cette évaluation doit être exclusive, c'est-à-dire, que seule une des 5 réponses proposées doit être choisie (équation 4).

$$\sum_{k=1}^5 I_{jk} = 1 \quad (4)$$

Comme chacun des 5 niveaux de la grille de maturité est associé à une variable binaire I_{jk} , si nous faisons la somme des 5 variables binaires liées à la question j (soit 1), nous pouvons être sûrs que chaque sous-pratique aura une évaluation et que cette évaluation sera unique. Ainsi, dans notre cas, une matrice $18 * 5$ montre l'évaluation des 18 sous-pratiques.

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

La matrice I montre le récapitulatif de l'application du questionnaire d'évaluation de la capacité à innover d'une PME. Ainsi, nous avons réalisé la première étape pour le calcul de l'Indice d'Innovation Potentielle. Jusqu'ici, nous avons travaillé sur le deuxième niveau d'agrégation. Nous devons maintenant passer au premier niveau : calculer le degré de développement des 6 grandes pratiques d'innovation. Pour le calcul de cette valeur, il est nécessaire d'évaluer toutes les sous-pratiques (R_j) obtenues dans l'équation 1) ainsi que l'importance de chaque sous-pratique dans sa grande pratique correspondante. Le tableau 7 montre l'assignation de poids tant pour les sous-pratiques (niveau d'agrégation 2) que pour les grandes pratiques (niveau d'agrégation 1). Il convient de signaler que ces poids sont définis en fonction de l'opinion des chercheurs et des spécialistes sur les processus d'innovation comme défini par (Corona, 2005).

Niveau d'agrégation 1		Niveau d'agrégation 2	
Pratique	Poids (W_i)	Sous-pratique	$W0_j$
1. Créativité	0.175	1. Processus créatif	0.26
		2. Intégration Usager	0.33
		3. Veille	0.41
2. NPD	0.107	4. Outils support	0.43
		5. Protocoles et méthodologies de design	0.19
		6. TICs	0.38
3. RH	0.068	7. Managements de compétences	0.47
		8. Innovation stimuli	0.53
4. Stratégie	0.231	9. Stratégie technologique	0.05
		10. Réseaux d'innovation	0.51
		11. Intégration client	0.27
		12. Financement	0.17
5. Gestion de Projets	0.194	13. Gestion de projets	0.01
		14. Portefeuille des projets	0.47
		15. Organisation de tâches liées à l'innovation	0.52
6. Gestion de Connaissances	0.224	16. Amélioration continue	0.34
		17. Propriété industrielle	0.29
		18. Formalisation de connaissances	0.37

Tableau 7. Poids associés aux pratiques et sous pratiques composant l'IIP

La variable P_i représente la valeur assignée à chaque grande pratique i , (i = Créativité, NPD, RH, Stratégie, Gestion Projet et KM). Le calcul de la valeur de chaque pratique est défini par la somme pondérée des sous-pratiques associées par rapport à leur importance dans la pratique $W0_j$ (dernière colonne). Le nombre de sous-pratiques associées étant différent pour chaque grande pratique, nous devons définir de façon indépendante chaque variable P_i .

$$P_{Créativité} = \sum_{j=1}^3 R_j * W0_j \quad (5)$$

Ainsi, par exemple, l'évaluation de la créativité est déterminée par les trois premières sous-pratiques : les processus créatifs, l'intégration des usagers et les processus de veille technologique.

$$P_{NPD} = \sum_{j=4}^6 R_j * W0_j \quad (6)$$

Le développement de nouveaux produits NPD est définie par l'évaluation des 3 sous-pratiques suivantes : l'utilisation d'outils de supports d'aide à la conception, l'existence de protocoles et de méthodologies de design et l'utilisation d'équipement hard TICs.

$$P_{RH} = \sum_{j=7}^8 R_j * W0_j \quad (7)$$

La grande pratique gestion de ressources humaines se base sur deux sous-pratiques : le management de compétences et la stimulation de l'innovation.

$$P_{Stratégie} = \sum_{j=9}^{12} R_j * W0_j \quad (8)$$

La « stratégie » est la grande pratique qui a le plus grand nombre de sous-pratiques associées. Sa valeur dépend de l'évaluation de la stratégie technologique, des réseaux d'innovation, de l'intégration du client et de la méthode de financement.

$$P_{Gestion\ Proj} = \sum_{j=13}^{15} R_j * W0_j \quad (9)$$

La valeur de la grande pratique gestion de projets est définie par 3 sous pratiques : la gestion de projets, la gestion d'un portefeuille de projets et l'organisation de tâches liées à l'innovation.

$$P_{KM} = \sum_{j=16}^{18} R_j * W0_j \quad (10)$$

Enfin, la gestion de connaissances est déterminée par les trois dernières sous-pratiques : l'amélioration continue des processus, la formalisation de connaissances et la propriété industrielle.

Le calcul de la valeur des 6 grandes pratiques permet d'obtenir l'indice d'innovation potentielle. La méthodologie officielle de l'IIP se base sur l'application de la méthode multicritère flow sort, comme cela a été expliqué dans le chapitre précédent. Le mécanisme d'optimisation proposé est un modèle linéaire. Ainsi, tous les calculs doivent être définis sous la forme d'équations linéaires. Il est donc nécessaire de redéfinir le calcul de l'IIP en respectant cette condition. L'équation 11 montre l'adaptation de l'indice en utilisant l'évaluation des 6 pratiques (P_i) et leur poids respectif (W_i).

$$IIP = \sum_{i=1}^6 W_i * P_i \quad (11)$$

Le changement dans la manière de calculer l'IIP pourrait générer des problèmes de constance entre les résultats obtenus à partir du modèle et la méthodologie flow sort, parce que l'application d'une méthode linéaire nous ramène au problème d'incomparabilité exposé dans le chapitre 3. Afin d'éviter ce type de problèmes et de respecter le profil actuel de l'entreprise évaluée, les contraintes suivantes sont définies :

$$|P_{Créativité} - P_i| \leq |P0_{Créativité} - P0_i| \quad (12)$$

$$|P_{NPD} - P_i| \leq |P0_{NPD} - P0_i| \quad (13)$$

$$|P_{RH} - P_i| \leq |P0_{RH} - P0_i| \quad (14)$$

$$|P_{Strategy} - P_i| \leq |P0_{Strategy} - P0_i| \quad (15)$$

$$|P_{Gestion\ Projet} - P_i| \leq |P0_{Gestion\ Projet} - P0_i| \quad (16)$$

$$|P_{KM} - P_i| \leq |P0_{KM} - P0_i| \quad (17)$$

Les 6 grandes pratiques ne sont pas mutuellement indépendantes. Il existe des interactions et des influences mutuelles entre elles qui génèrent un effet de synergie qui permettra de renforcer la capacité à innover globale des PME. Nous avons commencé à étudier ces phénomènes dans (Haddad, 2014). Une gestion efficace des processus d'innovation devrait être représentée par un profil plus homogène car, de cette manière, les performances des 6 grandes pratiques auront un degré de développement similaire. L'ensemble des équations (12 – 17) limite les différences entre les performances des pratiques (sur le côté gauche de l'équation) et la différence maximale actuelle (sur le côté droit de l'équation). Ainsi, la stratégie d'amélioration obtenue à partir du modèle est basée sur le profil actuel de l'entreprise.

Après avoir calculé la valeur de la performance des 6 grandes pratiques, il reste à déterminer la catégorie dans laquelle l'entreprise sera classée. Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 1, les 4 catégories prédéfinies ont des valeurs limites qui permettent de définir leur zone d'appartenance (Morel, 2007). Dans ce cas, nous nous intéresserons seulement à la limite inférieure de chaque catégorie (L_c). Ainsi, comme l'un des objectifs du modèle est que l'entreprise évaluée appartienne à une catégorie spécifique, nous définissons que l'IIP doit dépasser la limite inférieure de la catégorie désirée (équation 18). Par exemple, pour qu'une entreprise soit classée dans la catégorie Réactive, son IIP doit être plus élevé que 0,25, car cette valeur est la limite inférieure de cette catégorie. La variable L_c est un vecteur de 4 valeurs, 0 pour la catégorie passive, 0,25 pour les réactives, 0,5 pour les préactives et 0,75 pour les proactives.

$$IIP \geq L_c \quad (18)$$

De cette manière, nous avons complété la procédure de mesure de la capacité à innover d'une PME, mais comme dans tout processus, il est nécessaire de tenir compte de l'utilisation des ressources associées au développement de toutes les pratiques innovantes. Sur cette question, la définition du questionnaire d'évaluation sous la forme d'une grille de maturité prend toute son importance, puisque cela permet de définir la fonction d'effort économique associée à chacune des 18 sous-pratiques. Toutes les sous-pratiques représentent des activités ou processus et elles sont mesurées par une grille de maturité à cinq niveaux de performance. En d'autres termes, chaque sous-pratique peut se réaliser de 5 manières différentes ordonnées selon le degré de progrès (escalier). Les niveaux de performance supposent l'utilisation des outils, l'application des méthodologies, la réalisation de formations du personnel, l'acquisition de nouvelles technologies, etc. En définitive, le développement d'une sous-pratique avec un certain niveau de performance implique l'allocation d'un type de ressource qui peut se traduire par un coût ou un effort

économique de la part de l'entreprise. Comme les 5 niveaux sont ordonnés selon leur performance, il est raisonnable de penser que les efforts économiques associés auront également un ordre croissant. Ainsi, nous pouvons obtenir une matrice d'efforts économiques avec une structure analogue à une grille de maturité. Nous avons signalé que la représentation graphique de la grille de maturité est un escalier (chapitre 3). Par conséquent, la fonction mathématique qui représente l'effort économique prend une forme similaire (figure 28).

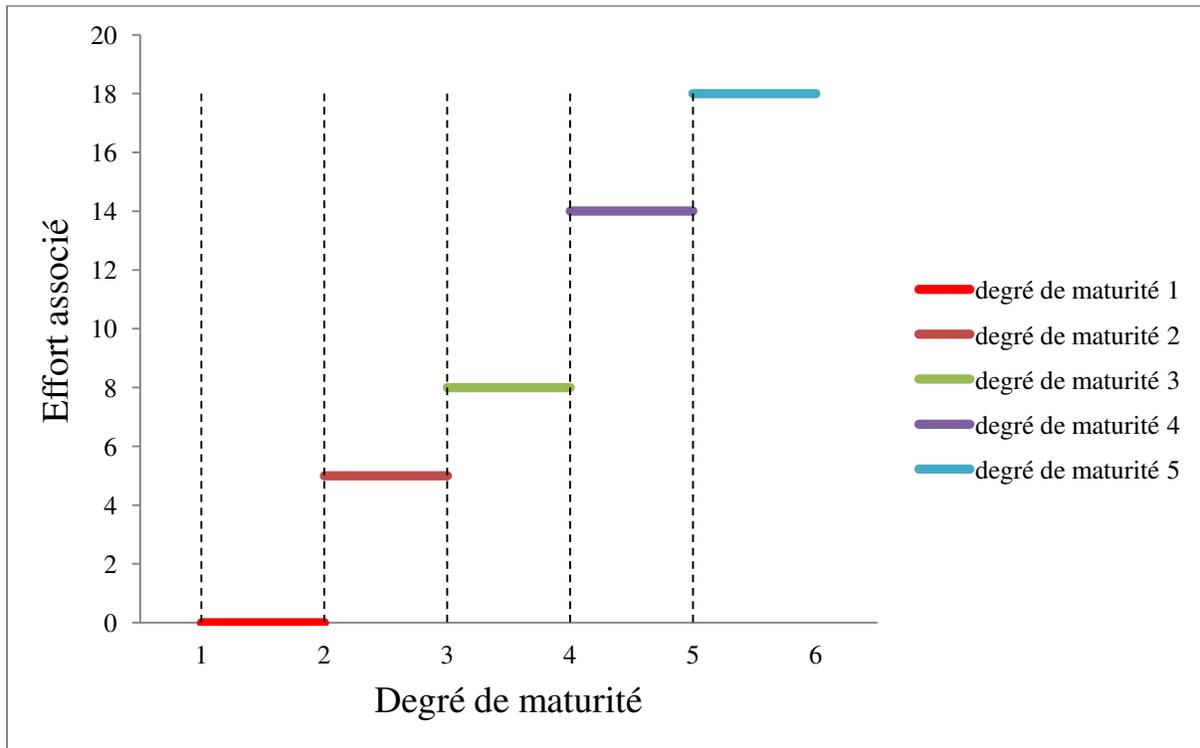


Figure 28. Exemple d'une fonction d'effort économique hypothétique, source : notre recherche.

Le lien entre la grille de maturité et les efforts économiques permet de définir la forme de la courbe de la fonction mathématique associée, mais par contre il n'est pas évident de définir la hauteur des points de discontinuité, parce que ces valeurs dépendent de divers facteurs, tels que les ressources utilisées et le temps nécessaire de travail. Une première approche pour la définition des courbes de maturité sur les sous-pratiques a été effectuée par (Enjolras et al., 2014), qui ont travaillé par rapport aux 5 niveaux de développement de la propriété industrielle. Cette étude montre la complexité de définir les courbes. Ainsi, dans le modèle, les fonctions d'efforts économiques seront définies par 18 courbes différentes qui respectent la forme d'un escalier avec des marches non uniformes. Ces 18 courbes sont regroupées dans la matrice X_{ij} . L'utilisation de la variable binaire définie précédemment permet de calculer l'effort économique C_j par sous-pratique j . La multiplication entre ces deux matrices a pour effet que seulement les efforts des réponses choisies ($I_{jk} = 1$) seront considérés.

$$C_j = \sum_{k=1}^5 X_{jk} * I_{jk} \quad (19)$$

Enfin, nous proposons aussi la possibilité d'ajouter de nouvelles contraintes pour mieux représenter la situation particulière des PME. Par exemple, si l'entreprise est satisfaite de sa performance dans les pratiques de créativité et de gestion de projets, elle peut demander un plan d'amélioration qui ne touche pas à ces deux pratiques. Ceci se traduira dans notre modèle par les équations 20 et 21 qui définissent que la créativité et la gestion de projets doivent maintenir leur niveau actuel.

$$P_{Créativité} = P0_{Créativité} \quad (20)$$

$$P_{Gestion\ Projet} = P0_{Gestion\ Projet} \quad (21)$$

Une autre situation pourrait être que l'entreprise décide que le plan d'action priorise une pratique spécifique. Par exemple, si c'est la pratique stratégie qui est choisie, l'équation 22 établit que la différence de la performance de stratégie entre la situation actuelle et la situation cible doit être plus élevée que la différence entre toutes les autres cinq pratiques. Ainsi, nous nous assurons que si le modèle propose un changement sur certaine pratique, il va générer aussi un changement égal ou supérieur sur la pratique stratégie.

$$|P_{Stratégie} - P0_{Stratégie}| \geq |P_i - P0_i| \quad (22)$$

A ce stade de notre recherche, le modèle fonctionne sur la base de la relation entre les investissements en matière d'innovation et leur impact sur la performance de l'entreprise. Il permet de respecter le profil actuel de l'entreprise et de considérer divers contraintes pour mieux représenter le contexte et les situations particulières de l'étude. Cependant, il manque encore une étape fondamentale, la définition de la fonction « objectif » c'est-à-dire, celle qui traduit l'objectif attendu.

3. Définition des stratégies d'amélioration de la capacité à innover

3.1 L'effort minimal requis pour accéder à une catégorie supérieure.

La mesure de l'indice d'innovation potentielle situe les entreprises dans une catégorie qui représente leur capacité à innover. Les différents travaux réalisés (Boly et al., 2013; Galvez et al., 2013; Nemery et al., 2012; Rejeb et al., 2008; Sepulveda et al., 2010) indiquent un faible niveau d'innovation dans les PME, quel que soit le contexte auquel elles appartiennent. Par conséquent, l'une des stratégies les plus demandées est celle qui permet d'accéder à une catégorie supérieure. (Porter, 1980) souligne trois types génériques de stratégie : la différenciation par rapport à la concurrence, la stratégie de créneau afin de se concentrer sur un segment du marché particulier et la minimisation des coûts afin d'obtenir une meilleure relation prix/coûts. Sur la base de cette dernière stratégie, nous proposons un plan d'action pour faire accéder une PME à une catégorie supérieure.

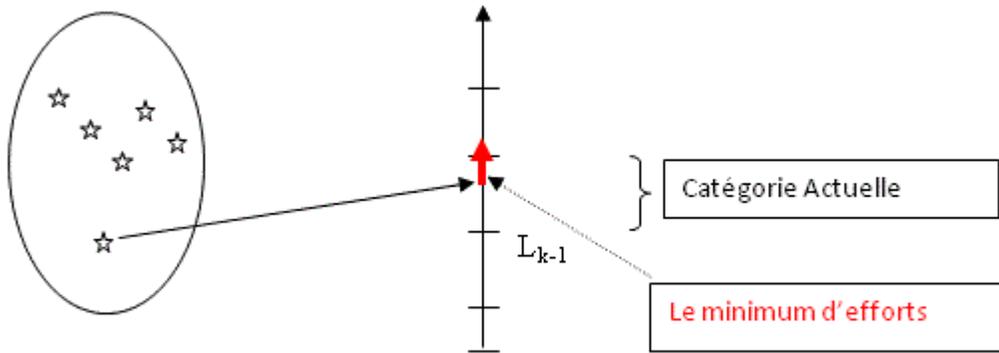


Figure 29. Stratégie d'accès à une catégorie supérieure avec un minimum d'effort, source : notre recherche.

La figure 29 représente le fonctionnement de la première stratégie d'optimisation proposée, où une entreprise a_i est classée selon son IIP dans une certaine catégorie, mais son objectif est d'accéder à la catégorie supérieure à condition que cette amélioration génère le minimum d'efforts économiques possibles. Ainsi, le critère d'optimisation sera la minimisation des ressources supplémentaires requises pour atteindre l'objectif : la fonction « objectif » vise à minimiser la différence des efforts économiques de l'entreprise en matière d'innovation entre la situation cible (C_j) et la situation actuelle (CO_j).

$$\text{Min } \sum_{j=1}^{18} C_j - CO_j \quad (23)$$

En plus, nous cherchons à définir un plan d'action qui travaille sur la base de l'allocation des ressources actuelles de l'entreprise. Ainsi, l'application de la stratégie aura un moindre impact sur le système technologique de l'entreprise puisque les améliorations ne commencent pas à zéro. L'équation 24 définit que toutes les sous-pratiques doivent, au moins, maintenir leur niveau actuel.

$$R_j \geq R0_j \quad (24)$$

Dans l'équation 18, nous définissons la limite L_c qui correspond à la catégorie cible et qui permettra d'assurer l'amélioration de la capacité à innover.

3.2 Maximiser les économies de ressources

Dans le monde industriel actuel, il existe une grande incertitude sur la stabilité des marchés financiers. Cette situation complique encore plus la prise de risque, surtout pour les petites et moyennes entreprises qui sont les plus vulnérables aux crises économiques. Ainsi, une stratégie d'orientation plutôt défensive (Miles et al., 1978) peut être la plus appropriée pour ce type d'entreprises. C'est pourquoi, le deuxième plan d'action proposé se base sur l'économie de ressources tout en maintenant le niveau d'innovation actuel. La figure 30 montre le fonctionnement de cette stratégie, où l'entreprise a_i est classée dans une catégorie et qu'elle cherche à descendre jusqu'à la limite inférieure de cette catégorie pour maintenir son classement et réduire l'utilisation de ressources.

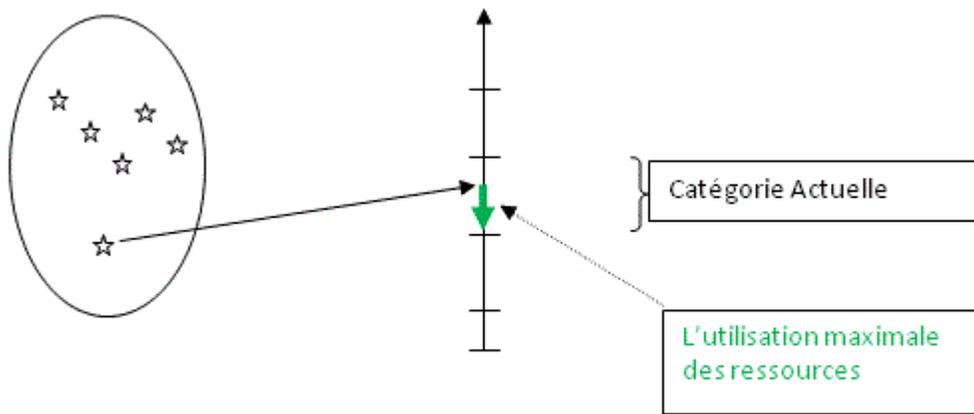


Figure 30. Stratégie de maximisation des économies de ressources, source : notre recherche.

Le critère d'optimisation continue à être l'effort économique, mais cette fois nous cherchons à maximiser l'utilisation de ressources, ainsi la fonction « objectif » est définie comme la maximisation de la différence des efforts économiques de l'entreprise en matière d'innovation entre la situation actuelle ($C0_j$) et la situation cible (C_j).

$$\text{Max } \sum_{j=1}^{18} C0_j - C_j \quad (25)$$

Dans ce cas, les efforts associés à la situation actuelle sont plus élevés que dans la situation cible, puisque la gestion de ressources n'est pas optimisée. Par conséquent, toutes les sous-pratiques doivent maintenir ou diminuer leur niveau actuel. Cette contrainte est logique car nous pouvons économiser seulement sur les ressources déjà allouées.

$$R_j \leq R0_j \quad (26)$$

L'entreprise vise à rester dans son niveau d'innovation actuel. Ainsi, dans l'équation 18 la limite L_c sera la limite inférieure de la catégorie assignée.

3.3 Maximisation de l'IIP avec un budget défini

Dans les entreprises, la réalisation périodique de bilans permet, entre autres, d'avoir une vision globale de l'état des différents départements de l'organisation, d'évaluer les performances et de fixer des objectifs. Ces bilans permettent aussi de déterminer les ressources disponibles pour chaque activité ou processus à l'intérieur de l'entreprise en définissant un budget. De cette manière, il est habituel de trouver un budget défini par activité. L'innovation comme processus interne de l'entreprise n'échappe pas à cette condition. Ainsi, l'enjeu consiste à utiliser au mieux les ressources allouées.

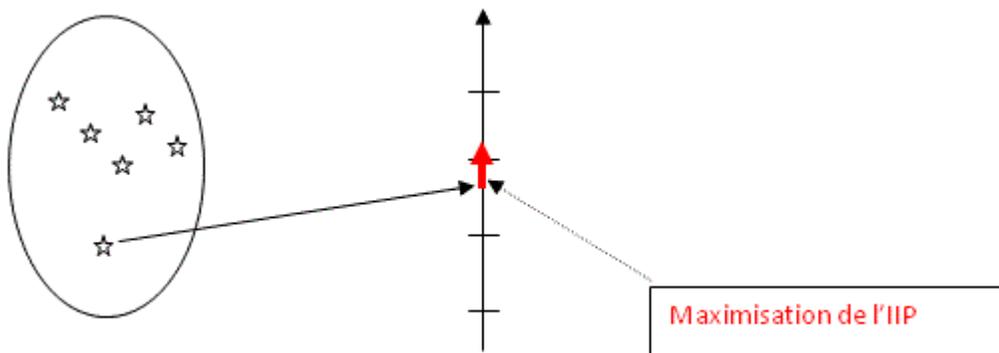


Figure 31. Stratégie de maximisation de l'IIP avec un budget défini, source : notre recherche.

Dans ce cas, le critère d'optimisation change (par rapport aux deux stratégies précédentes). Nous cherchons à obtenir l'indice d'innovation potentielle le plus élevé possible avec le budget défini (figure 31). La fonction « objectif » sera la maximisation de l'IIP. Il faut rappeler également que le calcul de l'IIP a été défini dans l'équation 11.

$$Max IIP \quad (27)$$

Comme dans la première stratégie proposée, nous cherchons à définir un plan d'action basé sur le profil actuel de l'entreprise en matière d'innovation. En conséquence, toutes les sous-pratiques doivent, au moins, maintenir leur niveau actuel

$$R_j \geq R0_j \quad (28)$$

Enfin, nous devons ajouter une contrainte pour respecter le budget défini pour le développement de l'innovation, ce budget peut être exprimé en un montant déterminé d'euros ou en pourcentage rapporté au budget actuel. La somme des efforts économiques associés à toutes les sous-pratiques ne doit pas dépasser le budget. Dans ce cas, il n'existe pas une catégorie cible. Ainsi, l'indice optimisé définira le classement de l'entreprise.

$$\sum_{j=1}^{18} C_j \leq Budget \quad (29)$$

En conclusion, nous disposons de trois possibilités pour générer une stratégie d'amélioration de la capacité à innover : la minimisation de l'effort économique, la maximisation des économies de ressources et la maximisation de l'IIP. Normalement, le choix de la stratégie dépend du contexte et des caractéristiques de l'entreprise, mais parfois cette décision peut être complexe. Ainsi, dans la section suivante, nous proposerons un protocole d'aide à la décision de la stratégie la plus appropriée.

4. Protocole d'aide à la décision de la stratégie la plus appropriée

La prise de décision est toujours une tâche compliquée, surtout si le décideur doit prendre en considération plusieurs critères. Le choix de la meilleure stratégie pose un problème de ce type. L'entrepreneur se doit de considérer au minimum les profits, les coûts et la faisabilité de l'application d'une stratégie. Sur la base de ces trois aspects, nous proposons un protocole d'aide à la décision pour choisir l'option la plus adéquate au regard du contexte et des préférences de l'entrepreneur. Ainsi, le processus de prise de décision consiste à définir la stratégie la plus appropriée entre trois alternatives possibles selon trois critères de sélection. Ces critères sont :

- **Performance** : ce critère cherche à évaluer les profits résultant de l'application de la stratégie. Dans notre cas, la performance est mesurée par l'IIP, avec la première et la troisième stratégie qui proposent une amélioration du niveau d'innovation alors que la deuxième alternative propose une diminution de l'IIP.
- **Coûts** : ce critère vise à déterminer les efforts et les ressources nécessaires pour la mise en œuvre de la stratégie. Ce critère est mesuré par l'effort économique associé aux sous-pratiques. A l'inverse du critère précédent, la deuxième stratégie présente une économie des efforts de gestion. Par contre, la première et la troisième alternative demandent des ressources supplémentaires.
- **Impact** : ce critère cherche à mesurer l'impact de l'application de la stratégie sur le système technologique de l'entreprise. Une PME est composée par un ensemble de processus, équipement, personnel qui confortent son système technologique. La mise en place d'une nouvelle stratégie impacte cette structure. Ce critère est évalué par le nombre de changements que la stratégie propose, c'est-à-dire par la quantité de recommandations données. Dans ce cas, le nombre de recommandations est variable pour toutes les alternatives.

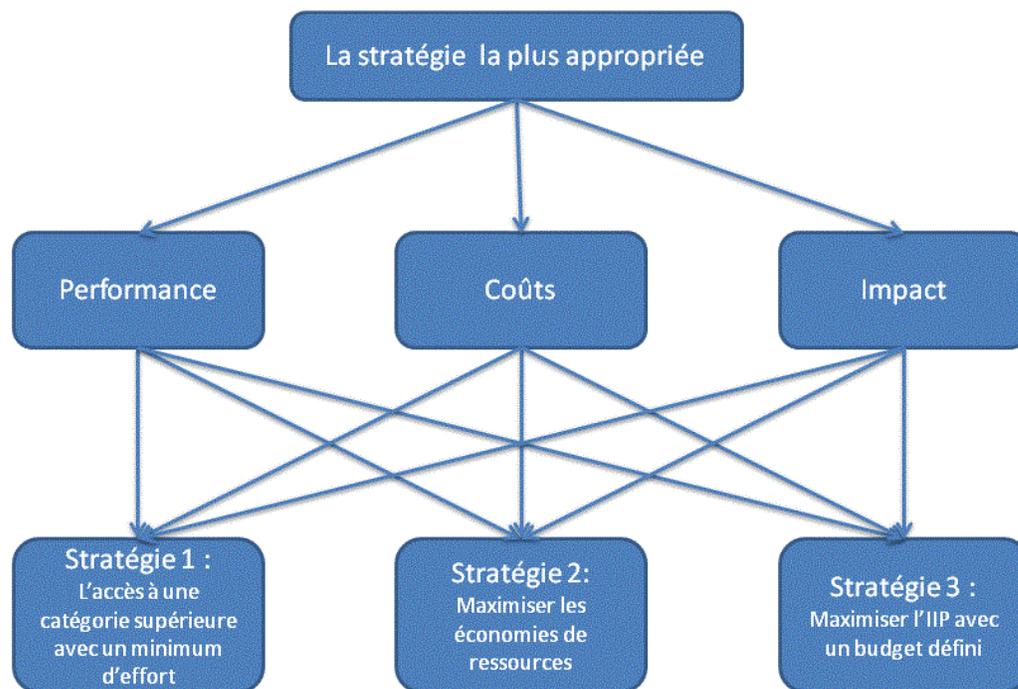


Figure 32. Représentation hiérarchique de la prise de décision de la meilleure stratégie. (Source : notre recherche)

Partant du fait que la prise de décision prend en compte les préférences du décideur, la méthodologie multicritère utilisée pour le protocole doit permettre de calculer le poids des critères selon l'importance attribuée par l'entrepreneur, tout en priorisant les trois alternatives proposées. Ces caractéristiques du problème nous amènent à proposer l'utilisation de la méthodologie AHP (« Analytic Hierarchy Process »). Cette méthodologie est largement appliquée dans différentes études scientifiques (Lee et al., 2012; Manteghi et Jahromi, 2012). Dans notre cas, les avantages d'utiliser AHP sont : la possibilité de travailler avec des données qualitatives, la simplicité de calcul et l'obtention d'une priorisation des alternatives possibles. De plus, on peut ajouter d'éventuels nouveaux critères ou alternatives sans difficulté. C'est pourquoi, cette méthodologie s'adapte parfaitement à notre problème.

La méthodologie AHP permet d'obtenir la pondération des critères à partir de l'opinion des experts en utilisant l'échelle de Saaty pour faire des comparaisons par paires entre tous les critères (Ghazinoory et al., 2007). L'échelle de Saaty permet de mesurer la préférence du décideur sur un critère par rapport à un autre, en assignant une valeur numérique aux niveaux des préférences. L'échelle est progressive avec 1 qui signifie « importance égale » et 9 qui signifie « extrêmement plus important » que l'autre (Saaty, 2008). Ainsi, sur la base de cette échelle, nous devons réaliser toutes les comparaisons par paires possibles au regard de notre sujet. Comme notre problème compte trois critères, les comparaisons seront au nombre de trois aussi. Ainsi,

nous avons créé un nouveau questionnaire de seulement trois questions, qui permet d'évaluer les priorités de l'entrepreneur, comme montré dans le tableau suivant.

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact

Tableau 8. Questionnaire d'évaluation des préférences de l'entrepreneur

Par exemple, si sur la dernière question le décideur marque la case 7 sur le côté gauche (en vert), alors le critère coûts est très fortement plus important que le critère impact. Par contre, si le décideur coche la case 3 sur le côté droit (en rouge), le critère impact est légèrement plus important que le critère coûts. Ainsi, l'application de la méthodologie AHP permet de calculer le poids des trois critères et d'obtenir en conséquence l'importance relative que l'entrepreneur assigne à chaque critère.

Il reste à déterminer la priorisation des alternatives (stratégies) proposées. Nous avons déjà calculé le poids des critères, mais il faut évaluer les alternatives pour chacun des critères de sélection. Sur ce point, le modèle d'optimisation simule les trois stratégies permettant de connaître l'évaluation du critère performance (l'amélioration de l'IIP), du critère coûts (l'effort économique) et du critère impact (le nombre de changements). De cette manière, nous pouvons appliquer la deuxième partie de la méthodologie AHP pour prioriser les stratégies. Le résultat est un ranking qui ordonne les alternatives selon les préférences de l'entrepreneur et la simulation faite par le modèle d'optimisation. (Le questionnaire et les calculs du protocole se trouvent dans l'annexe 2)

Alternative (Stratégie)	Priorité
Stratégie 3	45%
Stratégie 1	30%
Stratégie 2	25%

Tableau 9. Priorisation des stratégies proposées.

A titre d'exemple, la stratégie 3 (optimisation de l'IIP) est la plus appropriée avec 45% des préférences de l'entrepreneur, suivie par la stratégie 1 (monter de catégorie) avec 30% des préférences et, finalement, la stratégie 2 (économies de ressources) avec 25%. Il est important de souligner que le protocole, comme son nom l'indique, est une aide pour définir la stratégie la plus convenable, mais le choix final dépend de la décision de l'entrepreneur. Une fois la stratégie à

suivre définie, notre méthodologie peut générer le plan d'action détaillé avec toutes les recommandations à suivre.

5. Méthodologie de génération de recommandations

La figure 33 montre un récapitulatif du fonctionnement global de la méthodologie de génération de recommandations.

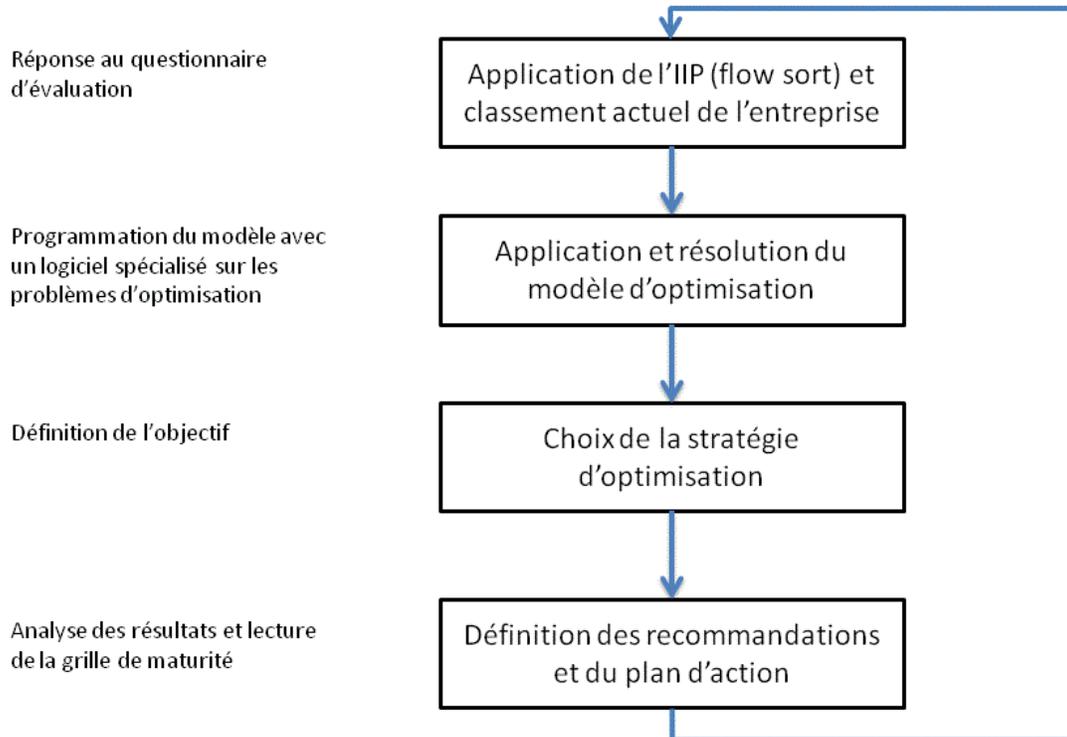


Figure 33. Résumé des étapes d'application de la méthodologie pour obtenir les recommandations d'amélioration. (Source : notre recherche)

Nous pouvons identifier 4 étapes principales :

- **L'application de l'IIP et le classement actuel de l'entreprise :** comme nous l'avons signalé, la première étape pour définir un plan d'amélioration est la visualisation de l'état actuel. Ainsi, l'application de l'IIP fonctionne comme un scanner de la capacité à innover de l'entreprise. Le calcul de l'indice permet de classer la PME et de connaître son profil et son niveau en matière d'innovation. L'analyse du rapport d'évaluation proposé dans le chapitre 3 aide les entrepreneurs à mieux comprendre la gestion et l'importance des processus innovatifs. En fait, les études concernant l'IIP montrent le besoin de la création d'un système de génération de recommandations pour aider les entreprises à renforcer leurs pratiques d'innovation. Ainsi, l'évaluation et le classement actuel de l'entreprise serviront de données d'entrée pour l'application du modèle.

- **L'application et la résolution du modèle d'optimisation :** la définition de la situation actuelle de l'entreprise combinée avec des contraintes particulières (équations 20, 21 et 22) complètent l'ensemble des équations qui déterminent le modèle spécifique à résoudre pour l'entreprise étudiée. Mathématiquement, le modèle est programmé sur un logiciel spécifique pour la résolution des problèmes d'optimisation linéaire : GAMS. L'algorithme de travail se base sur les méthodologies simplex et branch&bound (Vamanan et al., 2004; Xiong et Jutan, 2003). Dans notre cas, le problème a été défini comme un modèle de programmation linéaire entière mixte (« Mixed Integer Linear Programming » MILP). C'est pourquoi, le modèle sera résolu par branch&bound. Cette méthode réalise de nombreuses itérations afin de diminuer l'espace de recherche et de trouver la solution optimale (Fliedner et Boysen, 2008). Ainsi, le modèle trouvera la meilleure combinaison de réponses au questionnaire d'évaluation en considérant l'objectif et toutes les contraintes et conditions définies par le cas d'étude.
- **Le choix de la stratégie d'optimisation :** le modèle est résolu pour les trois stratégies proposées : accéder à la catégorie supérieure avec l'effort le moins important possible, rester dans la même catégorie en économisant les ressources et optimiser l'IIP avec un budget défini. Normalement, la stratégie sera choisie par l'entrepreneur en fonction des objectifs et des caractéristiques de l'entreprise. En cas de doute, il peut être assisté par le protocole d'aide à la décision proposé dans la section précédente qui se base sur trois critères de sélection.
- **La définition des recommandations et du plan d'action :** la dernière étape consiste à traduire les résultats du modèle de manière à créer un plan d'action compréhensible pour les entrepreneurs. Dans l'étape précédente, nous avons obtenu les évaluations optimales de toutes les sous-pratiques, lesquelles sont regroupées dans la matrice I (les chiffres 1 indiquent le niveau de maturité des 18 sous-pratiques), et nous connaissons les évaluations actuelles, obtenues dans la première étape (matrice Io). La définition du plan d'action et la génération des recommandations ont leur origine dans la comparaison entre les évaluations actuelles et optimales. Ainsi, les points à améliorer seront les réponses pour lesquelles nous trouverons des différences entre les deux matrices.

$$I_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Dans notre exemple, nous trouvons des différences dans 4 sous-pratiques (cercles rouges). Ainsi, l'entreprise, pour atteindre l'objectif visé, doit maintenir le niveau dans 14 sous-pratiques et en améliorer seulement 4. La figure 34 montre en quoi le profil en matière d'innovation doit évoluer. Les flèches jaunes soulignent les sous-pratiques qui feront objet de recommandations. Ainsi, le plan d'action proposera de travailler sur les stimuli à l'innovation, la stratégie technologique, le portefeuille de projet et la formalisation de connaissances.

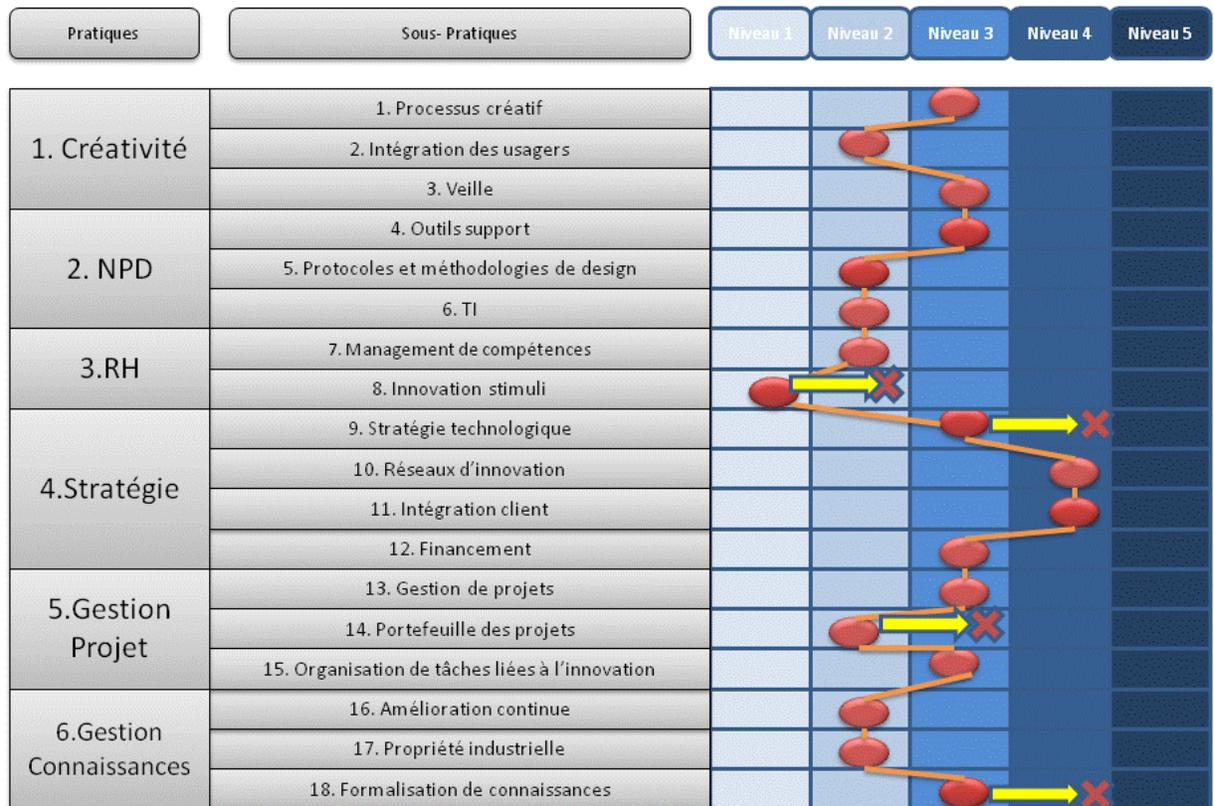


Figure 34. Evolution du profil en matière d'innovation. (Source : notre recherche)

La définition du plan d'action est obtenue à partir de la lecture de la grille de maturité sur les 4 sous-pratiques qui nécessitent une amélioration par rapport à leur niveau actuel (tableau 10). Ainsi, la figure 34 indique que la stratégie technologique (sous-pratique 9) doit passer du niveau 3 au niveau 4. La lecture de la grille de maturité (tableau 10) nous conduit à conclure que l'entreprise a actuellement une réflexion stratégique occasionnelle projet par projet (niveau de maturité 3). Si elle souhaite évoluer, elle va devoir faire en sorte d'avoir une stratégie d'entreprise formulée et que la cohérence de ses projets soit vérifiée par un comité (niveau de maturité 4). En répétant le processus pour les autres trois sous-pratiques, nous avons construit le tableau de recommandations ci-dessous :

Sous-pratique	Situation actuelle	Situation cible (recommandations)
8. Stimuli à l'innovation	Aucune action spécifique (Niveau 1)	Les personnes impliquées dans l'innovation sont félicitées et l'entreprise organise de petites manifestations (Niveau 2)
9. Stratégie technologique	La réflexion stratégique se fait occasionnellement projet par projet (Niveau 3)	La stratégie d'entreprise est formulée et la cohérence des projets vérifiée par un Comité (Niveau 4)
14. Portefeuille de projets	Une liste de projets possibles est disponible, avec quelques informations (Niveau 2)	Les projets sont décrits et priorisés selon des critères financiers (Niveau 3)
18. Formalisation de connaissances	Les connaissances acquises sont centralisées et un outil de recherche facilite leur exploitation (Niveau 3)	Les connaissances acquises au cours du projet font l'objet d'un module de formation dispensé dans toute l'entreprise (Niveau 4)

Tableau 10. Plan d'action et recommandations obtenues à partir de l'application de la méthodologie proposée.

Ainsi, la méthodologie de génération de recommandations permet d'obtenir un plan d'action particulier pour chaque entreprise car le plan est construit à partir de ses caractéristiques propres (définition des contraintes), de son profil actuel (évaluation de l'IIP) et de ses objectifs (choix de la stratégie). Dans le chapitre suivant, la méthodologie sera appliquée dans divers cas afin de tester sa pertinence et sa robustesse.

6 Conclusion

La définition de l'Indice d'Innovation Potentielle comme référentiel de mesure de la capacité à innover a permis la création de la méthodologie de génération de recommandations pour qu'une entreprise améliore sa performance d'innovation. L'évaluation de l'IIP permet de connaître la situation actuelle de l'entreprise et de mieux comprendre la gestion des pratiques d'innovation, deux points clés pour la définition d'une stratégie d'amélioration. La difficulté traditionnelle du développement de la capacité d'innovation a toujours été le manque des métriques adéquates. La création d'un référentiel comme l'IIP permet de pallier ce manque.

La méthodologie de génération de recommandations proposée exploite le potentiel d'avoir une évaluation basée sous la forme d'une grille de maturité qui permet de connaître tous les stades d'évolution possibles des sous-pratiques. La modélisation mathématique permet de représenter diverses situations de la vie réelle. En effet, le modèle simule différentes manières de gérer la capacité à innover pour atteindre l'un des objectifs prédéfinis : monter dans la catégorie supérieure, économiser les ressources ou maximiser l'IIP. L'entrepreneur a la possibilité de choisir librement la stratégie qu'il désire, mais parfois cette décision est compliquée du fait de la multitude des aspects à considérer. Le protocole d'aide à la décision permet d'orienter l'entrepreneur sur la stratégie la mieux adaptée à ses besoins et à ses préférences. Le protocole choisit la stratégie la plus appropriée sur la base de trois critères fondamentaux : les profits obtenus, les ressources utilisées et l'impact sur le système technologique actuel de l'entreprise.

Ainsi, on tient compte à la fois des dimensions profits/coûts et de la faisabilité technique qui résulteront de l'application de la stratégie. Le modèle est capable de s'adapter aux diverses situations dans lesquelles les entreprises peuvent se trouver. La définition de contraintes aide à représenter les enjeux et les conditions particulières à chaque étude de cas. Ainsi, le modèle est capable d'identifier les sous-pratiques qui permettront d'avoir l'effet de levier nécessaire pour optimiser la gestion de la capacité à innover.

Le plan d'action obtenu est assez complet car il établit les pratiques à améliorer, il détermine le niveau de maturité optimal de ces pratiques, et en plus, il calcule les indicateurs importants comme la performance et les efforts économiques associés à la situation cible. Mais ce modèle nécessite d'être calibré et validé par rapport à des cas réels car l'implémentation d'un plan d'action peut avoir de nombreuses conséquences dans et sur une organisation. Il est donc important d'avoir un retour d'expérience de la part des entrepreneurs pour évaluer l'acceptation de la méthodologie, mais aussi pour améliorer la lisibilité du rendu. Cet aspect sera abordé dans le chapitre suivant, lors de nos tests en grandeur nature effectués en collaboration avec la chambre de commerce de Moselle (CCI Moselle) sur un panel de PME lorraines.

CHAPITRE 5 : Etude de cas: Application de la méthodologie de génération de recommandations appliquée à différents scénarii

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons proposé le modèle d'optimisation et la méthodologie pour la génération de recommandations, mais il nous faut maintenant procéder à la validation de notre proposition. En effet, la principale différence entre la phase d'application de l'IIP et l'application du mécanisme de recommandations est le degré d'intervention sur les pratiques et les processus de l'entreprise. En effet, l'indice résulte d'un phénomène d'observation, c'est-à-dire, qu'il est seulement un outil d'analyse qui permet de mieux comprendre la gestion de la capacité à innover. Il ne demande pas un effort supplémentaire de la part de l'entreprise. Par contre, le mécanisme de recommandations propose une liste d'actions que l'entreprise doit suivre pour obtenir les résultats attendus. Ces actions sont associées à des coûts et à l'utilisation de ressources ; donc, l'entreprise va réfléchir à deux fois avant d'implémenter le plan proposé. De plus, dans le cas où l'entreprise décide de suivre les recommandations, leur implémentation peut demander un temps plus ou moins important avant d'obtenir des résultats. C'est pourquoi tous ces facteurs rendent plus difficile l'étape de test du modèle d'optimisation.

Pour aider le processus de validation de la méthodologie de génération de recommandations, des travaux en collaboration avec la Chambre de Commerce et d'Industrie de Moselle ont été mis en place. Ainsi, le plan d'action proposé est soutenu et accompagné par les conseils d'un spécialiste de la CCI. De cette manière, les entrepreneurs feront plus confiance aux recommandations et le spécialiste aura un premier retour d'expérience instantané sur l'acceptation et la compréhension du plan proposé. Pour notre part, nous pouvons tester le mécanisme en proposant des simulations sur différents cas et ainsi tester la méthodologie de recommandations dans diverses situations réelles.

1. Etude de cas

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, l'application de la méthodologie pour obtenir les recommandations d'amélioration de la capacité à innover des PME se divise en 4 étapes : le calcul de l'IIP afin d'avoir une vision actuelle de la gestion de l'innovation de l'entreprise, la résolution du modèle d'optimisation qui permet d'obtenir des résultats pour les trois alternatives de stratégie proposées, le choix de la stratégie la plus appropriée en fonction des préférences de l'entrepreneur et finalement, la définition des recommandations et du plan d'action à suivre.

Nous simulerons tout ce processus à partir de l'évaluation d'une entreprise réelle qui a mesuré sa gestion de l'innovation en utilisant l'IIP comme indicateur. L'entreprise, une PME, comporte une vingtaine de salariés et elle travaille sur l'installation d'équipements thermiques et de climatisation (pour des raisons de confidentialité son nom ne peut être cité dans ce document).

2. Evaluation et classement actuel de l'entreprise

La vision de la situation actuelle de l'entreprise définit le point de départ pour la création de la stratégie d'amélioration. Nous réalisons l'analyse sur la base du rapport de diagnostic de la capacité à innover présenté dans le chapitre 3.



Figure 35. Classement actuel de l'entreprise

De manière générale, l'indice d'innovation potentielle obtenu par l'entreprise la classe dans la catégorie réactive. Cela signifie que l'entreprise attend qu'il y ait des changements sur son marché pour réagir. Elle a une stratégie défensive d'adaptation à l'environnement avec une vision à court terme.

Si nous cherchons à affiner l'analyse, nous pouvons obtenir un profil de performance de l'entreprise par grandes pratiques.

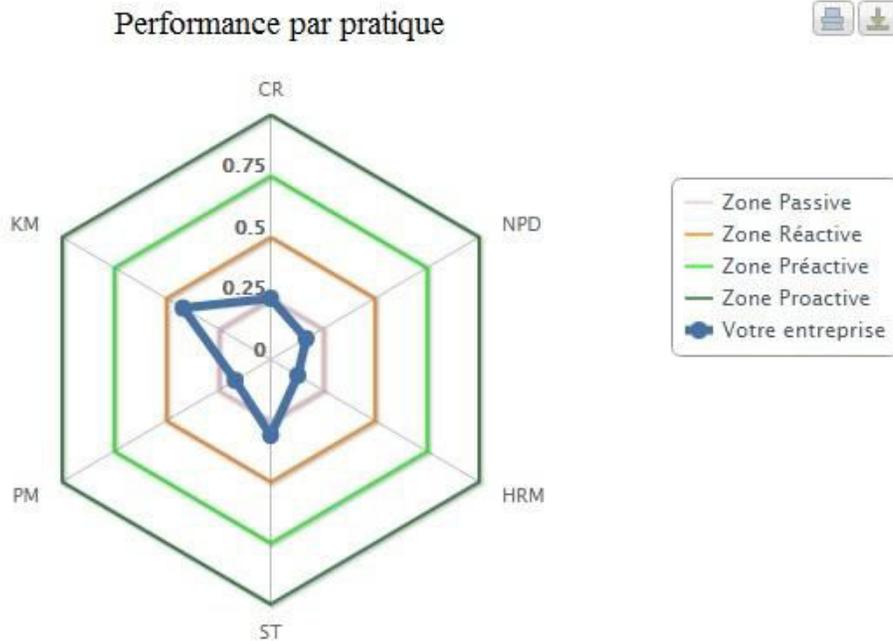


Figure 36. Profil de la performance par grandes pratiques.

L'analyse globale de la capacité à innover de cette entreprise confirme des résultats déjà connus, à savoir la difficulté des PME pour gérer leurs pratiques d'innovation. Il est habituel de trouver les PME classées dans les deux catégories les moins innovantes. La figure 36 montre le profil par grandes pratiques de l'entreprise permettant ainsi d'identifier les points forts (gestion de connaissances et stratégie) et les points faibles (ressources humaines, gestion de projets et NPD).

Pratiques	Sous-Pratiques	Niv. 1	Niv. 2	Niv. 3	Niv. 4	Niv. 5
1. Créativité	A. Utilisation d'outils pour encourager la créativité	Red				
	B. Intégration des parties prenantes en cours de conception			Orange		
	C. Organisation, récolte et gestion d'informations		Pink			
2. NPD	A. Utilisation d'outils d'aide à la conception		Pink			
	B. Existence de méthodologies d'aide à la conception		Pink			
	C. Utilisation de TICs	Red				
3. RH	A. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société		Pink			
	B. Encouragements à l'innovation	Red				
4. Stratégie	A. Stratégie intégrée favorisant l'innovation		Pink			
	B. Fonctionnement en réseaux		Pink			
	C. Importance du client			Orange		
	D. Financement		Pink			
5. Pjt Mgt	A. Gestion de projets		Pink			
	B. Gestion du portefeuille de projets	Red				
	C. Organisation de tâches liées à l'innovation		Pink			
6. KM	A. Amélioration continue des processus d'innovation			Orange		
	B. Politique de gestion de la propriété industrielle		Pink			
	C. Capitalisation des connaissances			Orange		

Figure 37. Grille d'évaluation de l'entreprise

La figure 37 présente la grille de maturité avec le niveau de maîtrise par sous-pratique. Le profil de l'entreprise est plus ou moins homogène car la performance de toutes les sous-pratiques se situe entre les niveaux 1 et 3. Ainsi, l'écart entre les performances n'est pas significatif. En plus, l'analyse sur les sous-pratiques permet de comprendre les raisons de la faible performance en ressources humaines, gestion de projets et NPD car ces trois grandes pratiques ont au moins une sous-pratique dans le niveau le plus faible de la grille de maturité (questions 2.C, 3.B et 5.B) en rouge.

L'intérêt à ce stade est de savoir en plus comment se situe l'entreprise par rapport à la concurrence.

Choix du secteur d'activité à afficher :

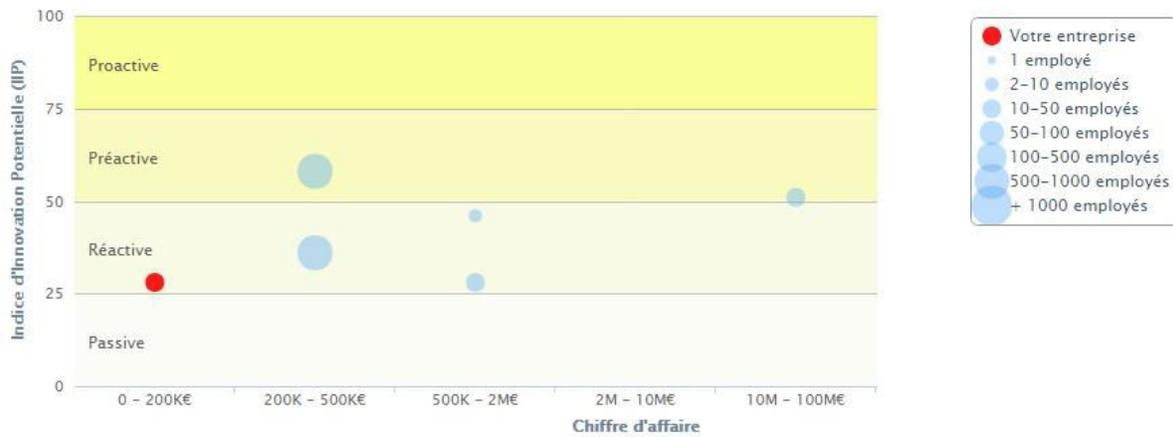


Figure 38. Comparaison de l'entreprise avec des autres entreprises appartenant au même secteur d'activité.

Les études de benchmarking mettent en évidence le besoin de l'entreprise d'améliorer sa capacité à innover car elle est dans une situation de désavantage par rapport aux entreprises appartenant au même secteur d'activité. Concernant son indice d'innovation potentielle, elle se situe clairement en dessous des autres entreprises, ce qui impacte aussi sa compétitivité (figure 38).

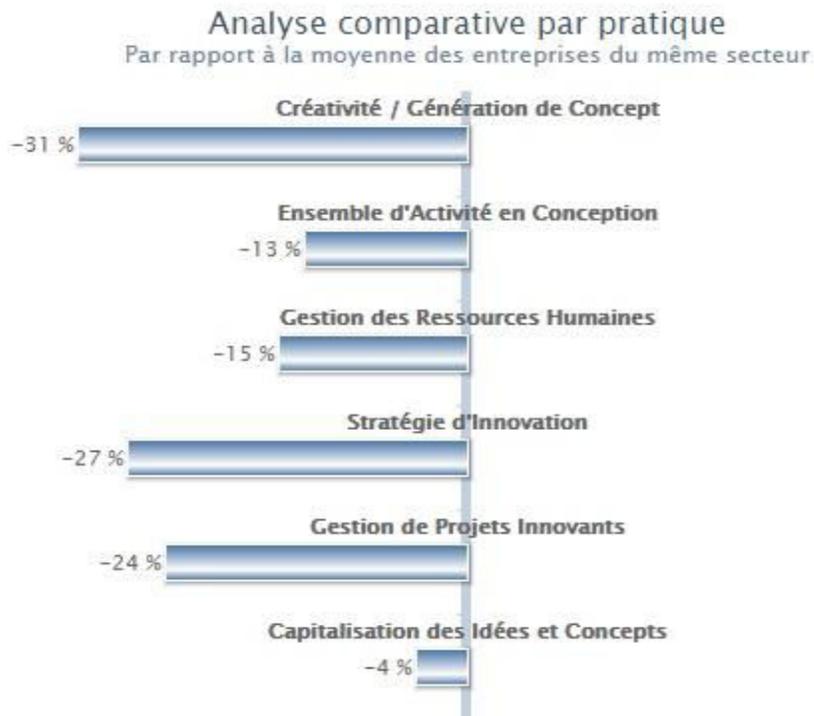


Figure 39. Analyse comparative entre la performance de l'entreprise par pratique et la moyenne des entreprises appartenant au même secteur d'activité

De plus, une analyse croisée par pratique montre un aspect plus critique. S'il est normal que la performance de quelques pratiques soit inférieure par rapport à la moyenne des entreprises d'un

même secteur, il est préoccupant que toutes les pratiques soient dans cette situation. La figure 39 montre que seule la gestion de connaissances s'approche de la performance moyenne (-4%).

Ainsi, outre le fait que le diagnostic de l'entreprise montre une faible capacité à innover par son appartenance à la catégorie réactive, elle est aussi moins performante que les entreprises du même secteur d'activité. En conséquence, il lui est fortement conseillé de renforcer sa gestion de l'innovation. C'est ce que le plan d'action lui proposera.

3. Application et résolution du modèle d'optimisation

Dans cette étape, il est nécessaire de définir les paramètres d'entrée du modèle. Ces valeurs dépendent de la stratégie à mettre en œuvre et de l'entreprise à l'étude. La définition des courbes d'efforts économiques associés à la grille de maturité dépend exclusivement des caractéristiques de l'entreprise. De cette manière, les courbes utilisées seront les mêmes pour les trois stratégies. La fonction qui définit ces efforts n'est pas connue, mais nous savons qu'elle doit respecter les propriétés de la grille de maturité. Ainsi, la fonction qui représente le mieux la grille de maturité est une fonction discontinue et croissante qui montre les sauts, car elle ressemble à un escalier (ce qui est la représentation graphique d'une grille de maturité). Les valeurs de ces sauts sont des informations confidentielles de l'entreprise. Il est donc compliqué d'avoir accès à sa structure financière. En conséquence, les valeurs qui définissent ces fonctions seront prises de manière aléatoire dans un intervalle de 0 à 20 qui représentent la valeur monétaire des efforts, en respectant la forme de croissance de la courbe.

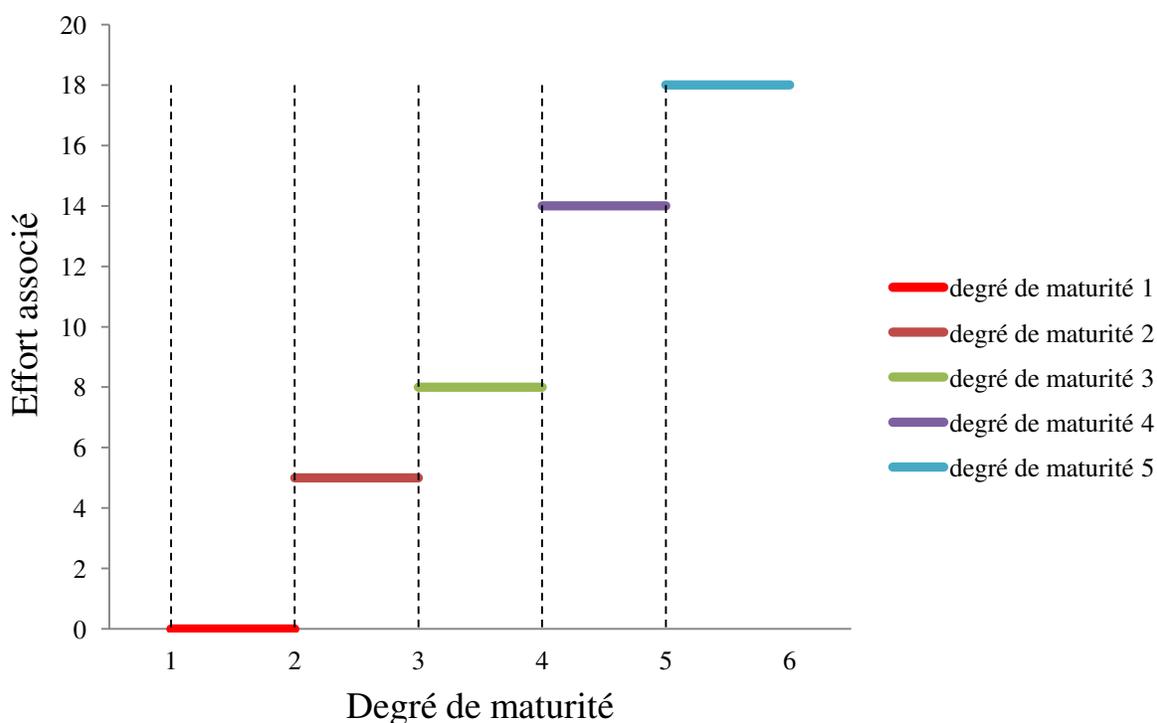


Figure 40. Fonction type des efforts économiques associés à une sous-pratique.

Il en résulte la définition des paramètres dépendant de chaque stratégie comme suit :

3.1 Stratégie 1 : l'effort minimal pour accéder à la catégorie supérieure.

Comme l'objectif de cette stratégie est d'accéder à la catégorie supérieure, le premier paramètre à définir est la limite inférieure de la catégorie désirée L_c (équation 18 dans le chapitre 4). L'entreprise étudiée se trouve actuellement dans la catégorie réactive. L'objectif est, alors, de monter dans la catégorie Préactive, pour laquelle la limite inférieure est 0,5. Par conséquent :

$$IIP \geq 0,5 \quad (30)$$

Ensuite, nous devons définir les contraintes particulières pour mieux adapter la stratégie aux caractéristiques de l'entreprise. Dans le diagnostic, nous avons identifié trois points faibles dans les 6 grandes pratiques. Les recommandations doivent donc apporter en priorité des propositions pour y remédier. L'ordre de priorisation se fera donc à partir de la pratique la moins performante. Ainsi, l'équation 31 assure que les améliorations sur les ressources humaines seront plus élevées ou égales aux améliorations de n'importe quelle autre pratique. Ensuite, l'équation 32 permet de donner la deuxième priorité à la gestion de projets car son amélioration sera au moins égale à l'amélioration de NPD qui, pour sa part, aura un progrès égal ou supérieur aux trois pratiques restantes (équations 33, 34 et 35).

$$|P_{RH} - P0_{RH}| \geq |P_i - P0_i| \quad (31)$$

$$|P_{Gestion Projets} - P0_{Gestion Projets}| \geq |P_{NPD} - P0_{NPD}| \quad (32)$$

$$|P_{NPD} - P0_{NPD}| \geq |P_{stratégie} - P0_{stratégie}| \quad (33)$$

$$|P_{NPD} - P0_{NPD}| \geq |P_{créativité} - P0_{créativité}| \quad (34)$$

$$|P_{NPD} - P0_{NPD}| \geq |P_{connaissances} - P0_{connaissances}| \quad (35)$$

La figure 39 signale que l'entreprise a une performance de gestion de connaissances quasi similaire à la moyenne de son secteur d'activité. Nous proposons donc de ne pas jouer sur cette pratique car sa performance est en accord avec la moyenne du secteur d'activité de l'entreprise. La performance en termes de gestion de connaissances restera sans variation.

$$P_{connaissances} = P0_{connaissances} \quad (36)$$

Enfin, nous avons souligné le caractère homogène du profil de l'entreprise étudiée car l'écart maximum entre sous-pratiques est de deux degrés de maturité de différence. Afin de maintenir ce profil, nous définissons l'équation suivante.

$$|R_j - R0_j| \leq 0,5 \quad (37)$$

Chaque niveau représente une augmentation de 0,25 dans la valeur assignée à chaque sous-pratique. Une différence de deux niveaux aura donc une valeur de 0,5. Ainsi, l'écart maximal entre l'évaluation optimale (R_j) et l'évaluation actuelle ($R0_j$) ne doit pas dépasser 0,5.

Le modèle est appliqué selon l'ensemble des conditions exposées. Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le tableau qui suit.

	IIP	Créativité	NPD	RH	Stratégie	Gestion de Projets	Connaissances
Situation actuelle	0,280	0,2675	0,1550	0,1175	0,3175	0,1325	0,4275
Optimisation	0,501	0,5625	0,5000	0,5000	0,5250	0,5100	0,4275
Ecart de performance	0,221	0,2950	0,3450	0,3825	0,2075	0,3775	0

Tableau 11. Résultats de l'application de la stratégie 1.

Ainsi, pour accéder à la catégorie préactive, l'entreprise doit améliorer de 22% sa performance actuelle d'innovation, avec une priorité sur la pratique « ressources humaines », comme l'a souligné l'équation 31.

3.2 Stratégie 2 : Maximiser les économies de ressources.

Dans cette stratégie, l'objectif principal est de rester dans la catégorie déjà assignée. Ainsi, la limite inférieure à dépasser est de 0,25, car l'entreprise est classée actuellement comme réactive.

$$IIP \geq 0,25 \quad (38)$$

Dans ce cas, l'entreprise cherche à économiser des ressources. Le plan de recommandations peut travailler librement sur toutes les pratiques ayant une performance positive, mais par contre, nous ferons attention à deux pratiques spécifiques : la pratique qui a la performance la plus faible « ressources humaines » (figure 36) et la pratique qui a la performance la plus distante par rapport aux entreprises appartenant au même secteur d'activité, « créativité » (figure 39). Ainsi, nous ne toucherons pas à ces pratiques.

$$P_{RH} = P0_{RH} \quad (39)$$

$$P_{créativité} = P0_{créativité} \quad (40)$$

Finalement, et de manière analogue à la stratégie précédente, nous cherchons à maintenir le caractère homogène du profil de l'entreprise. Cette contrainte facilite l'implémentation de la stratégie car elle limite le degré de changement éventuel sur les sous-pratiques.

$$|R_j - R0_j| \leq 0,5 \quad (41)$$

Les résultats de cette stratégie se trouvent consignés dans le tableau suivant :

	IIP	Créativité	NPD	RH	Stratégie	Gestion de Projets	Connaissances
Situation actuelle	0,280	0,2675	0,1550	0,1175	0,3175	0,1325	0,4275
Optimisation	0,270	0,2675	0,0475	0,1175	0,305	0,1300	0,4275
Ecart de performance	-0,01	0	-0,1075	0	-0,0125	-0,0025	0

Tableau 12. Résultats de l'application de la stratégie 2.

L'entreprise reste dans la catégorie Réactive car son IIP est supérieur à 0,25 et les pratiques ressources humaines et créativité n'ont pas subi de changement.

3.3 Stratégie 3 : Maximisation de l'IIP avec un budget défini

La dernière stratégie est un peu différente des deux autres car elle cherche à maximiser l'IIP sans besoin de définir une limite L_c à dépasser. Par contre, il est nécessaire de définir un budget maximum. Dans cet exemple, nous considérons une augmentation de 50% sur le budget actuel.

$$\sum_{j=1}^{18} C_j \leq 1,5 * Budget Actuel \quad (42)$$

Cette stratégie vise à améliorer la capacité d'innovation de manière similaire à la première stratégie. Les contraintes étant identiques, nous conservons donc les équations 31, 32, 33, 34, 35, 36 et 37.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

	IIP	Créativité	NPD	RH	Stratégie	Gestion de Projets	Connaissances
Situation actuelle	0,280	0,2675	0,1550	0,1175	0,3175	0,1325	0,4275
Optimisation	0,400	0,3325	0,3450	0,3825	0,3600	0,3675	0,4275
Ecart de performance	0,120	0,0650	0,1900	0,2650	0,0425	0,2350	0

Tableau 13. Résultats de l'application de la stratégie 3.

Dans ce cas, l'IIP a été amélioré mais il ne dépasse pas la limite inférieure de la catégorie supérieure. L'entreprise reste alors dans la catégorie réactive mais elle accroît quand même son indice et donc sa capacité d'innovation.

Ainsi, nous avons modélisé et résolu les trois stratégies proposées dans le chapitre 4. A ce stade, c'est à l'entrepreneur de prendre la décision de la stratégie qu'il veut suivre. Dans cette étape, l'entrepreneur peut choisir tout seul la stratégie ou il peut être guidé par le protocole d'aide à la décision proposé dans le chapitre précédent.

4. Choix de la stratégie à suivre

Pour toutes les entreprises, les trois stratégies décrites précédemment sont proposées, mais il peut s'avérer que sous certaines conditions une stratégie soit plus appropriée que les autres. Ces conditions peuvent être définies par des caractéristiques propres de l'entreprise comme son état financier ou par les préférences de l'entrepreneur. Ainsi, nous proposons trois scénarii différents afin d'établir quelle serait la stratégie la plus pertinente pour l'entreprise dans ces différentes situations.

4.1 Scénario 1

Dans une première simulation, l'entrepreneur préfère choisir la stratégie en utilisant le protocole. Ainsi, la première phase est de remplir le questionnaire qui définira l'importance assignée à chacun des trois critères : performance, coûts et impact sur le système technologique.

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
			X															
Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
		X																
Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
				X					X									

Tableau 14. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise à l'étude

L'entrepreneur montre une nette préférence pour le critère performance. L'application de la méthodologie permet de calculer les poids relatifs de tous les critères.

Critère	Poids (%)
Performance	77,72%
Coûts	8,83%
Impact	13,55%

Tableau 15. Importance des critères de sélection.

Il apparaît que le critère performance est d'une importance primordiale pour l'entrepreneur (77,72%). Ainsi, l'entreprise cherche à améliorer sa capacité à innover sans trop s'inquiéter de l'aspect économique ou de la faisabilité technologique. L'étape finale du protocole consiste à évaluer les trois alternatives proposées au regard des critères sélectionnés par l'entrepreneur. Il faut signaler que la performance est mesurée par rapport à l'IIP et que les coûts sont évalués par la somme d'efforts économiques associés à l'implémentation de la stratégie. Cette valeur étant relative aux efforts actuels, sa représentation est un pourcentage de l'investissement actuel. Finalement, l'impact technologique est mesuré par la quantité de recommandations proposées, car plus le nombre de recommandations est élevé plus l'impact sera fort sur l'entreprise.

	Performance	Coûts	Impacts
Stratégie 1	0,5	214 %	12
Stratégie 2	0,27	83 %	3
Stratégie 3	0,4	150 %	5

Tableau 16. Evaluation des trois stratégies proposées par rapport aux trois critères composant le protocole.

La résolution du modèle permet d'obtenir les résultats pour chacune des stratégies proposées. Puis, nous pouvons calculer la priorisation des alternatives sur la base des préférences de l'entrepreneur (tableau 15) et de l'évaluation des stratégies par critère de sélection (tableau 16).

Stratégie	Priorisation
Stratégie 1 (Effort minimal)	36,79%
Stratégie 2 (Economie maximale)	29,76%
Stratégie 3 (Budget défini)	33,45%

Tableau 17. Priorisation des stratégies pour le scénario 1

Le protocole définit la stratégie 1 comme étant la plus appropriée pour le scénario proposé. En conséquence, l'entreprise cherchera à accéder à la catégorie supérieure avec l'effort économique le plus faible possible. Le choix de cette alternative est fortement influencé par l'importance attribuée au critère de performance, car la stratégie 1 est la plus performante. De cette manière, les recommandations et le plan d'action seront définis à partir des résultats de la stratégie 1.

4.2 Définition des recommandations et du plan d'action pour le scénario 1

Avant de définir le plan d'action, nous proposons d'utiliser le diagnostic mis à disposition sur le site innovation-on-the-web. L'objet est de montrer l'impact sur la capacité à innover globale de l'entreprise en faisant des comparaisons entre la situation actuelle et la situation optimale proposée. Concernant l'IIP, la figure 41 confirme que l'entreprise répond à l'objectif principal de la stratégie, car elle monte de la catégorie réactive à la catégorie préactive. L'IIP montre une amélioration de 78,5% en se situant juste au-dessus de la limite inférieure de la catégorie désirée.

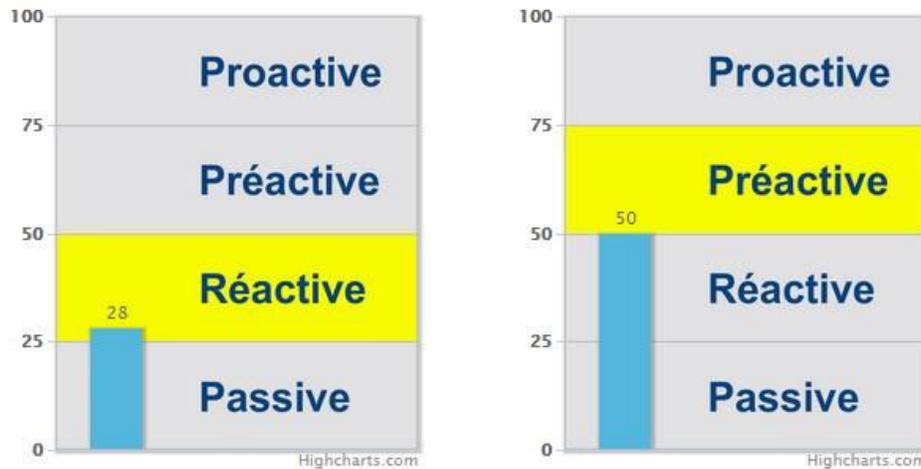


Figure 41. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 1)

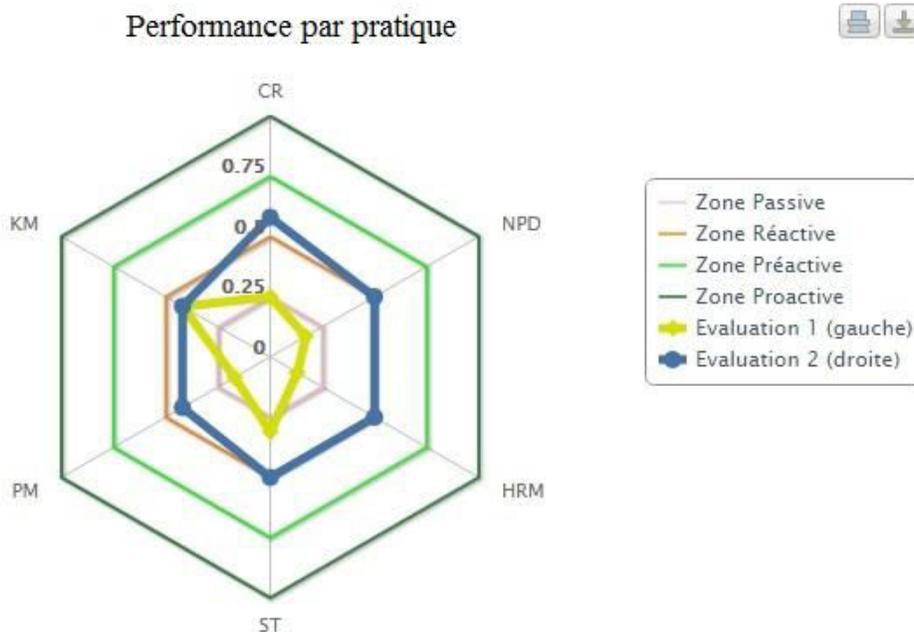


Figure 42. Impacts de l'application de la stratégie 1 sur le profil par grandes pratiques de l'entreprise.

L'analyse sur le premier niveau d'agrégation de l'IIP montre une forte amélioration du profil par grandes pratiques de l'entreprise. L'unique pratique qui ne présente pas de changement est la gestion des connaissances car nous avons défini cette restriction (équation 36). De la même manière, les améliorations les plus importantes se trouvent dans les ressources humaines, la gestion de projets et le NPD.

Comme indiqué dans le chapitre précédent, la définition des recommandations est liée à la lecture de la grille de maturité. Une analyse du deuxième niveau d'agrégation est donc la clé pour obtenir le plan d'action. La figure 43 montre la comparaison entre les degrés de développement des 18 sous-pratiques dans la situation actuelle et les degrés de maturité attendus. Les recommandations naissent à partir des sous-pratiques qui changent de niveau de maturité entre les deux situations (flèches bleues). Dans ce cas, nous identifions 12 changements. Nous obtiendrons donc un plan d'action composé de 12 recommandations.

Pratiques	Sous-Pratiques	Evaluation 1					Evaluation 2					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. Créativité	A. Utilisation d'outils pour encourager la créativité	Red							Orange			
	B. Intégration des parties prenantes en cours de conception			Orange							Green	
	C. Organisation, récolte et gestion d'informations		Pink					Pink				
2. NPD	A. Utilisation d'outils d'aide à la conception		Pink						Orange			
	B. Existence de méthodologies d'aide à la conception		Pink						Orange			
	C. Utilisation de TICs	Red							Orange			
3. RH	A. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société		Pink						Orange			
	B. Encouragements à l'innovation	Red							Orange			
4. Stratégie	A. Stratégie intégrée favorisant l'innovation		Pink						Orange			
	B. Fonctionnement en réseaux		Pink						Orange			
	C. Importance du client			Orange							Green	
	D. Financement		Pink						Pink			
5. Pjt Mgt	A. Gestion de projets		Pink						Pink			
	B. Gestion du portefeuille de projets	Red							Pink			
	C. Organisation de tâches liées à l'innovation		Pink								Green	
6. KM	A. Amélioration continue des processus d'innovation			Orange					Orange			
	B. Politique de gestion de la propriété industrielle		Pink						Pink			
	C. Capitalisation des connaissances			Orange					Orange			

Figure 43. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle (évaluation 1) et la situation cible (évaluation 2).

Une fois que les sous-pratiques présentant des changements sont identifiées, les recommandations sont définies en lisant la grille de maturité. Par exemple, la sous-pratique 4 qui évalue l'utilisation d'outils de support à la conception montre un saut du niveau 2 (orange) au niveau 3 (rose). Ce saut donne lieu à la recommandation suivante : l'entreprise doit évoluer d'une utilisation de seulement quelques logiciels de conception technique à l'utilisation combinée de plusieurs outils (CAO, enquêtes utilisateurs, ...) sans que l'ensemble soit structuré dans une démarche projet. Pour obtenir la totalité des recommandations, cette procédure doit être répétée pour toutes les sous-pratiques qui font l'objet d'un changement. Le tableau 18 montre la liste des 12 recommandations nécessaires pour faire accéder l'entreprise étudiée à la catégorie supérieure.

Sous-pratique	Niveau actuel	Niveau recommandé
1. Processus créatif	L'entreprise n'a pas de méthodes particulières pour créer des idées	La créativité est prise en charge par une seule personne
2. Intégration des usagers	Les clients sont consultés et participent régulièrement aux projets	Apprentissage : les clients apparaissent comme des concepteurs à part entière (en particulier via internet), forment le personnel de l'entreprise et proposent leurs idées
4. Outils de support à la conception	L'utilisation d'outils est réduite à quelques logiciels de conception technique	Les employés de l'entreprise utilisent des outils (CAO, enquêtes utilisateurs...) sans que l'ensemble soit structuré dans une démarche projet
5. Protocoles et méthodologies d'aide à la conception	L'entreprise sollicite des consultants extérieurs de manière exceptionnelle, pour les projets les plus critiques	L'entreprise a formalisé un protocole de conception utilisé systématiquement en s'appuyant sur des compétences internes. Il ne couvre pas l'ensemble du processus de développement
6. Equipements	Seul un accès internet est disponible pour la recherche d'information	L'entreprise dispose de ressources permettant le maquettage et la réalisation des premiers essais, même basiques
7. Management de compétences	Les compétences clés sont décrites dans des fiches de postes	La gestion des compétences est formalisée et fait l'objet d'un suivi
8. Stimuli à l'innovation	Aucune action spécifique	Seule la réussite est récompensée (financière, retour formel de la direction...)
9. Stratégie technologique	Une stratégie existe mais n'est ni clairement formulée, ni partagée	La réflexion stratégique se fait occasionnellement projet par projet
10. Réseaux d'innovation	L'entreprise sollicite occasionnellement ses clients, fournisseurs pour des questions spécifiques	L'entreprise utilise régulièrement des ressources externes
11. Financement	Concertation entre services : commercial, SAV, qualité, R&D. Des enquêtes de satisfaction sont structurées	Le portefeuille client est suivi et intégré à la stratégie d'entreprise. Des scénarios prospectifs sont établis et partagés

14. Portefeuille de projets	Il n'y a pas de gestion du portefeuille des projets	Une liste de projets possibles est disponible, avec quelques informations
15. Organisation de tâches liées à l'innovation	Les projets sont toujours confiés au bureau d'étude	Des équipes projets interservices sont constituées pour chaque projet

Tableau 18. Liste des recommandations pour monter de catégorie au moindre effort économique.

L'importance d'avoir une grille de maturité compréhensible est capitale, car si l'entrepreneur ne comprend pas les niveaux composant la grille, il pourra difficilement suivre les recommandations. Le modèle d'optimisation permet aussi de connaître l'effort économique supplémentaire associé à l'application de chacune des recommandations, et en conséquence de calculer l'investissement pour l'implémentation du plan d'action. Dans ce scénario, l'investissement total représente 214% du budget d'innovation actuel. L'entreprise doit alors redoubler d'efforts pour accéder à la catégorie supérieure.

4.3 Scénario 2

Dans ce scénario, nous supposons que l'entrepreneur n'a pas une préférence marquée pour un critère de sélection particulier. Il remplit donc le questionnaire du protocole en donnant la même importance aux trois critères.

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact

Tableau 19. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise à l'étude

Les poids obtenus sont évidemment égaux pour tous les critères soit 33,33%. Ainsi, en utilisant l'évaluation des trois alternatives (tableau 19), nous obtenons une priorisation comme suit :

Stratégie	Priorisation
Stratégie 1	25,43%
Stratégie 2	42,88%
Stratégie 3	31,71%

Tableau 20. Priorisation des stratégies pour le scénario 2

La stratégie qui présente le meilleur compromis entre les trois critères est la stratégie numéro 2. Ainsi, l'entreprise cherchera à économiser des ressources mais en restant dans la catégorie réactive. Le choix s'explique car la stratégie 2 est la meilleure évaluée dans deux des trois critères (coûts et impacts).

4.4 Définition des recommandations et du plan d'action pour le scénario 2

De la même manière que le scénario précédent, nous utilisons le diagnostic de la capacité à innover pour analyser les implications de l'application de cette stratégie. A un niveau global, le changement sur l'IIP est minimum. Il diminue de 4% (par rapport à son IIP actuel) en maintenant une performance qui permet à l'entreprise de rester dans la catégorie actuelle.

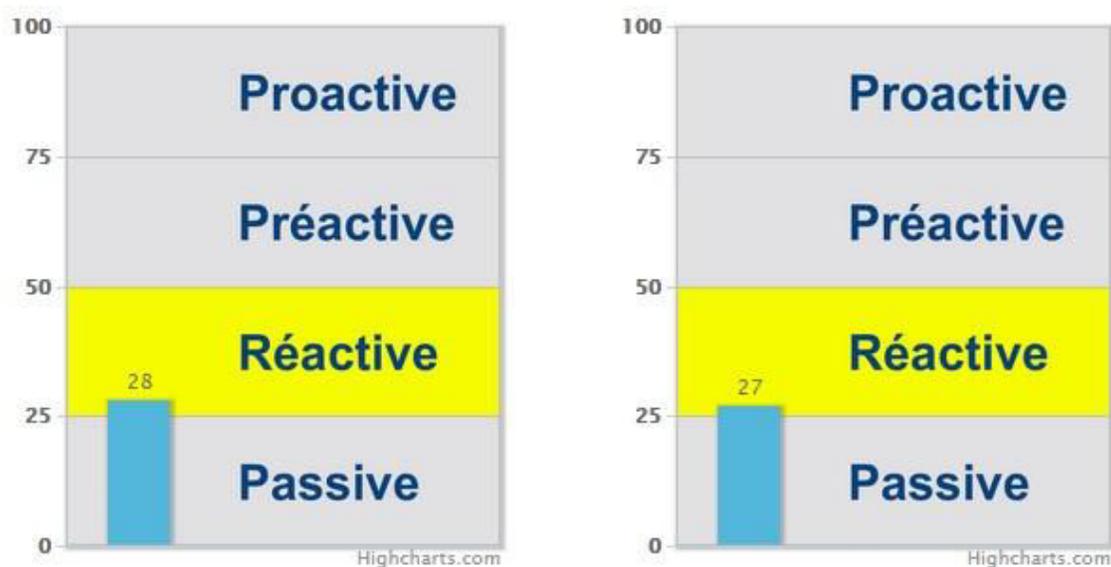


Figure 44. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 2)

Performance par pratique

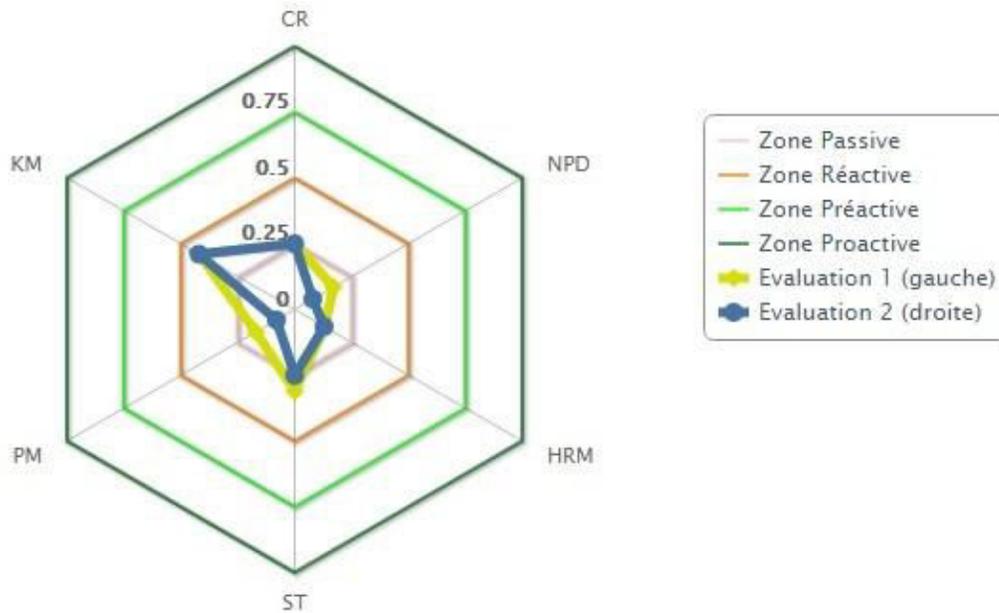


Figure 45. Impacts de l'application de la stratégie 2 sur le profil par grande pratique de l'entreprise.

Le profil de l'entreprise montre de petits changements sur les grandes pratiques NPD, stratégie et gestion de projets. La créativité et les ressources humaines ne présentent pas de modification, ceci étant dû aux contraintes définies antérieurement (équations 39 et 40).

Pratiques	Sous-Pratiques	Evaluation 1					Evaluation 2				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. Créativité	A. Utilisation d'outils pour encourager la créativité	Red					Red				
	B. Intégration des parties prenantes en cours de conception			Yellow					Yellow		
	C. Organisation, récolte et gestion d'informations		Pink					Pink			
2. NPD	A. Utilisation d'outils d'aide à la conception						Red				
	B. Existence de méthodologies d'aide à la conception		Pink					Pink			
	C. Utilisation de TICs	Red					Red				
3. RH	A. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société		Pink					Pink			
	B. Encouragements à l'innovation	Red					Red				
4. Stratégie	A. Stratégie intégrée favorisant l'innovation		Pink				Red				
	B. Fonctionnement en réseaux		Pink					Pink			
	C. Importance du client			Yellow					Yellow		
	D. Financement		Pink					Pink			
5. Pjt Mgt	A. Gestion de projets		Pink				Red				
	B. Gestion du portefeuille de projets	Red					Red				
	C. Organisation de tâches liées à l'innovation		Pink					Pink			
6. KM	A. Amélioration continue des processus d'innovation			Yellow					Yellow		
	B. Politique de gestion de la propriété industrielle		Pink					Pink			
	C. Capitalisation des connaissances			Yellow					Yellow		

Figure 46. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle et la situation cible.

La similitude entre les caractéristiques des profils « situation actuelle » et « situation cible » sur le deuxième niveau d'agrégation implique une plus petite quantité de changements, et en conséquence, un plus petit nombre de recommandations. Cette fois, le plan d'action travaillera seulement sur trois sous-pratiques : l'utilisation d'outils d'aide à la conception, la stratégie technologique et la gestion de projets.

La façon de définir les recommandations cette fois-ci part du principe qu'il est possible de « dégrader » la maîtrise de certaines pratiques qui n'apportent pas de valeur ajoutée pour la classe d'appartenance cible. Autrement dit, si besoin est de faire des économies, elles peuvent être faites de manière raisonnée en dégradant au minimum la capacité d'innovation de l'entreprise. La liste des trois actions à suivre pour économiser les ressources se présente dans notre cas comme suit :

Sous-pratique	Niveau actuel	Niveau recommandé
Outils de support à la conception	L'utilisation d'outils est réduite à quelques logiciels de conception technique	L'entreprise ne dispose d'aucun outil
Stratégie technologique	Une stratégie existe mais n'est ni clairement formulée, ni partagée	L'entreprise ne déploie pas de stratégie particulière (pas de réunions stratégiques, pas d'utilisation d'outils)
Gestion de projets	Chaque chef de projet définit seul les livrables, les jalons et les grandes étapes du projet	Il n'existe pas de gestion de projet

Tableau 21. Liste de recommandations pour économiser des ressources en maintenant la catégorie.

Actuellement, l'entreprise se trouve déjà très proche de la limite inférieure de la catégorie réactive. Il est donc compliqué de définir des actions pour optimiser la performance d'innovation sans descendre de catégorie. L'économie totale de cette stratégie est de 17% sur le budget actuel.

4.5 Scénario 3

Finalement, nous proposons un scénario où l'entrepreneur décide lui-même du budget qu'il souhaite consacrer à l'innovation. Si nous faisons l'hypothèse d'un investissement de 1,5 fois plus que le budget actuel, c'est-à-dire, une augmentation de 50% de l'effort que veut bien consentir l'entreprise pour améliorer sa capacité à innover, nous sommes alors dans le cas où l'IIP peut être maximisé sans contraintes d'appartenance à une catégorie particulière.

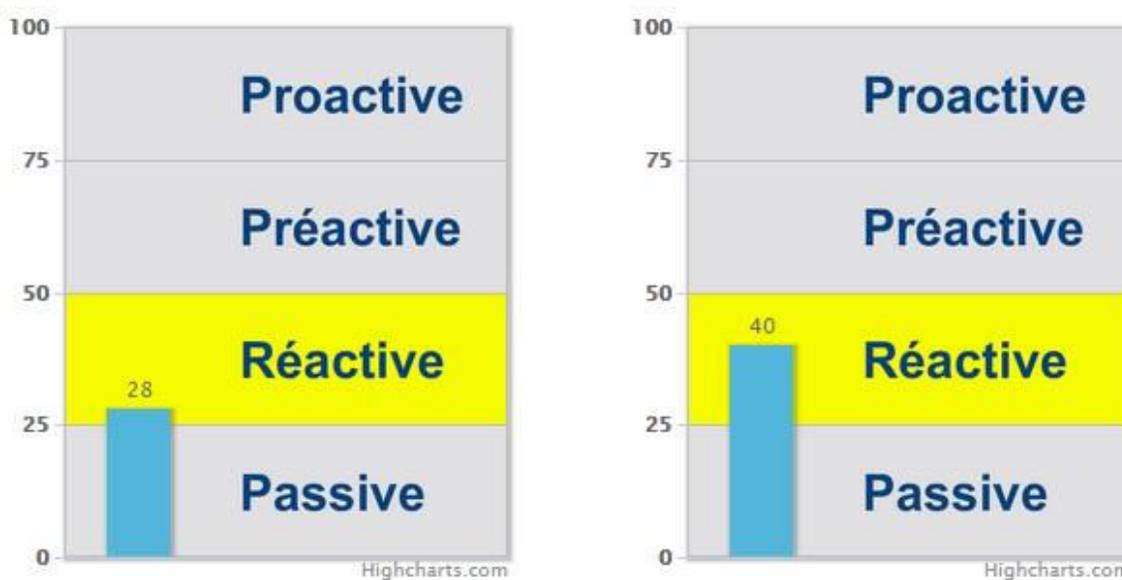


Figure 47. Comparaison entre la situation actuelle et la situation proposée par rapport à l'IIP (stratégie 3)

La capacité à innover globale de l'entreprise présente une amélioration de 43% (par rapport à son IIP actuel), mais elle reste dans la catégorie réactive (figure 47).

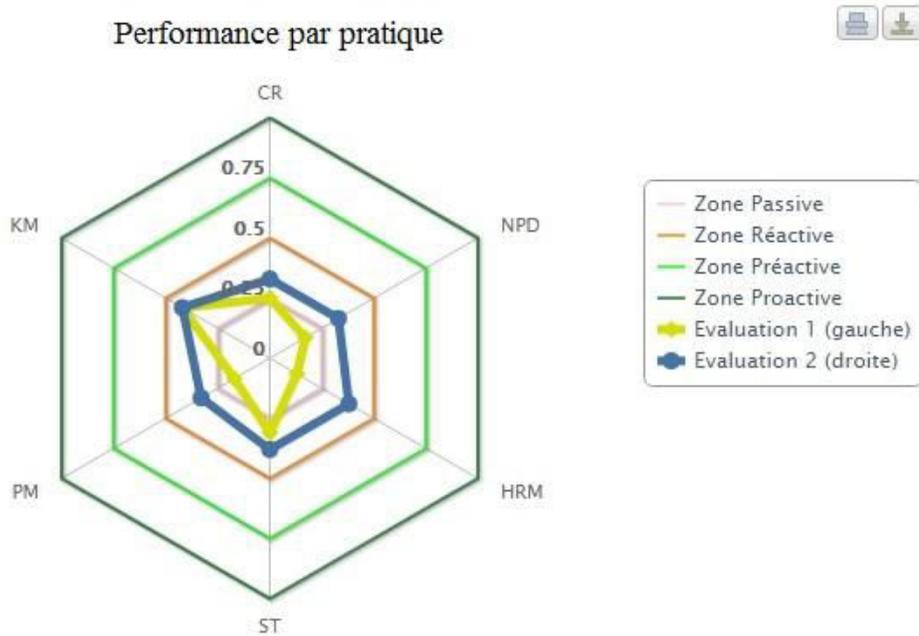


Figure 48. Impacts de l'application de la stratégie 3 sur le profil par grandes pratiques de l'entreprise.

Le profil de l'entreprise prend une forme plus homogène en équilibrant la performance des 6 grandes pratiques. A noter que ce profil est assez similaire au profil obtenu avec la stratégie 1 (figure 42). Cette similitude s'explique car nous avons défini les mêmes contraintes pour les deux scénarii.

Pratiques	Sous-Pratiques	Evaluation 1					Evaluation 2				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. Créativité	A. Utilisation d'outils pour encourager la créativité	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	B. Intégration des parties prenantes en cours de conception			3					3		
	C. Organisation, récolte et gestion d'informations		2					2			
2. NPD	A. Utilisation d'outils d'aide à la conception		2					2			
	B. Existence de méthodologies d'aide à la conception		2					2			
	C. Utilisation de TICs	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3. RH	A. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société		2					2			
	B. Encouragements à l'innovation	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4. Stratégie	A. Stratégie intégrée favorisant l'innovation		2					2			
	B. Fonctionnement en réseaux		2					2			
	C. Importance du client			3					3		
	D. Financement		2					2			
5. Pjt Mgt.	A. Gestion de projets		2					2			
	B. Gestion du portefeuille de projets	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	C. Organisation de tâches liées à l'innovation		2					2			
6. KM	A. Amélioration continue des processus d'innovation			3					3		
	B. Politique de gestion de la propriété industrielle		2					2			
	C. Capitalisation des connaissances			3					3		

Figure 49. Comparaison du niveau de maturité des sous-pratiques entre la situation actuelle et la situation cible.

La figure 49 analyse le deuxième niveau d'agrégation afin d'obtenir les recommandations. Cette fois, les sous-pratiques qui présentent un changement sont au nombre de 5. En plus, cela explique l'homogénéité des performances de l'entreprise, car toutes les sous-pratiques obtiennent un niveau de maturité de deux ou trois. Finalement, en lisant la grille de maturité, nous proposons un plan d'action à cinq recommandations qui travaillera sur les processus créatifs, l'équipement, les stimuli à l'innovation, le financement et la gestion du portefeuille de projets.

Sous-pratique	Niveau actuel	Niveau recommandé
1. Processus créatif	L'entreprise n'a pas de méthodes particulières pour créer des idées	L'entreprise a parfois recours à quelques méthodes, principalement pour « résoudre des problèmes »
6. Equipement	Seul un accès internet est disponible pour la recherche d'informations	L'entreprise dispose de ressources permettant le maquettage et la réalisation des premiers essais, même basiques
8. Stimuli à l'innovation	Aucune action spécifique	Seule la réussite est récompensée (financière, retour formel de la direction...)
11. Financement	Les projets sont systématiquement autofinancés en fonction des crédits disponibles	Des solutions « classiques » de financement sont étudiées au besoin : contact avec les banques et des organismes publics.
14. Portefeuille de projets	Il n'y a pas de gestion du portefeuille de projets	Les projets sont décrits et priorisés selon des critères financiers

Tableau 22. Liste de recommandations pour maximiser l'IIP avec un budget défini

Cette stratégie centre ses recommandations sur les sous-pratiques les moins bien évaluées initialement. Ainsi, le plan d'action impose que les 4 sous-pratiques qui ont un niveau de maturité égale à « 1 » améliorent leur performance. Comme l'indique l'objectif de cette stratégie, l'effort économique associé à son implémentation représente 50% du budget actuel.

Ainsi, la simulation de ces trois scénarii permet d'illustrer la manière dont la méthode proposée peut permettre de piloter le processus d'innovation dans un contexte entrepreneurial donné. A priori, il est impossible de dire si une stratégie est meilleure que l'autre car elles visent des objectifs différents. Ainsi, si l'entrepreneur n'a pas clairement un objectif, notre approche permet de l'aider à prendre la décision sur la stratégie à suivre.

Il faut signaler que, actuellement, la Chambre de Commerce de Moselle applique une adaptation de la première stratégie pour conseiller les PME lorraines pour améliorer leur capacité à innover. Son système de recommandations cherche à aider à passer à la catégorie supérieure, en définissant la même fonction d'effort économique pour les 18 sous-pratiques en parallèle de contraintes spécifiques définies par l'expert en charge de l'étude en fonction des caractéristiques de l'entreprise. Ce système a, a priori, été bien perçu de la part des entrepreneurs, mais pour évaluer les résultats des recommandations proposées, nous devons attendre d'abord leur implémentation.

5. Conclusions

Ce chapitre cherche à tester la méthodologie de génération de recommandations proposée dans le chapitre 4. Les simulations réalisées permettent : premièrement, de vérifier que le modèle est capable de s'adapter aux caractéristiques et performances de l'entreprise, en définissant certaines contraintes. Par exemple, dans tous les scénarii, nous avons défini des contraintes particulières concernant le profil actuel de l'entreprise afin que les stratégies puissent prioriser les actions sur

quelques pratiques ou sous-pratiques ; deuxièmement, de nous adapter aux besoins de l'entrepreneur pour choisir la stratégie à suivre, selon si l'entrepreneur montre une préférence claire pour l'un des trois critères de sélection (scénario 1) ou aucune (scénario 2). Le protocole est capable de trouver la stratégie qui correspond au mieux au compromis entre les critères ou, le cas échéant, celle qui est la mieux adaptée quand l'entrepreneur poursuit un objectif défini (scénario 3). Enfin, le modèle d'optimisation permet de maintenir ou d'améliorer le profil de l'entreprise. Nous pouvons aussi bien diminuer l'écart entre la performance des pratiques ou augmenter la différence si l'entrepreneur le décide.

Les stratégies ne sont pas comparables car elles poursuivent des objectifs différents. Le but de définir plusieurs alternatives est de donner plusieurs options à l'entrepreneur afin de trouver la stratégie la plus appropriée pour le développement de son entreprise. L'utilité du protocole d'aide à la décision est précisément de trouver cette stratégie sur la base de critères de sélection cherchant à prendre en compte les aspects les plus importants pour ce choix. Le plan d'action proposé dépend des caractéristiques de l'entreprise, de la stratégie choisie et des contraintes définies. Ainsi, nous pouvons trouver un grand nombre de combinaisons possibles en générant des plans spécifiques pour chaque situation.

Cependant, la méthodologie proposée compte certaines limites comme, par exemple, le fait que les courbes d'efforts économiques associées au processus d'amélioration de chaque pratique sont basées sur des hypothèses théoriques et non sur des données réelles ; que la définition des courbes de maturité doit être explorée davantage pour continuer le développement du modèle d'optimisation. Une première approche de ce sujet a été proposée par l'étude de (Enjolras et al., 2014) ; enfin, de nouvelles stratégies pourraient être définies ou de nouvelles contraintes. Nous attendons beaucoup sur ce point du retour d'expérience suite à la mise en œuvre dans plusieurs PME de notre approche.

La liste des recommandations est très liée à l'IIP. Par exemple, la définition des recommandations se fait à partir de la lecture de la grille de maturité. Ainsi, si les niveaux composant la grille sont mal définis ou sont incompréhensibles, la qualité des recommandations diminue fortement. De la même manière, si l'IIP n'est pas correctement mesuré, les erreurs seront transmises au modèle d'optimisation, et par conséquent à la méthodologie de génération de recommandations. Ainsi, nous devons non seulement travailler sur le modèle mais aussi faire attention à maintenir à jour les pratiques composant l'IIP. Dans le chapitre suivant, nous proposons d'éventuelles améliorations sur l'indice d'innovation potentielle.

CHAPITRE 6 : Evolution de l'Indice d'Innovation Potentielle

Introduction

Le chapitre précédent nous a montré l'importance d'une application multiple du modèle afin de valider la méthodologie de génération de recommandations et d'aider à approfondir et à perfectionner la définition du modèle d'optimisation afin d'améliorer la qualité des stratégies proposées. Mais comme nous l'avons signalé dans le chapitre 4, le modèle est fortement lié à l'indicateur utilisé comme référentiel de mesure. Les résultats de l'optimisation sont donc dépendants de l'indice. C'est pourquoi, nous ne devons pas oublier la mise à jour des pratiques et donc, de l'IIP. Les études sur la capacité à innover des PME et leur relation avec la performance de l'entreprise ont augmenté de manière exponentielle au cours des dernières années, confirmant le manque d'un système pour renforcer la capacité à innover des PME et dévoilant aussi de nouveaux résultats. C'est pourquoi l'IIP doit être capable d'évoluer de façon à pouvoir intégrer éventuellement de nouveaux processus ou pratiques d'innovation.

Il est donc primordial de faire une révision périodique de la littérature pour être au courant des évolutions et des tendances des indicateurs de mesure, et aussi de prendre en compte le retour d'expérience afin de mieux adapter l'indice au contexte d'application. Dans le chapitre suivant, nous montrerons quelques améliorations proposées sur l'indice d'innovation potentielle.

1. Définition de nouvelles sous-pratiques

Bien que l'objectif de notre recherche soit la création d'un mécanisme de génération de recommandations pour accroître la capacité à innover des PME, les résultats de ce mécanisme sont très liés à l'indicateur de mesure utilisé. C'est pourquoi, il est également important d'étudier l'évolution de l'indice d'innovation potentielle. Actuellement, nous utilisons la troisième version de l'IIP, basée sur deux niveaux d'agrégation, 6 grandes pratiques et 18 sous-pratiques (chapitre 1). Cependant, la révision de la littérature en matière d'innovation et les travaux réalisés en collaboration avec des experts de la Chambre de Commerce nous permettent de proposer une nouvelle version de l'indice (figure 50).

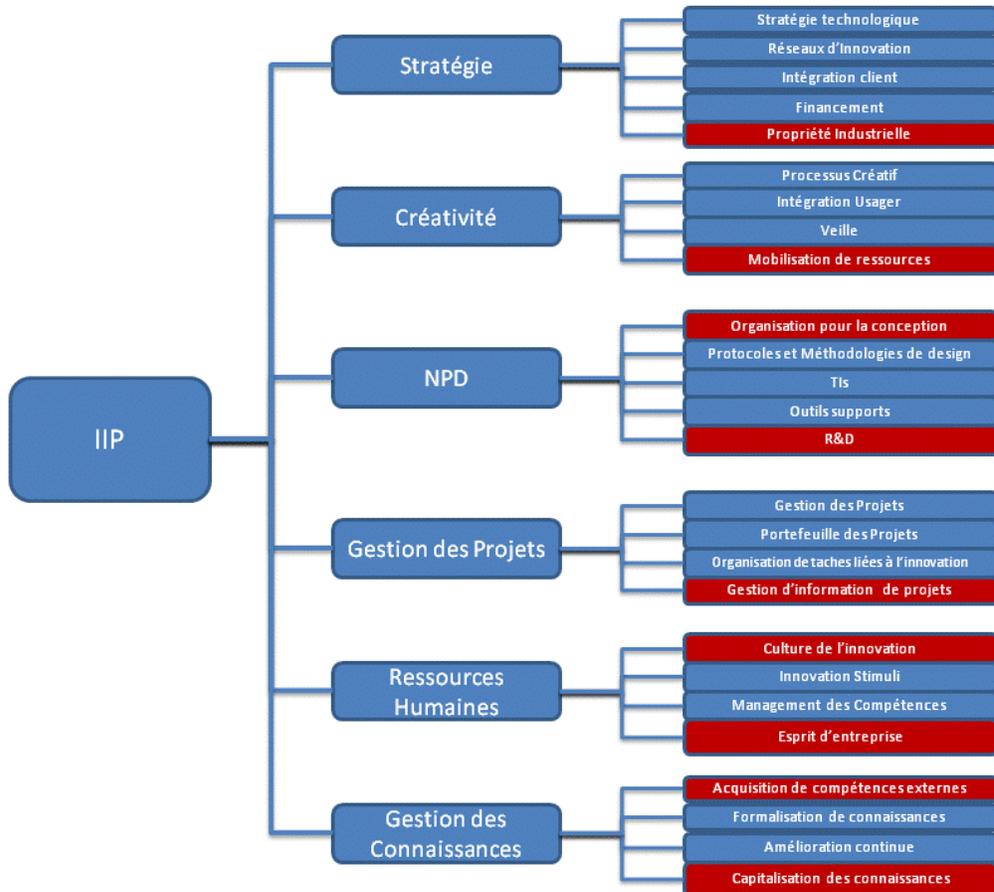


Figure 50. Nouvelle proposition de l'indice d'innovation potentielle, IIP. (Source : notre recherche)

Cette nouvelle version conserve la structure à deux niveaux d'agrégation. Elle conserve aussi les six grandes pratiques de base. Les changements sont concentrés sur le deuxième niveau, les sous-pratiques, et sont signifiés en rouge dans la figure 50.

Si la croissance des recherches sur l'innovation peut générer des nouvelles pratiques et des nouveaux concepts, elle peut aussi entraîner une modification d'assignation des sous-pratiques existantes. L'apparition de « l'open innovation » est une preuve manifeste de cela. En effet, l'open innovation a créé de nouveaux paradigmes sur la gestion des pratiques d'innovation car elle apporte de nouvelles possibilités d'acquisition et d'exploitation de connaissances et de technologies (Lichtenthaler, 2008; van de Vrande et al., 2009). Ainsi, nous devons intégrer ces évolutions dans notre calcul de l'IIP. Ceci se traduit par deux modifications d'importance : premièrement, la sous-pratique « propriété industrielle » originellement associée à la grande pratique « gestion de connaissances » se trouve désormais dans grande pratique « stratégie ». Cette modification résulte du fait qu'avec l'amplification de l'intégration des usagers dans la stratégie d'innovation des entreprises, la PI ne peut plus être uniquement considérée comme un outil de gestion de connaissances mais relève bien d'une volonté stratégique de l'entreprise. Deuxièmement, huit nouvelles sous-pratiques sont proposées :

Dans « Créativité » une nouvelle sous-pratique :

- mobilisation de ressources : cette sous-pratique cherche à évaluer l'utilisation de ressources pour l'enregistrement de l'information (nouvelles idées, nouveaux concepts, etc.) et leur exploitation. L'existence d'un système de centralisation des idées et d'information permet d'identifier des partenariats possibles, en plus de partager, d'échanger et de construire en groupes collaboratifs afin de faire naître des idées.

Dans « Conception et développement de nouveaux produits », deux nouvelles sous-pratiques :

- organisation pour la conception : l'existence d'un service RDI (« Recherche Développement et Innovation ») permet de mieux gérer les processus de conception. Avoir une structure de référence facilite l'avancement des projets car cela permet de rendre plus rapidement les projets concrets aux yeux des autres collaborateurs.
- R&D : l'importance d'un service ou centre de R&D a été largement étudiée dans la littérature. Disposer d'une équipe la plus performante possible en « recherche » et en même temps en « développement » favorise et renforce l'innovation de rupture. En effet, les équipes exclusivement issues du terrain ont parfois tendance à brider l'innovation en imposant immédiatement des contraintes de production ou de type technologique en général.

Dans « Gestion de projets », une nouvelle sous-pratique :

- gestion d'information de projets : cette sous-pratique vise à mesurer la disponibilité de l'information relative à l'historique de projets car les recherches et l'expérience acquise au cours d'un projet peuvent servir à d'autres. La récolte et le partage de cette information permet d'avoir un retour d'expérience ou d'effectuer des benchmarks par rapport aux autres projets et, ainsi, faciliter la résolution de problèmes ou gagner du temps dans la mise en œuvre des nouveaux projets.

Dans « Ressources humaines », deux nouvelles sous-pratiques :

- culture de l'innovation : l'innovation ne doit pas être développée exclusivement par certains responsables d'un bureau d'études. L'entreprise doit intégrer l'innovation à sa culture auprès de l'ensemble d'acteurs (salariés, fournisseurs, partenaires). La stimulation d'une culture de l'innovation permettra à tous de s'impliquer, augmentera le nombre des idées, réduira les temps de développement et améliorera l'image de la société.
- esprit d'entreprise : l'existence d'activités et de ressources pour soutenir le développement des compétences, le bien-être et l'épanouissement des collaborateurs sont des éléments moteurs de l'innovation.

Dans « Gestion de connaissances », deux nouvelles sous-pratiques :

- acquisition de compétences externes : l'ouverture à l'extérieur permet d'avoir une vision plus large du développement des technologies et des compétences qui pourraient aider à la réalisation des projets de l'entreprise. L'innovation implique une évolution permanente des compétences et peut nécessiter l'acquisition de compétences externes, il faut alors prévoir ce type d'achats.

- capitalisation des connaissances : innover augmente le niveau de connaissances de l'entreprise (études, recherches, information) et elle génère de nouveaux savoir-faire. Ces connaissances et compétences représentent une richesse qu'il est important de capitaliser.

En résumé, la version 4 de l'IIP est composée par les 6 grandes pratiques, et par 26 sous-pratiques associées. La méthode d'évaluation reste sous la forme d'une grille de maturité à cinq niveaux. Les 8 questions pour mesurer les nouvelles sous-pratiques sont présentées en annexe 3. Cependant, comme pour toutes les versions antérieures de l'IIP, nous devons valider la pertinence des changements proposés. Ainsi, ce questionnaire de 26 sous-pratiques est appliqué par des experts de la chambre de commerce de Moselle. Lorsque nous disposerons d'un nombre de données suffisantes (minimum 15 entreprises), nous pourrons faire l'analyse et valider ou non la nouvelle version de l'IIP.

2. Prise en compte du contexte

Le déploiement de la méthodologie de calcul de l'IIP à d'autres pays comme le Chili et l'Argentine nous permet d'affiner nos recherches. Ainsi, le benchmarking entre des entreprises françaises et argentines (Galvez et al., 2013) a permis de tirer des conclusions intéressantes par rapport à la gestion de l'innovation selon le contexte dans lequel l'entreprise se développe. Les principaux résultats de cette recherche montrent que si nous analysons seulement l'indice global, il n'existe pas de différences significatives entre les deux pays (figure 51). La plupart des PME sont classées dans les catégories les moins innovantes.

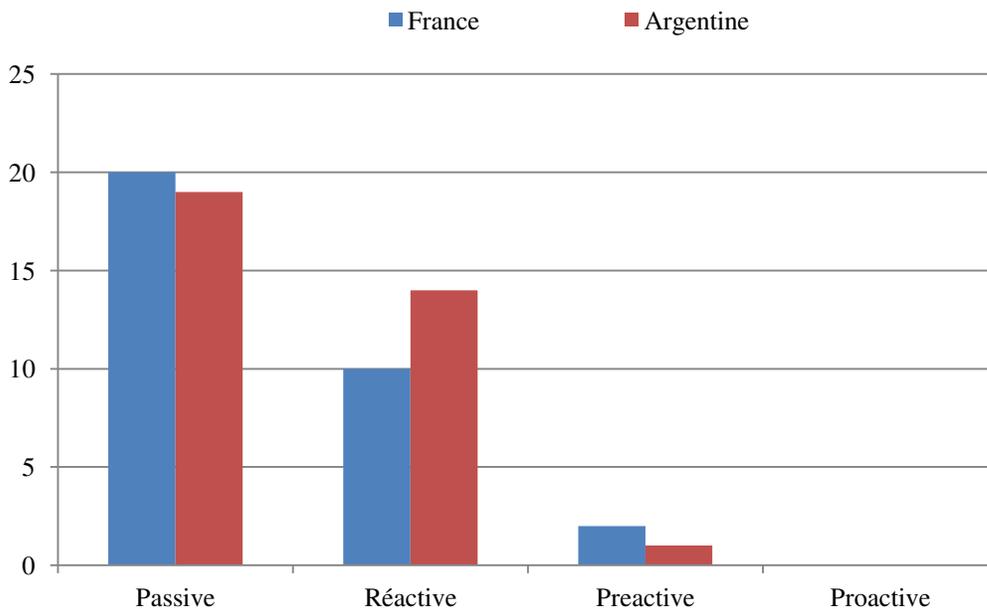


Figure 51. Comparaison du classement entre PME de l'Argentine et de la France (Galvez et al., 2013)

Par contre, si l'analyse porte sur la composition de l'IIP, nous commençons à constater des différences intéressantes. Par exemple, le profil par grandes pratiques des entreprises argentines est beaucoup plus homogène que le profil des entreprises françaises (figure 52).

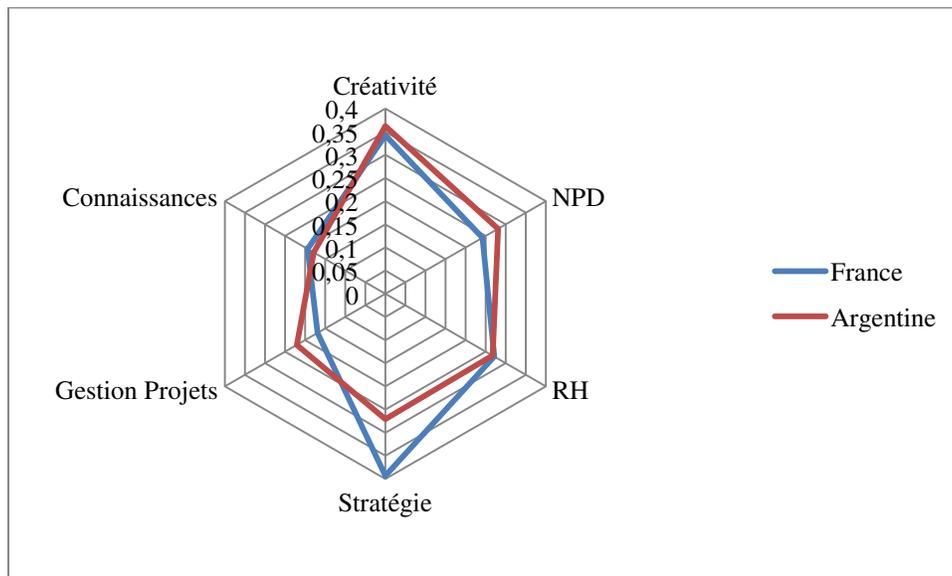


Figure 52. Profil par pratique des PME en France et en Argentine (Galvez et al., 2013)

Les plus grosses différences se trouvent dans la stratégie et la gestion de projets. La figure 53 montre sur l'axe central la performance moyenne des entreprises argentines. En conséquence, sur le côté gauche, nous trouverons les pratiques où la performance des entreprises argentines est meilleure que la performance des entreprises françaises, et sur le côté droit les pratiques où les entreprises françaises sont plus performantes. Ainsi, les entreprises françaises sont 45 % plus fortes sur la pratique stratégie, mais 23% plus faibles sur la gestion de projets. Ces écarts peuvent s'expliquer par des différences culturelles entre les deux pays ou par rapport au niveau de développement économique. Ainsi, certains questionnements surgissent quant à l'importance du contexte dans la gestion de la capacité à innover des PME.

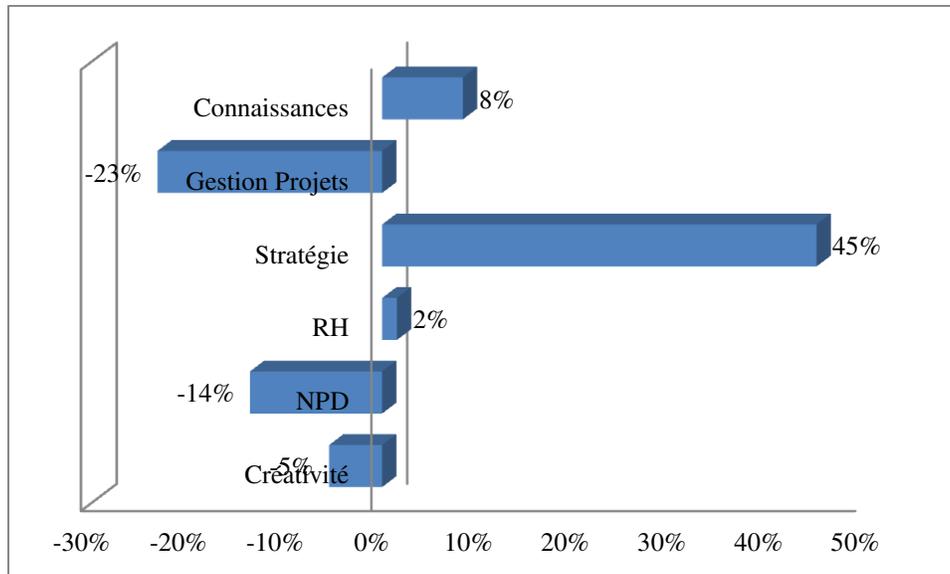


Figure 53. Benchmarking par grande pratique entre les entreprises Argentines et Françaises (Galvez et al., 2013)

Actuellement, l'IIP mesure l'innovation de façon interne car l'indice ne prend pas en compte le contexte dans lequel l'entreprise travaille. Cependant, les résultats de l'étude de benchmarking indiquent le besoin de quantifier l'impact du contexte (secteur d'activité, zone géographique, etc.) sur le calcul de l'IIP (figure 54). Mais, comment pouvons nous adapter l'indice selon le contexte de travail ? Dans le chapitre 2, le tableau récapitulatif des différents modèles de mesure de la capacité à innover des PME (Tableau 4, chapitre 2) montre que les pratiques d'innovation se répètent quel que soit le secteur d'activité ou le pays des entreprises étudiées. Donc, la définition de pratiques spécifiques par contexte n'est pas une solution. Par contre, l'importance assignée à chacune des pratiques varie, par exemple, selon le secteur d'activité. La veille technologique sera beaucoup plus importante pour une « start up » positionnée sur un secteur High-tech que pour une PME œuvrant sur un secteur de type traditionnel. De plus, nous voyons dans la figure 53, où l'axe central représente la moyenne des entreprises argentines, que pour les entreprises françaises la stratégie est la pratique la plus importante, alors que pour les entreprises argentines toutes les pratiques ont une importance similaire. Ainsi, l'adaptation de l'IIP au contexte de travail sera liée à l'assignation de poids aussi bien aux grandes pratiques qu'aux sous-pratiques.

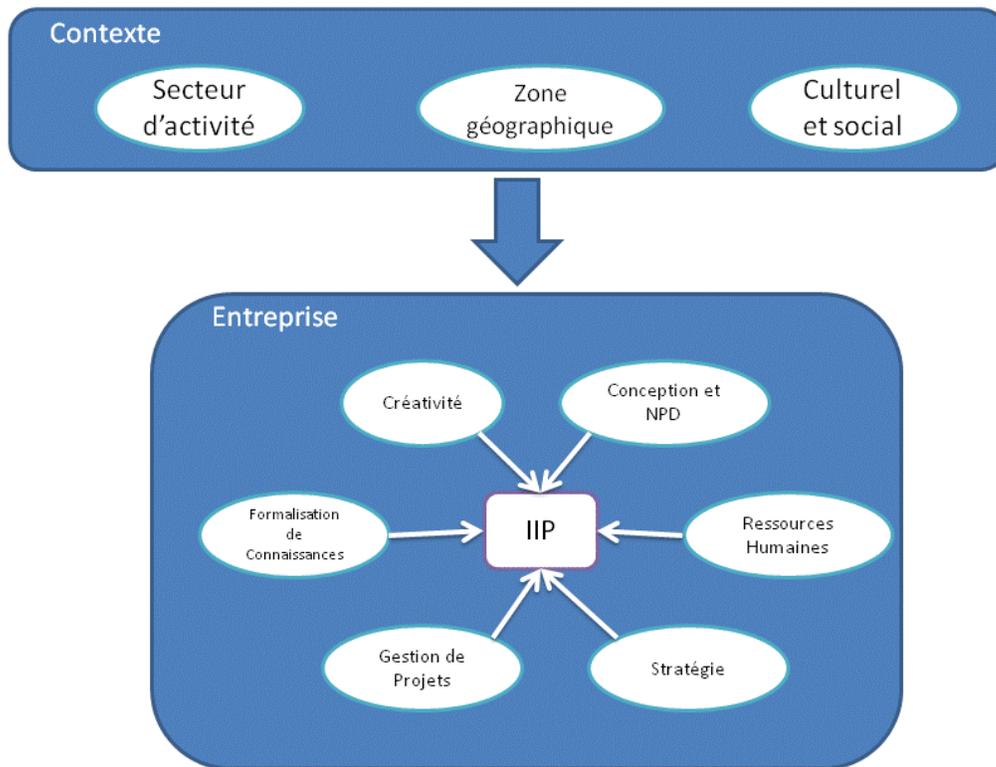
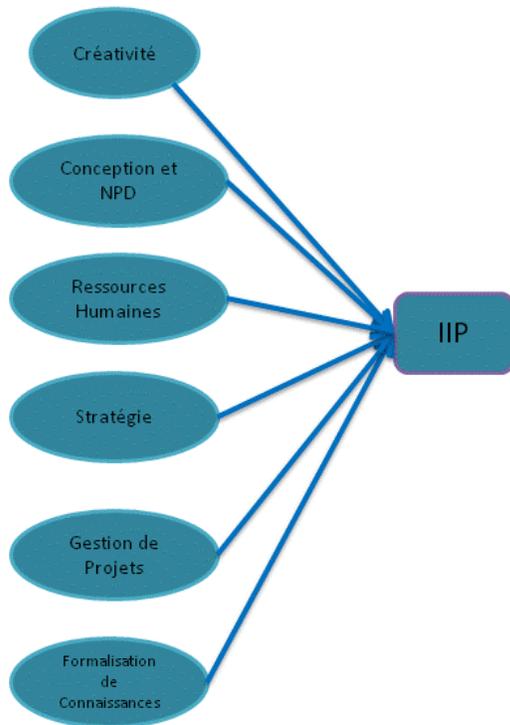


Figure 54. Impact du contexte sur le calcul de l'IIP. (Source : notre recherche)

C'est pourquoi, et dans le cadre d'un Master Recherche auquel nous avons participé à l'encadrement (Haddad, 2013), nous proposons un protocole pour l'assignation de poids appliqué au calcul de l'IIP sur un contexte donné (géographique ou de secteur d'activité). Avant de définir le protocole, nous analysons toutes les limites éventuelles de la pondération actuelle des poids. C'est ainsi que le concept d'interdépendance apparaît en mettant en évidence le besoin de quantifier les relations entre les pratiques. Actuellement, le calcul de l'IIP considère les pratiques et les sous-pratiques comme des variables indépendantes, c'est-à-dire que des changements dans la performance d'une pratique sont sans effet sur la performance des autres pratiques. Mais, dans la réalité les pratiques sont liées. Par exemple, si l'entreprise cherche à augmenter la performance de la pratique « NPD » en implémentant de nouveaux outils d'aide à la conception, il est nécessaire de prévoir l'acquisition de ces ressources dans la planification du financement. Il y aura donc un impact sur la performance de la pratique « stratégie ». De plus, l'interdépendance entre les pratiques permet de considérer le principe de synergie, c'est-à-dire, les influences entre les pratiques qui expliqueront les résultats de manière plus efficace que si nous faisons la somme de la performance de toutes les pratiques séparément (figure 55). De même, dans le cas de l'implémentation de nouveaux outils de conception (NPD), si l'entreprise complète cet effort avec une formation adéquate permettant au personnel d'acquérir les compétences requises pour utiliser les outils (Ressources Humaines), le résultat sera certainement plus efficace.

Indépendance



Synergie

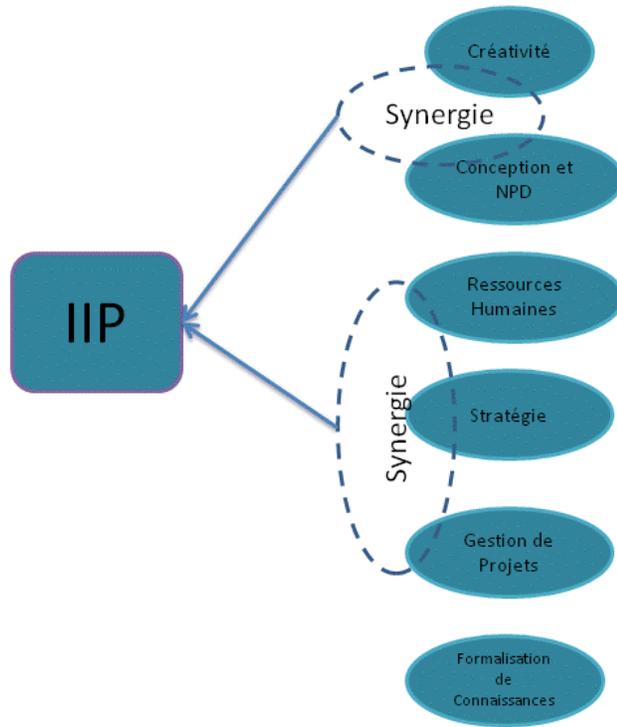


Figure 55. Effet de synergie entre les pratiques de gestion de l'innovation (Source : notre recherche)

Ainsi, le protocole d'assignation des poids met l'accent sur deux axes : l'adaptation de la mesure de la capacité à innover au contexte de l'entreprise (secteur d'activité, pays, etc.) (figure 54) et la prise en compte des interactions et des influences entre les pratiques et les sous-pratiques concernées dans le calcul de l'IIP (Figure 55). Compte tenu de ces deux problématiques, une révision des différentes méthodologies d'assignation de poids a été faite. Le tableau 23 montre un récapitulatif de cette analyse.

Méthodologie	Caractéristiques	Adaptabilité	Limites
AHP (Tavares et al., 2008)	Structure d'arbre hiérarchique. Opinion d'experts. Matrice de priorités. Evaluation de la cohérence.	Assignation de poids à partir d'experts, mais elle ne permet pas de calculer des interactions. Méthode de calcul simple.	Disponibilité d'un panel d'experts. Besoin d'informations détaillées.
ANP (Lee et al., 2009)	Structure d'arbre hiérarchique. Opinion d'experts.	Interactions entre critères à partir de l'opinion d'experts.	Disponibilité d'un panel d'experts. Besoin d'informations détaillées. Méthode de calcul complexe.
MACBETH (Costa et Vansnick, 1999)	L'expert qualifie qualitativement les pratiques en ordre descendant.	Assignation de poids à partir de l'opinion d'experts, mais elle ne permet pas de calculer des interactions.	Disponibilité d'un panel d'experts. Besoin d'informations détaillées. Méthode de calcul complexe.
Identification paramétrique (Clivillé et al., 2007; Madeira Junior et al., 2012)	Un expert indique sa préférence sur l'ensemble des pratiques permettant d'obtenir une fonction par pratique.	Assignation de poids à partir de l'opinion d'un acteur, mais elle ne permet pas de calculer des interactions.	Disponibilité d'un panel d'experts. Besoin d'informations détaillées Méthode de calcul complexe.
Intégral de Choquet (Wu et al., 2013)	Calcul de poids et interactions à partir de données en utilisant un algorithme d'apprentissage.	Assignation de poids et interactions entre critères à partir d'une base de données.	Grand nombre d'observations. Méthode de calcul complexe.
DEMATEL (Michnik, 2013)	Mesure des influences entre les pratiques.	Interactions entre critères (influence) à partir de l'opinion d'experts. Méthode de calcul simple	Disponibilité d'un panel d'experts. Besoin d'informations détaillées

Tableau 23. Comparaison de diverses méthodologies multicritères d'assignation de poids (Haddad, 2014)

La définition de notre protocole permet d'obtenir l'assignation des poids des pratiques à partir de données de différente nature : d'un côté, les données quantitatives représentées par l'évaluation

de la capacité à innover d'un groupe de PME et de l'autre côté, des données qualitatives représentées par l'opinion d'experts de l'innovation. Le protocole cherche à comparer les poids obtenus à partir de deux sources différentes afin d'établir un mécanisme de validation des résultats qui renforce la robustesse du système.

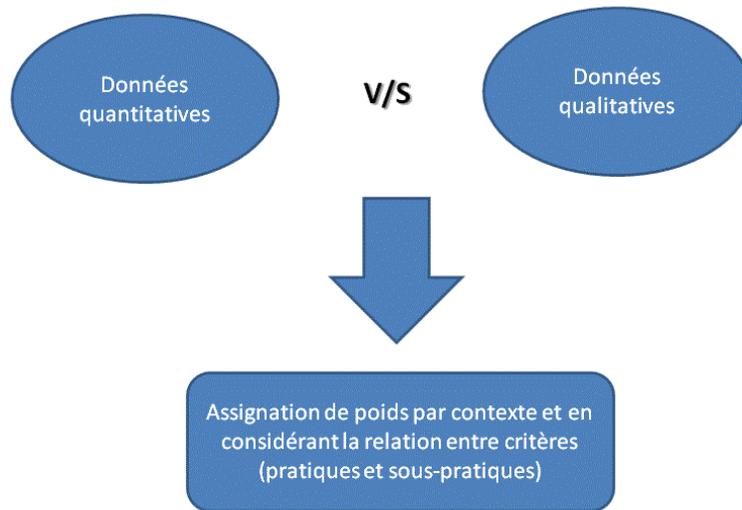


Figure 56. Approche pour la création du protocole d'assignation des poids. (Source : notre recherche)

Ainsi, nous avons besoin au moins de deux méthodologies, l'une qui travaille avec la base de données sur l'évaluation de l'IIP des PME (données quantitatives), et l'autre qui travaille avec l'opinion d'experts (données qualitatives). La sélection des méthodologies utilisées dans le protocole a été basée sur trois aspects : l'adaptation à notre cas d'étude, la faisabilité d'application et l'accès aux données nécessaires. En analysant les six alternatives présentées dans le tableau 23, nous choisissons les méthodologies suivantes :

- l'Intégrale de Choquet : cette méthodologie résout les deux problématiques proposées, car elle permet de calculer les poids et les interactions entre pratiques. Ainsi, le choix de l'Intégrale de Choquet permet d'apporter une réponse au côté gauche du protocole (figure 56) parce que les résultats sont obtenus à partir de données quantitatives. Ainsi, les données d'entrée pour cette méthodologie seront l'évaluation des diverses entreprises contenues dans une base de données. Les valeurs importantes sont l'IIP et les évaluations par pratiques et sous-pratiques (réponses au questionnaire d'évaluation). L'Intégrale de Choquet est basée sur un algorithme d'apprentissage qui agit comme un opérateur d'agrégation permettant de calculer deux types de valeurs : les valeurs de Shapley qui donnent l'importance des pratiques (poids) et les valeurs de Murofushi et Soneda représentant les interactions.
- AHP-DEMATEL : ces méthodologies nécessitent comme données d'entrée des informations qualitatives qui sont obtenues par des enquêtes auprès d'experts du domaine

étudié. AHP calcule les poids et DEMATEL mesure les influences. Ainsi, la fusion de ces méthodologies répond au côté droit du protocole (figure 56). La méthodologie AHP est basée sur des comparaisons par paires entre tous les critères (pratiques) afin de mesurer l'importance d'un critère par rapport aux autres. Cette information est capitalisée dans une matrice qui permet de calculer le poids de tous les critères, dans notre cas, les pratiques. DEMATEL fonctionne de manière similaire, mais elle cherche à déterminer les influences entre les critères en calculant deux facteurs : l'intensité de l'influence (r+c) et la direction de l'influence, c'est-à-dire si l'influence est une cause ou un effet (r-c). Pour obtenir l'opinion d'experts, un questionnaire a été créé (annexe 4), lequel se compose de deux sections, la première pour mesurer les poids (AHP) basée sur l'échelle de Saaty et la deuxième pour évaluer les influences (DEMATEL) basée sur une échelle de zéro à quatre. Un exemple de question pour chaque méthodologie est présenté ci-dessous :

AHP : Marquez d'une croix X la case qui reflète le mieux la préférence pour une pratique

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion des Ressources Humaines
											X							

Tableau 24. Exemple de question pour la méthodologie AHP (Haddad, 2013)

DEMATEL : Marquez d'une X le degré d'influence qu'a la pratique A sur la pratique B

La pratique A	Influence					Sur la pratique B
Créativité	0	X	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
Gestion des Ressources Humaines	X	1	2	3	4	Créativité

Tableau 25. Exemple de question pour la méthodologie DEMATEL (Haddad, 2013)

Il faut signaler que dans DEMATEL, nous devons faire la comparaison par paire dans les deux sens, car l'influence peut être une cause et/ou un effet. L'influence est mesurée par une échelle de zéro à quatre, où 0 signifie aucune influence et 4 signifie influence totale.

Comme l'un des objectifs du protocole est d'adapter le calcul de l'IIP au contexte de l'entreprise, les méthodologies doivent être appliquées dans un contexte spécifique : par exemple, un secteur d'activité particulier comme la métallurgie. La base de données utilisée par l'Intégrale de Choquet est alors constituée seulement par des entreprises appartenant à ce secteur. De la même manière, les experts d'AHP-DEMATEL doivent détenir leur expertise sur ce domaine. Nous obtiendrons ainsi les poids et les interactions des pratiques pour le secteur de la métallurgie. Actuellement, un projet d'application du protocole dans le secteur des matériaux est en cours. Nous sommes dans l'étape de récolte de données tant pour l'Intégrale de Choquet (évaluation de l'IIP d'entreprises de matériaux) que pour AHP-DEMATEL (application du questionnaire sur un panel d'experts).

Une première étude a été proposée afin de tester l'efficacité du protocole en le divisant en deux approches (Haddad, 2013) : premièrement, une comparaison entre les poids actuels obtenus à partir de l'opinion d'experts et calculés par AHP (Corona, 2005) et les poids obtenus en utilisant l'Intégrale de Choquet à partir d'une base de données d'une quarantaine de PME de la Région Lorraine appartenant à différents secteurs d'activité ; deuxièmement, l'application de la méthodologie AHP-DEMATEL sur deux contextes géographiques différentes, le Chili et la France.

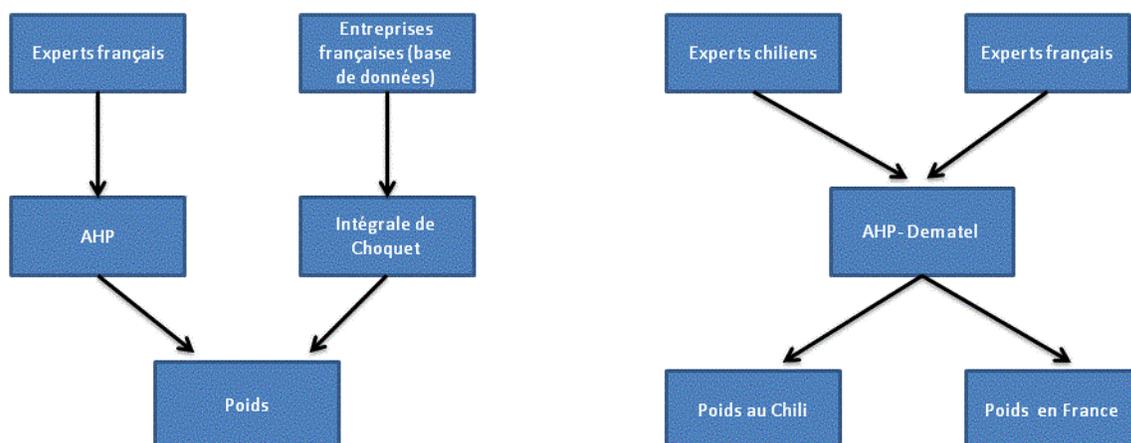


Figure 57. Approches d'application du protocole. (Source : notre recherche)

2.1 Approche 1 : l'Intégrale de Choquet v/s l'opinion d'experts

Cette approche cherche à comparer les jeux de poids obtenus à partir de données provenant d'origines différentes : les poids actuels représentent l'opinion d'experts de l'innovation alors que l'Intégrale de Choquet fournira les poids en utilisant la base de données (évaluations des entreprises) comme échantillon d'exploration pour appliquer l'algorithme d'apprentissage. Cette approche ne travaille pas dans un contexte spécifique car les experts et les entreprises de la base de données appartiennent à différents secteurs d'activité, l'assignation des poids est donc générale pour la gestion de l'innovation dans les PME.

Grandes pratiques	Intégrale de Choquet	Opinion d'experts (Corona, 2005)
Créativité	0,237	0,175
Conception et NPD	0,078	0,107
Ressources humaines	0,083	0,068
Stratégie	0,188	0,231
Gestion de Projets	0,175	0,195
Gestion de connaissances	0,238	0,224

Tableau 26. Comparaison des poids assignés par l'Intégrale de Choquet et par la méthodologie actuelle

Les deux méthodologies ont une plage de valeurs très similaire. Ainsi, il existe une concordance entre les poids obtenus. Dans la méthodologie actuelle, les pratiques les plus importantes sont la stratégie (23,1%) et la gestion de connaissances (22,4%), alors que dans l'Intégrale de Choquet l'importance de la gestion de connaissances est confirmée (23,8%), mais par contre la stratégie voit sa pondération diminuer (18,8%) au profit d'une plus grande visibilité de la créativité

(23,7%). Les deux méthodologies s'accordent sur le fait que les pratiques les moins importantes sont : Conception et NPD et Gestion des ressources humaines. En général, il n'existe pas de grandes différences entre les résultats des méthodologies. Les écarts les plus grands se trouvent dans la pratique stratégie avec une différence de 4,3% et la créativité avec un écart de 6,2%. Dans les autres pratiques, les écarts ne dépassent pas 3%.

L'intégrale de Choquet apporte des informations complémentaires car elle permet d'évaluer les interactions entre les pratiques (Tableau 27).

	Créativité	NPD	HR	Stratégie	Gestion Projets	Connaissances
Créativité	0	0,346	0,456	0,658	-0,054	0,438
NPD	0,346	0	0,112	-0,550	0,774	-0,683
HR	0,456	0,112	0	-0,108	-0,164	-0,295
Stratégie	0,658	-0,550	-0,108	0	-0,863	-0,129
Gestion de Projets	-0,054	0,774	-0,164	-0,863	0	-0,310
Gestion de Connaissances	0,438	-0,683	-0,295	-0,129	-0,310	0

Tableau 27. Matrice des interactions entre pratiques par l'Intégrale de Choquet (Haddad, 2013)

La matrice des interactions nous fournit deux types d'informations importantes :

- les valeurs positives : ces valeurs indiquent une relation positive entre les pratiques générant un effet de synergie, c'est-à-dire que le résultat d'un travail conjoint entre ces deux pratiques est plus important que la somme des performances des pratiques prises individuellement (Grabisch, 1995). Par exemple, dans le tableau 27, l'interaction entre NPD et gestion de projets montre la valeur la plus élevée (0,774), ce qui est un résultat logique et prévisible car dans une entreprise les pratiques sont notoirement liées.
- les valeurs négatives : ces valeurs n'indiquent pas forcément une relation négative entre les pratiques mais elles mettent en évidence une redondance, c'est-à-dire que même si ces pratiques travaillent ensemble elles ne produisent pas de meilleurs résultats car le processus ou l'information se répète. Dans le tableau 27, la valeur la plus négative est l'interaction entre stratégie et gestion de projets (-0,863). Ce résultat peut s'expliquer parce que la stratégie d'une entreprise est définie à long terme, alors que la gestion de projets est planifiée à court terme.

2.2 Approche 2 : AHP-DEMATEL appliquée dans différents contextes (Chili v/s France)

Cette approche prend en compte le contexte dans lequel l'entreprise se développe, ici deux pays de continents différents, le Chili pour l'Amérique latine et la France pour l'Europe. Cette approche se base seulement sur l'application d'AHP-DEMATEL, c'est-à-dire que les poids pour

les deux contextes seront calculés à partir de l'opinion d'experts du pays correspondant. L'obtention des données grâce au questionnaire est présentée dans la section précédente (annexe 4). Le panel d'experts des deux pays est composé par 3 spécialistes dans le domaine des matériaux.

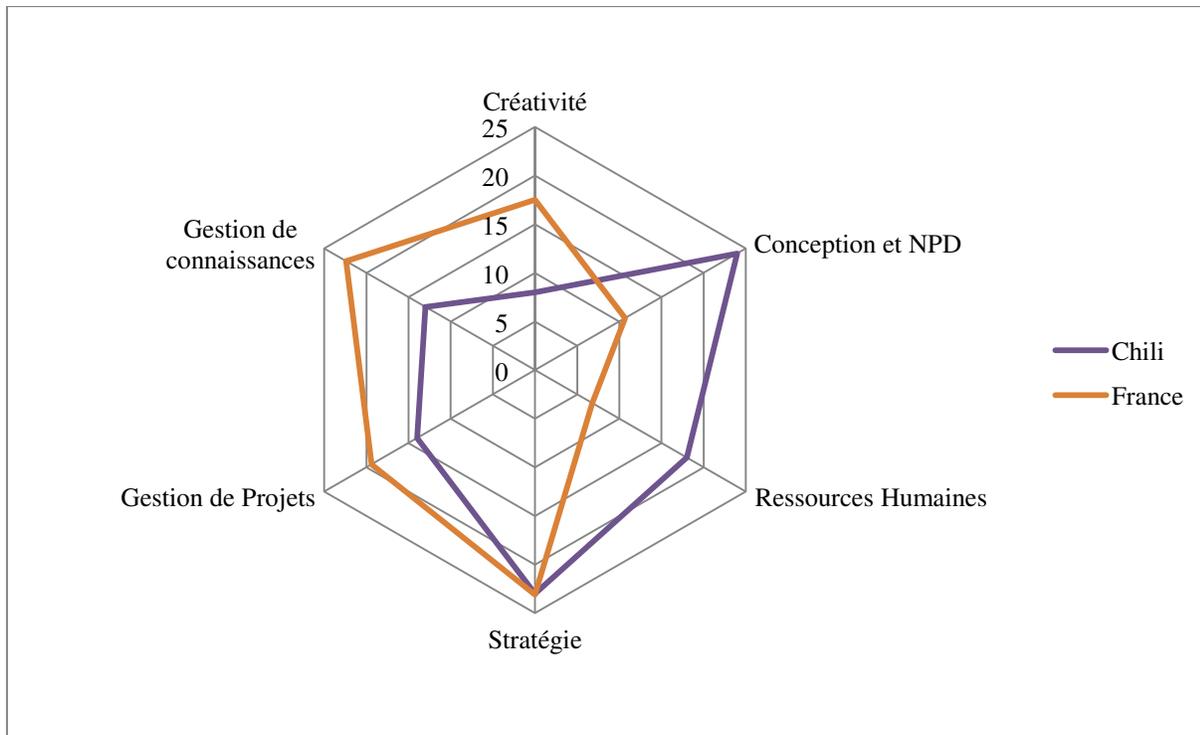


Figure 58. Comparaison des poids entre pays. (Haddad, 2014)

La figure 58 montre le profil des deux pays par pratique. On peut noter que la plage des valeurs est encore similaire. Mais les profils obtenus sont totalement différents. L'unique pratique qui a une importance similaire entre les deux pays est la stratégie avec 23%. Des écarts significatifs sont trouvés dans les pratiques : créativité (9,5%), conception et NPD (13,3%), gestion des ressources humaines (11,2%) et gestion de connaissances (9,4%). Les experts chiliens ont attribué une plus grande importance aux pratiques conception et NPD (24%) et gestion des ressources humaines (18%). Ces valeurs peuvent s'expliquer parce que, culturellement au Chili, l'innovation est liée aux processus de matérialisation de produits, ce qui provoque une diminution de l'importance des tâches abstraites (gestion de connaissances et créativité). Il existe une croyance que la génération et la protection des nouvelles idées n'est pas un processus répliquable. Par contre, les experts français ont identifié comme les pratiques les plus importantes la gestion de projets (19%) et la gestion de connaissances (22%). Ces différences entre les profils démontrent bien l'impact du contexte sur la façon de gérer l'innovation dans une PME.

De manière similaire à l'Intégrale de Choquet, DEMATEL permet d'obtenir des informations complémentaires sur la relation entre pratiques, mais, de plus, elle travaille sur le concept d'influence au lieu de l'interaction.

Grande pratique	R	C	(r + c)	(r - c)
Créativité	1,183	1,514	2,698	-0,331
NPD	1,420	1,993	3,414	-0,572
RH	1,687	1,575	3,263	0,111
Stratégie	2,462	1,382	3,844	1,080
Gestion Projets	1,259	1,687	2,946	-0,428
Connaissances	1,705	1,565	3,271	0,140

Tableau 28. Influences calculées par DEMATEL à partir du panel d'experts chiliens

DEMATEL permet de calculer deux types d'indice : l'intensité de l'influence ($r + c$) et la direction de l'influence ($r - c$). Si cet indice est positif, la pratique est influente (cause) et si l'indice est négatif la pratique est influencée (effet). Par exemple, la Stratégie présente l'intensité d'influence la plus forte et son indice ($r - c$) est positif. Elle influe donc sur les autres pratiques. Par contre, NPD a la deuxième intensité la plus forte, mais son indice de direction est négatif. Elle est donc fortement influencée par les autres.

Finalement, ces deux approches permettent de vérifier que la comparaison de deux méthodologies, qui obtiennent les poids à partir de données de différentes natures, agit comme un mécanisme de validation du protocole. Les résultats de la première approche montrent l'Intégrale de Choquet comme une sorte de méthodologie de calibration des poids assignés dans l'IIP actuel. Elle peut donc valider ou calibrer les poids obtenus par l'opinion d'experts.

3. Conclusions

Ce chapitre expose l'importance de mettre à jour le référentiel d'évaluation car il est la base du mécanisme de génération de recommandations présenté dans le chapitre 4. Ainsi, d'éventuelles améliorations sur l'indice d'innovation potentielle sont proposées. L'IIP est évolutif car la manière d'innover des entreprises change. Elles mobilisent des ressources différentes, par exemple, l'open innovation ou le développement informatique. L'innovation est moins associée au produit mais plutôt au modèle économique : premièrement, assurer une bonne compréhension du questionnaire d'évaluation de la capacité à innover de la part des entreprises car la fiabilité de l'IIP dépend fortement des réponses fournies par les entrepreneurs. En plus, l'un des avantages d'utiliser une grille de maturité comme modèle de mesure est de pouvoir décrire une situation (niveaux) grâce à des textes descriptifs. Donc le fait d'améliorer les textes des différents niveaux composant la grille est justement de bénéficier de cette caractéristique. Deuxièmement, le fait que les entreprises se trouvent sur des marchés qui changent rapidement, les métriques d'innovation doivent aussi pouvoir s'adapter à un environnement qui évolue constamment. L'augmentation des études sur la gestion de l'innovation oblige à être vigilant afin de maintenir actualisé l'IIP. Dans cet esprit, nous avons proposé d'ajouter 8 nouvelles sous-pratiques dans le calcul de l'indice.

D'un autre côté, les travaux d'application de l'IIP ont mis en évidence le besoin de prendre en compte le contexte dans lequel l'entreprise se développe. Bien que la révision de la littérature faite dans le chapitre 2 permette de valider les pratiques quel que soit le contexte, la manière de les gérer change. Ces changements s'expliquent par le fait que l'importance des pratiques est

différente selon l'environnement de l'entreprise, ce qui induit d'adapter l'IIP au contexte en jouant sur l'assignation des poids aux pratiques. Le protocole d'assignation de poids proposé cherche à quantifier l'importance de chaque pratique sur la base de données de différentes natures : opinion d'experts (qualitatives) v/s évaluation de la capacité à innover (quantitatives). L'analyse de six méthodologies d'assignation de poids a démontré que, a priori, il n'existe pas une méthodologie meilleure que l'autre, mais que certaines méthodologies sont plus adaptées au problème proposé. Dans notre cas, les méthodologies choisies sont l'Intégrale de Choquet et AHP-DEMATEL. La possibilité de comparer les résultats obtenus à partir de données différentes permet de valider ou de calibrer les poids. Ainsi, nous montrons dans l'approche 1 que les résultats obtenus par l'intégrale de Choquet et AHP sont similaires pour 4 pratiques. La différence de poids des deux pratiques restantes doit être réexaminée, surtout pour la créativité qui a montré l'écart le plus élevé avec 6,2% de différence. Finalement, l'application des deux approches permet de vérifier l'existence de relations (interactions ou influences) entre les pratiques, confirmant l'interdépendance des processus d'innovation.

Chapitre 7 : Conclusions et Perspectives

Ce travail fait partie d'une recherche développée par l'ERPI depuis une quinzaine d'années qui cherche à comprendre, évaluer et améliorer les pratiques internes qui favorisent l'innovation dans les PME. Les premières recherches ont porté sur l'identification des activités, processus et pratiques qui ont un impact positif sur la capacité à innover globale de l'entreprise. Puis, l'évaluation de cette capacité a été mise en place grâce à la définition de l'Indice d'Innovation Potentielle, l'IIP, basé sur les pratiques d'innovation et mobilisant une méthode de calcul multicritère permettant de classer les entreprises par rapport à leur capacité à innover dans quatre catégories prédéfinies : Proactives, Préactives, Réactives et Passives. Notre recherche vise à développer la dernière étape de cette approche en travaillant sur deux axes :

- le diagnostic de la gestion de la capacité à innover des PME : renforcer l'utilisation de l'IIP non seulement en tant qu'indicateur de mesure, mais également comme un outil de diagnostic de la gestion de l'innovation. Le classement obtenu permet d'avoir une vision globale de la capacité à innover de l'entreprise. Mais si nous analysons l'indice de manière plus détaillée, il permet aussi d'obtenir le profil par pratique, de déterminer les points forts et faibles et de connaître les degrés de maturité de toutes les pratiques. En fait, l'application de ce diagnostic sur diverses PME justifie le développement de notre deuxième axe car la gestion de l'innovation dans les petites et moyennes entreprises est encore peu développée.
- la création d'un mécanisme de génération de recommandations pour améliorer les pratiques internes d'innovation : les PME doivent toujours trouver des solutions pour assurer leur survie. L'innovation fournit la possibilité d'accroître leur performance mais le manque d'outils permettant d'assurer une gestion efficace ne permet pas d'exploiter tout le potentiel. Le manque d'indicateurs appropriés, la méconnaissance par les entrepreneurs des pratiques d'innovation, les limitations des ressources budgétaires sont les raisons principales qui empêchent le développement des PME en matière d'innovation. La proposition de la méthodologie de génération de recommandations vise à répondre à toutes ces problématiques car elle est basée sur un indicateur compréhensible (IIP) qui permet d'analyser et de mieux comprendre les pratiques d'innovation afin d'optimiser l'allocation de ressources. Ainsi, la méthodologie proposée cherche à identifier le chemin pour aller d'une situation particulière jusqu'à arriver à une situation souhaitée ou optimale (amélioration de la capacité à innover) en définissant un plan d'action à suivre pour atteindre l'objectif.

Ainsi, notre recherche permet de compléter le diagramme qui représente l'approche de l'IIP (chapitre 1, figure 5). En effet, nous rendons plus dynamique la méthodologie car l'application des actions proposées a des impacts sur l'entreprise qui changera sa performance d'innovation et enrichira de fait son système technologique.

Tout au long de ce travail, nous avons développé différentes étapes afin d'atteindre l'objectif proposé.

Dans un premier temps, la définition du contexte nous a permis de vérifier la situation actuelle de la France en matière d'innovation car même si elle se trouve sur la moyenne européenne d'innovation, elle reste distante des pays leaders (l'Allemagne, entre autres) surtout dans le

développement de la capacité à innover des PME. Ainsi, le développement de méthodologies pour étudier cette capacité prend de l'importance. C'est pourquoi, nous travaillons particulièrement sur l'approche de l'IIP dont l'étape finale initie notre recherche car elle cherche à générer des actions pour avoir un impact positif sur la performance d'innovation des entreprises. L'état des lieux réalisé sur l'IIP permet de connaître ses bases et sa logique de construction afin de mieux exploiter ses forces et améliorer ses faiblesses. Par exemple, l'identification et la définition des pratiques d'innovation se fondent sur une base scientifique fiable. De plus, elles sont validées grâce à divers travaux d'application de l'IIP. Par contre, la méthode d'évaluation des phénomènes observables a dû évoluer.

Afin de situer l'IIP par rapport aux nouvelles tendances des métriques d'innovation, une révision de la littérature a été faite. Ainsi, nous avons constaté que les dernières études avancent vers une normalisation des indicateurs d'évaluation. L'IIP possède les deux caractéristiques basiques que nous avons identifiées pour mesurer la capacité à innover de manière correcte : mettre l'accent sur les pratiques d'innovation et définir l'indicateur sur la base d'une situation multicritère. De plus, l'IIP évalue les 6 pratiques les plus citées dans les modèles d'évaluation (tableau 4) : la créativité, la conception et NPD, les ressources humaines, la stratégie, la gestion de projets et la gestion de connaissances. Ainsi, notre référentiel d'évaluation a été validé par rapport à ces nouvelles tendances et constitue, à ce stade, la base de notre contribution de recherche que nous pouvons résumer comme suit :

1. Notre Contribution

1.1 Validation et amélioration de l'IIP comme référentiel de la capacité à innover

La première partie de cette thèse nous a permis de valider l'IIP comme un indicateur d'évaluation de l'innovation mais il est possible d'améliorer sa précision et sa diffusion. C'est pourquoi, nous avons intégré la notion de grille de maturité comme un outil d'évaluation des phénomènes observables. Ce changement a eu un grand impact sur l'IIP car elle renforce la compréhension de l'indice. Une grille de maturité est caractérisée par la description détaillée de tous les niveaux de progrès nécessaires pour atteindre une performance optimale. Dans notre cas, nous avons défini une grille à 5 niveaux pour chacun des 18 phénomènes à mesurer. Ces niveaux sont décrits comme des actions qui demandent un effort économique (ressources, temps, personnel, etc.) pour être développées et acquérir le degré de maturité maximal possible pour la PME étudiée.

Ainsi, la définition de la grille de maturité complète l'IIP en rendant possible les deux apports suivants : renforcer la capacité d'analyse à partir de l'indice et la création de la démarche pour la génération des recommandations.

1.2 Renforcer le diagnostic de la capacité à innover à partir de l'IIP

L'utilisation des textes descriptifs pour définir chaque niveau de la grille de maturité permet d'améliorer la compréhension de l'IIP de la part de l'entrepreneur et de diffuser la méthodologie de manière plus globale à travers la mise en place du site internet Innovation-on-the-web.com. La création de cette plateforme web présente quelques enjeux car il faut que la représentation des résultats soit la plus claire possible de façon à permettre à l'entrepreneur de réaliser un autodiagnostic. Ainsi, nous avons rédigé une base de rapport qui clarifie le niveau actuel

d'innovation de l'entreprise. Ce rapport est divisé en trois degrés d'analyse : la performance globale, le profil par pratique et l'évaluation des sous-pratiques ou des phénomènes observables. La performance globale est définie par l'IIP obtenu et permet d'identifier le rôle de l'entreprise sur son marché. L'analyse par pratique explique le pourquoi de l'IIP obtenu en identifiant les points forts et faibles. Sur ces deux premiers niveaux d'analyse, une étude de benchmarking est proposée. Ainsi, l'entreprise peut se comparer avec son environnement immédiat (le même secteur d'activité ou la même catégorie d'innovation) et apprendre des autres. Finalement, l'analyse des sous-pratiques à travers la grille de maturité permet d'identifier le stade suivant au cas où l'entreprise décide de développer quelques sous-pratiques. Ainsi, le benchmarking en liaison avec la grille de maturité donnent les premières pistes pour la création d'un plan d'action afin d'accroître la capacité à innover.

1.3 Création d'une méthodologie d'amélioration de la capacité à innover

Nous nous basons sur le diagnostic précédent pour créer une démarche qui permet la génération d'un plan d'action pour améliorer la capacité à innover des PME. La génération de recommandations est basée sur deux axes : un modèle d'optimisation linéaire lié aux propriétés de la grille de maturité. Le modèle cherche à représenter diverses situations afin de définir la stratégie la plus adaptée aux caractéristiques et aux objectifs de l'entreprise. Le modèle identifie les actions qui possèdent un meilleur compromis entre profits et coûts, tenant en compte les conditions et les contraintes qui définissent la situation actuelle de l'entreprise. Le modèle choisit les sous-pratiques à renforcer sur la base d'algorithmes mathématiques afin de limiter le risque de l'implémentation de la stratégie proposée. Le modèle propose trois stratégies d'amélioration qui cherchent des objectifs différents afin de permettre à l'entrepreneur de choisir la plus adaptée à son entreprise. La grille de maturité permet la traduction des résultats mathématiques du modèle en une liste de recommandations permettant les actions nécessaires pour améliorer la capacité à innover de l'entreprise.

2. Limites de notre recherche

Les limites les plus importantes de notre travail sont liées à l'obtention des données. En effet, le manque d'information est résolu par des hypothèses de travail, par exemple, la forme de la courbe des fonctions d'efforts économiques associées à la grille de maturité. Chaque niveau défini dans la grille de maturité représente un phénomène qui demande l'allocation de ressources de la part de l'entreprise. Mais l'accès à ce type d'information est limité. Ainsi, nous profitons des caractéristiques de la grille de maturité pour définir l'hypothèse suivante : les fonctions d'efforts économiques associées sont représentées par une courbe de sauts croissante en forme d'escalier. En effet, les grilles de maturité sont normalement représentées par un escalier. La hauteur des sauts dépend de la quantité de ressources utilisées sur chaque niveau. Le manque d'information est remplacé par l'assignation de valeurs aléatoires entre 1 et 20. Une condition importante à respecter est que la hauteur entre les niveaux les plus exigeants doit être supérieure à la hauteur entre les niveaux les plus faibles.

Quand une stratégie est définie, l'une des caractéristiques majeures est la définition de la dimension temporelle (court - moyen - long terme). Dans notre cas, les stratégies sont basées seulement sur la relation profits/coûts. Cette limite est aussi liée à la restriction d'information, car la définition du temps nécessaire pour la mise en place de la stratégie dépend des ressources associées pour atteindre les niveaux de maturité ciblés. L'intégration d'une variable « temps »

permettra aussi d'enrichir le protocole d'aide à la décision de la stratégie car il est clairement un critère de sélection.

La validation sur des cas réels est un autre point à améliorer dans notre recherche. Actuellement, le test des stratégies est fondé sur la base de simulations. Même si le modèle permet de définir de nombreuses contraintes et conditions afin de représenter la réalité de l'entreprise, c'est juste une représentation. Le modèle travaille sous la condition que toutes les actions soient réalisées correctement. Il ne considère pas forcément tous les inconvénients et les incertitudes que les entreprises peuvent éprouver dans la réalité. Par exemple, si le modèle propose comme recommandation la mise en place d'une base de données, la simulation considère que l'exploitation de la base est totale. Par contre, dans la réalité, cela n'est pas une certitude. Ainsi, la validation de notre étude doit prendre en considération des cas réels. Cette limite est abordée actuellement grâce au travail effectué en collaboration avec la Chambre de Commerce de Moselle. Les conseillers de la CCI proposent des recommandations afin d'accéder à une catégorie supérieure avec un minimum d'impact sur le système technologique de l'entreprise, c'est-à-dire avec la même logique d'optimisation que la stratégie 1.

D'un point de vue pratique, la génération des recommandations n'est pas actuellement à 100% automatique car il est nécessaire qu'une personne ayant quelques compétences des modèles d'optimisation réalise la traduction des résultats du modèle selon la liste de recommandations. En ce sens, le manque d'un outil ou d'une interface qui interagit directement avec l'entrepreneur limite l'autonomie de la méthodologie proposée.

3. Perspectives

Ce travail a permis d'ouvrir différentes lignes de recherche, nos premières perspectives visent à renforcer le modèle et à répondre aux limites exposées précédemment.

3.1 Définition de courbes d'efforts économiques associées à la grille de maturité.

Les suites à développer portent notamment sur la définition des courbes associées à la grille de maturité. Cette problématique compte déjà avec une première approche appliquée sur la sous-pratique de la propriété industrielle au sein du laboratoire (Enjolras et al., 2014). L'approche utilise une méthodologie complémentaire qui permet d'approfondir l'analyse et la compréhension des sous-pratiques. Dans ce cas, la propriété industrielle est évaluée par la méthodologie AIDA (Enjolras, 2013).

A l'origine, la méthodologie AIDA travaille sur 4 niveaux de management (A : « Attention », I : « Interest », D : « Desire » et A : « Action ») des processus de vente, mais le Centre de Recherches Public Henri Tudor à Luxembourg a adapté ces niveaux au management de la PI, comme suit :

- connaissance : l'entreprise est au courant de l'importance de la PI mais elle ne l'expérimente pas,
- protection : l'entreprise commence à réaliser quelques dépôts de titres afin de se protéger,
- gestion : la PI est gérée administrativement dans toutes les phases de développement du produit,
- exploitation : l'entreprise est capable de valoriser et de commercialiser son patrimoine immatériel.

L'évaluation de ces niveaux de management de la PI est effectuée grâce à la définition de phénomènes observables présentés dans un questionnaire d'évaluation. (Enjolras, 2013) a réalisé une étude pour mesurer la capacité à se protéger des PME de la région Lorraine sur un panel de 71 entreprises. Sur la base des résultats obtenus, (Enjolras et al., 2014) proposent de faire le lien avec l'IIP comme présenté en figure 59.

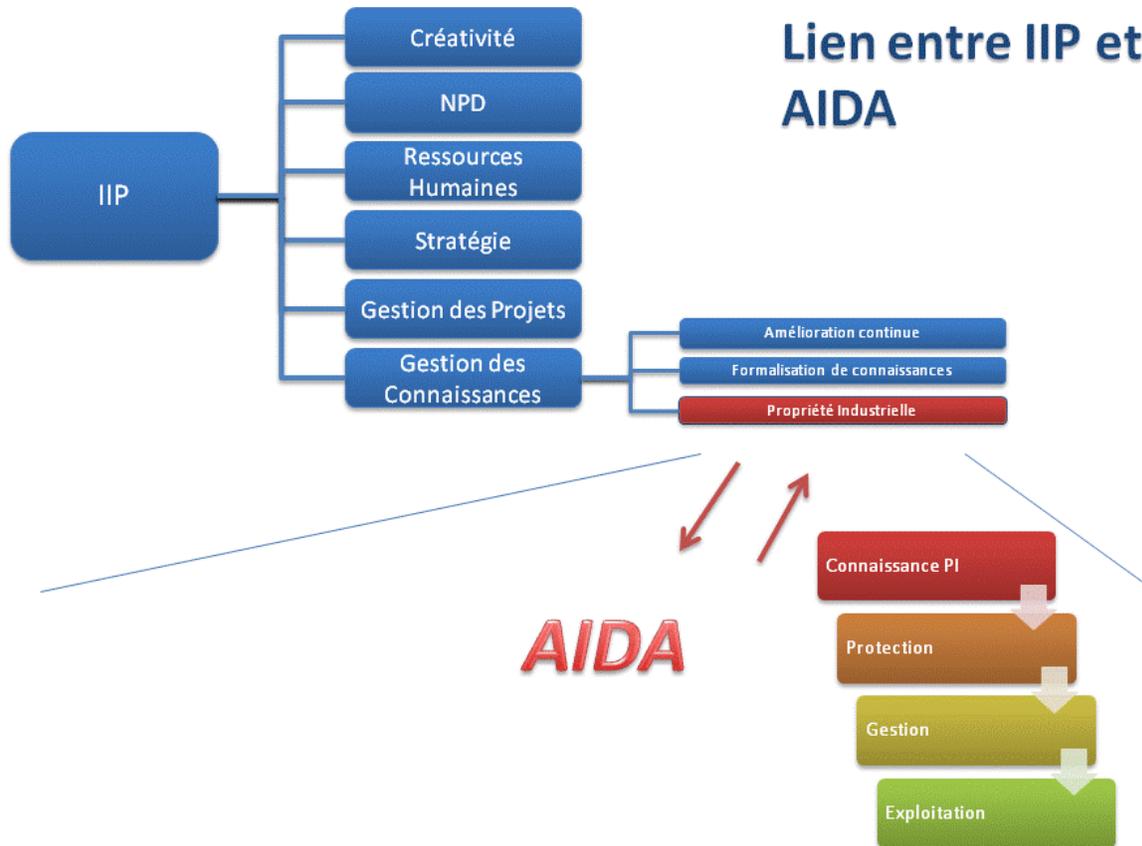


Figure 59. Lien entre l'IIP et la méthodologie AIDA (Enjolras et al., 2014).

De plus, elle propose le lien pouvant exister entre les 5 niveaux de maturité associés à la propriété industrielle et l'évaluation faite par AIDA. Il en résulte les profils de management de la PI associés à chacun des 5 niveaux composant la grille de maturité de l'IIP, comme suit :

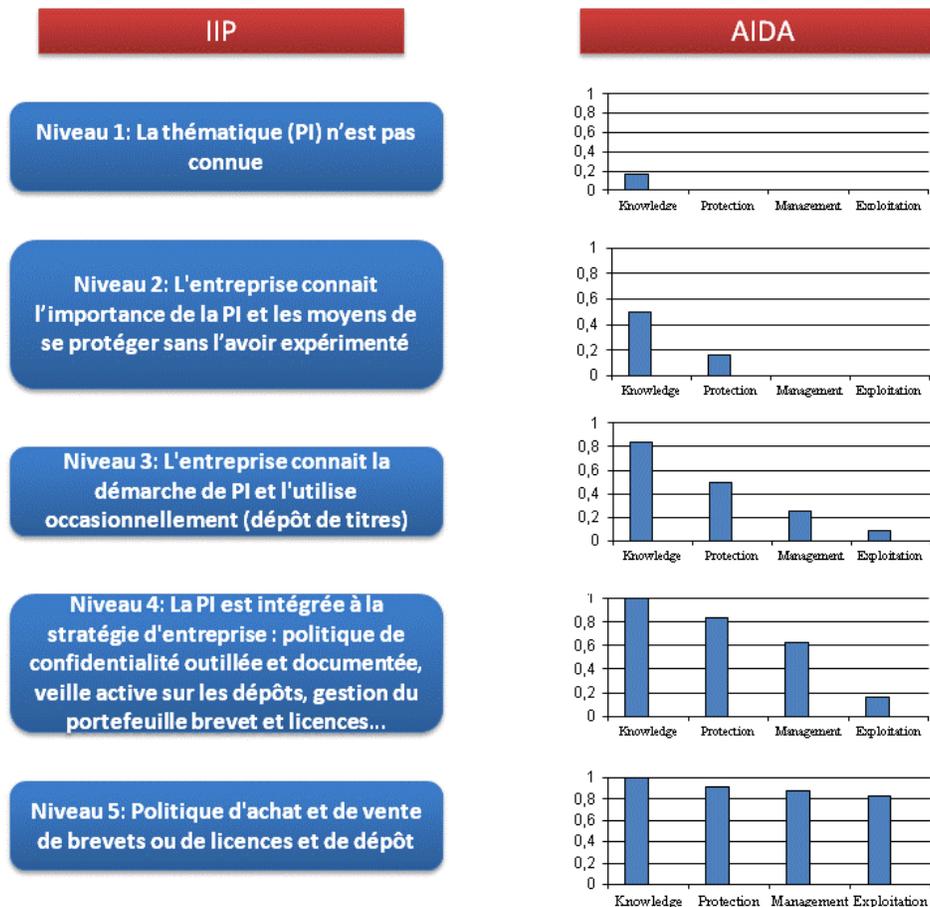


Figure 60. Profils de management de la PI associée à la grille de maturité (Enjolras et al., 2014).

Les entreprises étudiées montrent un niveau faible de management de la PI. Si nous cherchons à les situer dans la grille de maturité de l'IIP, elles se trouvent dans les trois premiers niveaux. La courbe d'efforts associée montre un escalier où la hauteur de la première marche est insignifiante, la deuxième marche est plus élevée, mais la différence la plus importante est la hauteur pour passer à la troisième marche. Finalement, les deux dernières marches maintiennent une hauteur constante.

Ainsi, la construction des courbes pour les sous-pratiques restantes peut suivre cette démarche où il est nécessaire de trouver une méthode d'évaluation complémentaire spécialement dédiée à étudier une sous-pratique particulière. Dans l'ERPI, il existe des travaux pour évaluer la gestion de projets (Claire, 2014), la créativité (Gabriel et al., 2014) et l'open innovation (Steiner, 2014).

3.2 Précision des recommandations obtenues

Les recommandations sont obtenues à partir de la grille de maturité. Elles sont donc plus spécifiques que les recommandations de type numérique (par exemple : amélioration de 5% de la performance de la pratique 1) car elles proposent une situation cible définie à partir du texte explicatif de la grille de maturité. Même si la situation objective est bien connue, il peut arriver

que l'entrepreneur ne sache pas comme réagir pour arriver à cette situation. Ainsi, l'intégration d'une liste d'actions complémentaires peut améliorer la qualité des recommandations.

Par exemple, dans le chapitre 4, le premier scénario propose la recommandation suivante :

Sous-pratique	Niveau actuel	Niveau recommandé
5. Protocoles et méthodologies d'aide à la conception	L'entreprise sollicite des consultants extérieurs de manière exceptionnelle, pour les projets les plus critiques.	L'entreprise a formalisé un protocole de conception utilisé systématiquement en s'appuyant sur des compétences internes. Il ne couvre pas l'ensemble du processus de développement.

Tableau 29. Exemple de recommandations pour le scénario 1.

Même si le niveau recommandé semble assez clair, l'entrepreneur peut hésiter sur les actions à mener pour formaliser le protocole de conception. Ainsi, une liste d'actions complémentaires permettrait de clarifier ses doutes. La liste pourrait se présenter de la manière suivante :

- Pour obtenir le niveau recommandé vous devez :
 1. définir un protocole type qui considère au moins les étapes suivantes : analyse de besoin, analyse de marché, analyse concurrentielle, cahier des charges, prototypage, analyse normative, budget et plan de financement,
 2. définir, pour chaque projet, un planning de réalisation des tâches.

Ces travaux sont déjà en cours. La liste d'actions complémentaires est construite à partir de l'opinion de chercheurs de l'ERPI et le retour d'expérience de l'application de l'IIP de la part des conseillers de la CCI.

3.3 Intégration d'autres indicateurs de performance comme variables de sortie du modèle

Finalement, aujourd'hui, le modèle compte comme variable de sortie uniquement la performance en matière d'innovation (calcul de l'IIP ou classement de l'entreprise), ce qui limite la variété des stratégies. Il existe diverses études qui travaillent sur l'impact de l'innovation sur la performance des entreprises mesurée par différents indicateurs tels que le chiffre d'affaires, la croissance, l'exportation, etc. (Hausman, 2005; Love et al., 2011; Monreal-Pérez et al., 2012; Roper et Love, 2002; Rosenbusch et al., 2011; Toldrá et al., 2012). Ainsi, il est possible d'ajouter de nouveaux indicateurs de performance comme variables de sortie afin de considérer plus de facteurs au moment de définir une stratégie d'amélioration. La création d'une stratégie qui cherche à maximiser la croissance pourrait être intéressante dans un contexte de mondialisation.

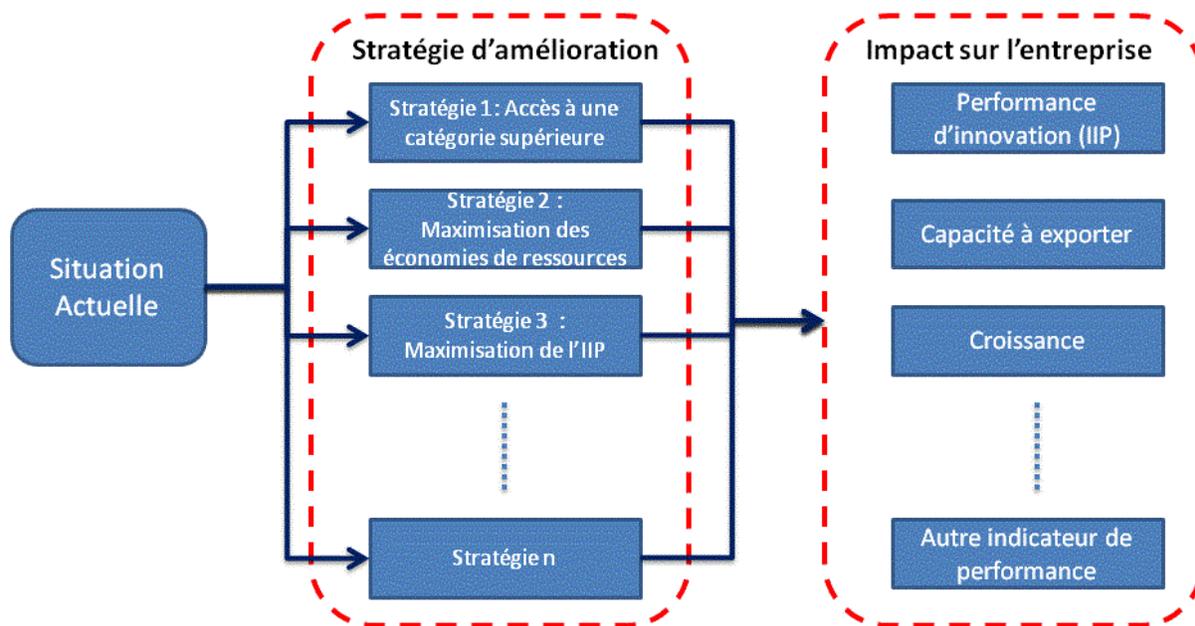


Figure 61. Intégration de nouvelles stratégies et variables de sortie sur le modèle d'optimisation (Source : notre recherche)

Le principal inconvénient pour mettre en place ces travaux réside dans la quantification de l'impact de l'innovation sur ces nouveaux indicateurs. C'est pourquoi, nous avons commencé une recherche pour définir ce type de relation. Par exemple, Rodriguez (2014) a étudié l'impact de la gestion de l'innovation sur la croissance des entreprises et Mademoiselle Enjolras a démarré une thèse sur la relation entre l'IIP et la capacité à s'internationaliser des PME.

Ainsi, une nouvelle génération éventuelle de métriques d'innovation vise à intégrer les interactions entre les pratiques afin de considérer les effets de synergie ou émergence (il peut être une vision plus systémique), mais aussi à quantifier l'impact de l'innovation sur la performance globale de l'entreprise.

Il reste donc encore quelques années de recherche en perspective auxquelles nous comptons bien apporter notre contribution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abedi, M., Ali Torabi, S., Norouzi, G.-H., Hamzeh, M., et Elyasi, G.-R. (2012). PROMETHEE II: A knowledge-driven method for copper exploration. *Comput. Geosci.* 46, 255–263.
- Adams, R., Bessant, J., et Phelps, R. (2006). Innovation management measurement: A review. *Int. J. Manag. Rev.* 8, 21–47.
- Albadvi, A., Chaharsooghi, S.K., et Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *Eur. J. Oper. Res.* 177, 673–683.
- Altman, E.J., Nagle, F., et Tushman, M. (2014). *Innovating Without Information Constraints: Organizations, Communities, and Innovation When Information Costs Approach Zero* (Rochester, NY: Social Science Research Network).
- Andersen, E.S., et Jessen, S.A. (2003). Project maturity in organisations. *Int. J. Proj. Manag.* 21, 457–461.
- Antunes, P., Carreira, P., et Mira da Silva, M. (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy Policy* 73, 803–814.
- Aouni, B., Colapinto, C., et La Torre, D. (2014). Financial portfolio management through the goal programming model: Current state-of-the-art. *Eur. J. Oper. Res.* 234, 536–545.
- Assielou, G. (2008). *Métrie des processus d'innovation*.
- Association francophone de management de projet (2010). *Dictionnaire de management de projet* (La Plaine Saint-Denis: Afnor).
- Atalay, M., Anafarta, N., et Sarvan, F. (2013). The Relationship between Innovation and Firm Performance: An Empirical Evidence from Turkish Automotive Supplier Industry. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 75, 226–235.
- Becheikh, N., Landry, R., et Amara, N. (2006). Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. *Technovation* 26, 644–664.
- Bessa, R.J., et Matos, M.A. (2014). Optimization models for an EV aggregator selling secondary reserve in the electricity market. *Electr. Power Syst. Res.* 106, 36–50.
- Beylat, J.-L., et Tambourin, P. (2013). *L'innovation: un enjeu majeur pour la France - Dynamiser la croissance des entreprises innovantes* (FRANCE. Ministère du redressement productif; FRANCE. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche).
- Boly, V. (2004). *Ingénierie de l'innovation: Organisation et méthodologies des entreprises innovantes* (Hermes Science Publications).

Boly, V. (2008). *Ingénierie de l'innovation : Organisation et méthodologies des entreprises innovantes* (Hermes Science Publications).

Boly, V., et Morel-Guimaraes, L. (2006). Définition des niveaux d'action pour piloter l'innovation et contribution à une métrique de l'innovation. In *Innovation, Management des processus et création de valeur*, (L'Harmattan), pp. pp. 29–43 – Chapitre 2.

Boly, V., Morel, L., Renaud, J., et Guidat, C. (2000). Innovation in low tech SMBs: evidence of a necessary constructivist approach. *Technovation* 20, 161–168.

Boly, V., Morel, L., Assielou, G., et Camargo, M. (2013). Evaluating innovative processes in french firms: methodological proposition for firm innovation capacity evaluation. *Res. Policy*.

Burgelman, R., et McKinney, W. (2005). *Managing the Strategic Dynamics of Acquisition Integration: Lessons from HP and Compaq* (Rochester, NY: Social Science Research Network).

Burgelman, R.A., Kosnik, T.J., et Poel, M. van den (1985). *Toward an Innovative Capabilities Audit Framework* (Graduate School of Business, Stanford University).

Camargo, M. (2012). *L'Innovation Assistée par Ordinateur : une approche multidisciplinaire et multi-échelle. Apports de l'analyse multicritère. Mémoire de HdR. Université de Lorraine.*

Camisón, C., et Monfort-Mir, V.M. (2012). Measuring innovation in tourism from the Schumpeterian and the dynamic-capabilities perspectives. *Tour. Manag.* 33, 776–789.

Caniëls, M., et Romijn, H. (2003). SME Clusters, Acquisition of Technological Capabilities and Development: Concepts, Practice and Policy Lessons. *J. Ind. Compet. Trade* 3, 187–210.

Chen, H.H., Qiao, S., et Lee, A.H.I. (2014). The impacts of different R&D organizational structures on performance of firms: Perspective of absorptive capacity. *J. High Technol. Manag. Res.* 25, 83–95.

Cheng, Y.I.-L.I., et Lin, Y.U.A.N.-H.S.U. (2012). Performance Evaluation of Technological Innovation Capabilities In Uncertainty. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 40, 287–314.

Chiesa, V., Coughlan, P., et Voss, C.A. (1996). Development of a technical innovation audit. *J. Prod. Innov. Manag.* 13, 105–136.

Chou, C.-C., Kuo, F.-T., Gou, R.-H., Tsai, C.-L., Wong, C.-P., et Tsou, M.-C. (2010). Application of a combined fuzzy multiple criteria decision making and optimization programming model to the container transportation demand split. *Appl. Soft Comput.* 10, 1080–1086.

Cinelli, M., Coles, S.R., et Kirwan, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecol. Indic.* 46, 138–148.

- Claire, J., Galvez, D., Boly, V. et Camargo, M. (2014). A new innovation project maturity assessment methodology based on innovation degree. In 2014 International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), pp. 1–8.
- Clivillé, V., Berrah, L., et Mauris, G. (2007). Quantitative expression and aggregation of performance measurements based on the MACBETH multi-criteria method. *Int. J. Prod. Econ.* *105*, 171–189.
- Cohen, W.M., et Levinthal, D.A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Adm. Sci. Q.* *35*, 128.
- Cormican, K., et O’Sullivan, D. (2004). Auditing best practice for effective product innovation management. *Technovation* *24*, 819–829.
- Corona, J.R.C. (2005). Innovation et métrologie: une approche en terme d’indice d’innovation potentielle (les-Nancy).
- Costa, C.A.B.E., et Vansnick, J.-C. (1999). The MACBETH Approach: Basic Ideas, Software, and an Application. In *Advances in Decision Analysis*, N. Meskens, and M. Roubens, eds. (Springer Netherlands), pp. 131–157.
- Edison, H., bin Ali, N., et Torkar, R. (2013). Towards innovation measurement in the software industry. *J. Syst. Softw.* *86*, 1390–1407.
- Edwards, T., Delbridge, R., et Munday, M. (2005). Understanding innovation in small and medium-sized enterprises: a process manifest. *Technovation* *25*, 1119–1127.
- Engelen, A., Kube, H., Schmidt, S., et Flatten, T.C. (2014). Entrepreneurial orientation in turbulent environments: The moderating role of absorptive capacity. *Res. Policy* *43*, 1353–1369.
- Enjolras, M., Galvez, D., Camargo, M., et Morel, L. (2014). Proposal of a methodology to elicit maturity curves: Application to innovation and protection capabilities of SMEs. In 2014 International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), pp. 1–9.
- Le bezvoët, M. (2013). Proposition d’un système de pilotage du processus d’innovation NSD pour le secteur de la finance. Thèse doctorale. Université de Lorraine.
- Fagerberg, J., et Verspagen, B. (2009). Innovation studies—The emerging structure of a new scientific field. *Res. Policy* *38*, 218–233.
- Faigle, U., et Grabisch, M. (2011). A discrete Choquet integral for ordered systems. *Fuzzy Sets Syst.* *168*, 3–17.
- Feeny, S., et Rogers, M. (2003). Innovation and Performance: Benchmarking Australian Firms. *Aust. Econ. Rev.* *36*, 253–264.
- Fliedner, M., et Boysen, N. (2008). Solving the car sequencing problem via Branch & Bound. *Eur. J. Oper. Res.* *191*, 1023–1042.

- Forsman, H. (2011). Innovation capacity and innovation development in small enterprises. A comparison between the manufacturing and service sectors. *Res. Policy* 40, 739–750.
- Franke, N., Von Hippel, E., et Schreier, M. (2006). Finding Commercially Attractive User Innovations: A Test of Lead-User Theory*. *J. Prod. Innov. Manag.* 23, 301–315.
- Galvez, D., Camargo, M., Rodriguez, J., et Morel, L. (2013). PII- Potential Innovation Index: a Tool to Benchmark Innovation Capabilities in International Context. *J. Technol. Manag. Innov.* 8, 36–45.
- Garcia, R., et Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *J. Prod. Innov. Manag.* 19, 110–132.
- Ghazinoory, S., Aliahmadi, A., Namdarzangeneh, S., et Ghodsypour, S.H. (2007). Using AHP and L.P. for choosing the best alternatives based the gap analysis. *Appl. Math. Comput.* 184, 316–321.
- Godet, M. (1997). *Manuel de prospective stratégique* - Dunod/APM.
- Gonzalez, J. (2009). *amélioration de la capacité à innover des entreprises : indicateurs d'innovation*. Mémoire de Master.
- Grant, K.P., et Pennypacker, J.S. (2006). Project management maturity: an assessment of project management capabilities among and between selected industries. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 53, 59–68.
- Grundström, C., Öberg, C., et Öhrwall Rönnbäck, A. (2012). Family-owned manufacturing SMEs and innovativeness: A comparison between within-family successions and external takeovers. *J. Fam. Bus. Strategy* 3, 162–173.
- Guan, J., et Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation* 23, 737–747.
- Guan, J.C., Yam, R.C.M., Mok, C.K., et Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *Eur. J. Oper. Res.* 170, 971–986.
- Guitouni, A., et Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *Eur. J. Oper. Res.* 109, 501–521.
- Hammer, M. (2007). The process audit. *Harv. Bus. Rev.* 85, 111–119, 122–123, 142.
- Hausman, A. (2005). Innovativeness among small businesses: Theory and propositions for future research. *Ind. Mark. Manag.* 34, 773–782.
- Von Hippel, E. (1986). Lead Users: A Source of Novel Product Concepts. *Manag. Sci.* 32, 791–805.
- Von Hippel, E. von (1995). *The Sources of Innovation* (Oxford University Press).

Hollenstein, H. (1996). A composite indicator of a firm's innovativeness. An empirical analysis based on survey data for Swiss manufacturing. *Res. Policy* 25, 633–645.

Huang, S.H., Sheoran, S.K., et Keskar, H. (2005). Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. *Comput. Ind. Eng.* 48, 377–394.

Hult, G.T.M., Hurley, R.F., et Knight, G.A. (2004). Innovativeness: Its antecedents and impact on business performance. *Ind. Mark. Manag.* 33, 429–438.

Ishizaka, A., et Nemery, P. (2011). Selecting the best statistical distribution with PROMETHEE and GAIA. *Comput. Ind. Eng.* 61, 958–969.

James P., A., Knut, H., David L., M., Harold, S., et Andrew, T. (2008). Measuring Innovation 2008: Squandered Opportunities. A BCG Senior Management Survey.

Jansen, J.J.P., Bosch, F.A.J.V.D., et Volberda, H.W. (2005). Managing Potential and Realized Absorptive Capacity: How do Organizational Antecedents Matter? *Acad. Manage. J.* 48, 999–1015.

Kaplan, R.S., et Norton, D.P. (1992). The balanced scorecard--measures that drive performance. *Harv. Bus. Rev.* 70, 71–79.

Kaplan, S., et Winby, S. (2007). Innovation Metrics: Measuring Innovation To Drive Strategic Business Growth. *Innov. Point*.

Kapsali, M. (2011). Systems thinking in innovation project management: A match that works. *Int. J. Proj. Manag.* 29, 396–407.

Keizer, J.A., Dijkstra, L., et Halman, J.I.M. (2002). Explaining innovative efforts of SMEs.: An exploratory survey among SMEs in the mechanical and electrical engineering sector in The Netherlands. *Technovation* 22, 1–13.

Kessler, E.H., et Chakrabarti, A.K. (1999). Speeding up the pace of new product development. *J. Prod. Innov. Manag.* 16, 231–247.

Kim, S.-K., et Song, O. (2009). A MAUT approach for selecting a dismantling scenario for the thermal column in KRR-1. *Ann. Nucl. Energy* 36, 145–150.

Kolm, P.N., Tütüncü, R., et Fabozzi, F.J. (2014). 60 Years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends. *Eur. J. Oper. Res.* 234, 356–371.

Larson, E.W., Gray, et Gray, C.F. (2011). Project management: the managerial process (New York: McGraw-Hill Irwin).

Lee, H., Kim, C., Cho, H., et Park, Y. (2009). An ANP-based technology network for identification of core technologies: A case of telecommunication technologies. *Expert Syst. Appl.* 36, 894–908.

- Lee, S., Kim, W., Kim, Y.M., et Oh, K.J. (2012). Using AHP to determine intangible priority factors for technology transfer adoption. *Expert Syst. Appl.* 39, 6388–6395.
- Lemieux, N. (2013). Création et adoption de pratiques pour la conduite du changement : une démarche évolutive au sein d'une entreprise québécoise. *Quest. Manag.* 3, 67–79.
- Lianying, Z., Jing, H., et Xinxing, Z. (2012). The Project Management Maturity Model and Application Based on PRINCE2. *Procedia Eng.* 29, 3691–3697.
- Lichtenthaler, U. (2008). Open Innovation in Practice: An Analysis of Strategic Approaches to Technology Transactions. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 55, 148–157.
- Liu, M., Li, M., et Zhang, T. (2012). Empirical Research on China's SMEs Technology Innovation Engineering Strategy. *Syst. Eng. Procedia* 5, 372–378.
- Loo, R. (2002). Working towards best practices in project management: a Canadian study. *Int. J. Proj. Manag.* 20, 93–98.
- Loo, R. (2003). Assessing “team climate” in project teams. *Int. J. Proj. Manag.* 21, 511–517.
- Love, J.H., Roper, S., et Bryson, J.R. (2011). Openness, knowledge, innovation and growth in UK business services. *Res. Policy* 40, 1438–1452.
- Madeira Junior, A.G., Cardoso Junior, M.M., Belderrain, M.C.N., Correia, A.R., et Schwanz, S.H. (2012). Multicriteria and multivariate analysis for port performance evaluation. *Int. J. Prod. Econ.* 140, 450–456.
- Maier, A.M., Moultrie, J., et Clarkson, P.J. (2012). Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 59, 138–159.
- Mansini, R., Ogryczak, W., et Speranza, M.G. (2014). Twenty years of linear programming based portfolio optimization. *Eur. J. Oper. Res.* 234, 518–535.
- Manteghi, N., et Jahromi, M.J.H. (2012). Propose a model to choose best project by AHP in distributed generation. *Procedia Technol.* 1, 481–484.
- Martínez-Román, J.A., Gamero, J., et Tamayo, J.A. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation* 31, 459–475.
- Massa, S., et Testa, S. (2008). Innovation and SMEs: Misaligned perspectives and goals among entrepreneurs, academics, and policy makers. *Technovation* 28, 393–407.
- Mesiarová-Zemánková, A., Mesiar, R., et Ahmad, K. (2010). The balancing Choquet integral. *Fuzzy Sets Syst.* 161, 2243–2255.
- Michnik, J. (2013). Weighted Influence Non-linear Gauge System (WINGS) – An analysis method for the systems of interrelated components. *Eur. J. Oper. Res.* 228, 536–544.

- Milbergs, E., et Vonortas, D. (2004). *Innovation Metrics: Measurement To Insight*. Present. Natl. Innov. Initiat. 21st Century Work. Group Cent. Accel. Innov. George Wash. Univ.
- Miles, R.E., Snow, C.C., Meyer, A.D., et Coleman, H.J., Jr. (1978). *Organizational Strategy, Structure, and Process*. *Acad. Manage. Rev.* 3, 546–562.
- Ming-Ten Tsai, S.-S.C. (2008). *USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS TO EVALUATE ORGANIZATIONAL INNOVATIVENESS IN HIGH-TECH INDUSTRY*.
- Monreal-Pérez, J., Aragón-Sánchez, A., et Sánchez-Marín, G. (2012). A longitudinal study of the relationship between export activity and innovation in the Spanish firm: The moderating role of productivity. *Int. Bus. Rev.* 21, 862–877.
- Morel, L. (2007). *Vers une nouvelle forme de Génie des Procédés Complexes : intégration de la capacité à innover - innovative - pour l'évaluation des stratégies de développement produits-procédés*. Mémoire de HdR. INPL.
- Morris, L. (2008). *Innovation Metrics: The Innovation Process And How To Measure It*. Innov. White Pap.
- Muller, A., Välikangas, L., et Merlyn, P. (2005). Metrics for innovation: guidelines for developing a customized suite of innovation metrics. *Strategy Leadersh.* 33, 37–45.
- Nemery, P., et Lamboray, C. (2008). FlowSort: a flow-based sorting method with limiting or central profiles. *TOP* 16, 90–113.
- Nemery, P., Ishizaka, A., Camargo, M., et Morel, L. (2012). Enriching descriptive information in ranking and sorting problems with visualizations techniques. *J. Model. Manag.* 7, 130–147.
- OECD (2010). *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2010* (OECD Publishing).
- OECD, et Eurostat (2005). *Manuel d'Oslo* (Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development).
- Papke-Shields, K.E., Beise, C., et Quan, J. (2010). Do project managers practice what they preach, and does it matter to project success? *Int. J. Proj. Manag.* 28, 650–662.
- PENG, H., ZHOU, M., LIU, M., ZHANG, Y., et HUANG, Y. (2009). A dynamic optimization model of an integrated coal supply chain system and its application. *Min. Sci. Technol. China* 19, 842–846.
- Perea, E., Grossmann, I., Ydstie, E., et Tahmassebi, T. (2000). Dynamic modeling and classical control theory for supply chain management. *Comput. Chem. Eng.* 24, 1143–1149.
- Perea-López, E., Ydstie, B.E., et Grossmann, I.E. (2003). A model predictive control strategy for supply chain optimization. *Comput. Chem. Eng.* 27, 1201–1218.
- Porter, M.E. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*.

Project Management Institute (2008). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). (Newtown Square, Pa.: Project Management Institute).

Radas, S., et Božić, L. (2009). The antecedents of SME innovativeness in an emerging transition economy. *Technovation* 29, 438–450.

Rahman, S. (2001). A comparative study of TQM practice and organisational performance of SMEs with and without ISO 9000 certification. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 18, 35–49.

Rejeb, H.B., Morel-Guimarães, L., Boly, V., et Assiélou, N.G. (2008). Measuring innovation best practices: Improvement of an innovation index integrating threshold and synergy effects. *Technovation* 28, 838–854.

Rejeb, H.B., Boly, V., et Morel-Guimaraes, L. (2011). Attractive quality for requirement assessment during the front-end of innovation. *TQM J.* 23, 216–234.

Rhee, J., Park, T., et Lee, D.H. (2010). Drivers of innovativeness and performance for innovative SMEs in South Korea: Mediation of learning orientation. *Technovation* 30, 65–75.

Rodriguez Rey, J., D, Galvez., L, Morel., M, Camargo., V, Boly., et R, F. (2013). Benchmarking Innovation: Comparison of Industrial's SMEs in Argentine and France. *Int. J. Manag. Inf. Technol.* 3, 102–121.

Roper, S., et Love, J.H. (2002). Innovation and export performance: evidence from the UK and German manufacturing plants. *Res. Policy* 31, 1087–1102.

Rosenbusch, N., Brinckmann, J., et Bausch, A. (2011). Is innovation always beneficial? A meta-analysis of the relationship between innovation and performance in SMEs. *J. Bus. Ventur.* 26, 441–457.

Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Serv. Sci.* 1, 83–98.

Saaty, T.L., et Kearns, K.P. (1985). *Analytical planning: the organization of systems* (Oxford; New York: Pergamon Press).

Sanayei, A., Farid Mousavi, S., Abdi, M.R., et Mohaghar, A. (2008). An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming. *J. Frankl. Inst.* 345, 731–747.

Santos, D.F.L., Basso, L.F.C., Kimura, H., et Kayo, E.K. (2014). Innovation efforts and performances of Brazilian firms. *J. Bus. Res.* 67, 527–535.

Sarimveis, H., Patrinos, P., Tarantilis, C.D., et Kiranoudis, C.T. (2008). Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. *Comput. Oper. Res.* 35, 3530–3561.

Sarica, K., Kumbaroğlu, G., et Or, I. (2012). Modeling and analysis of a decentralized electricity market: An integrated simulation/optimization approach. *Energy* 44, 830–852.

Schumpeter, J.A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle* (Transaction Publishers).

Sciascia, S., D'Oria, L., Bruni, M., et Larrañeta, B. (2014). Entrepreneurial Orientation in low- and medium-tech industries: The need for Absorptive Capacity to increase performance. *Eur. Manag. J.* 32, 761–769.

Sepulveda, J., Gonzalez, J., Camargo, M., et Alfaro, M. (2010). A Metrics-based Diagnosis Tool for Enhancing Innovation Capabilities in SMEs. *Int. J. Comput. Commun. Control* ISSN 1841-9836 E-ISSN 1841-9844 V(5), 919–928.

Shabani, N., et Sowlati, T. (2013). A mixed integer non-linear programming model for tactical value chain optimization of a wood biomass power plant. *Appl. Energy* 104, 353–361.

Smedlund, A. (2006). The roles of intermediaries in a regional knowledge system. *J. Intellect. Cap.* 7, 204–220.

Song, X.M., et Montoya-Weiss, M.M. (1998). Critical development activities for really new versus incremental products. *J. Prod. Innov. Manag.* 15, 124–135.

Spitzer, D.R. (2007). *Transforming Performance Measurement: Rethinking the Way We Measure and Drive Organizational Success* (AMACOM).

Steiner, A. (2014). *Elaboration et mise en place d'un système organisationnel favorisant l'innovation collaborative*. Thèse doctorale. Université de Lorraine.

Sumar, R.R., Rodrigues Coelho, A.A., et Santos Coelho, L. dos (2009). Use of an artificial immune network optimization approach to tune the parameters of a discrete variable structure controller. *Expert Syst. Appl.* 36, 5009–5015.

Szakonyi, R. (1994). Measuring R&D Effectiveness - II. *Res.-Technol. Manag.* 37, 44.

Tavares, R.M., Tavares, J.M.L., et Parry-Jones, S.L. (2008). The use of a mathematical multicriteria decision-making model for selecting the fire origin room. *Build. Environ.* 43, 2090–2100.

Teece, D.J. (2011). *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth* (Oxford: Oxford University Press).

Therrien, P., Doloreux, D., et Chamberlin, T. (2011). Innovation novelty and (commercial) performance in the service sector: A Canadian firm-level analysis. *Technovation* 31, 655–665.

Tidd, J., Bessant, J., et Pavitt, K. (2005). *Managing Innovation: Integrating technological, market and organizational change*. 3rd Edition (Chichester, UK: John Wiley).

Tietz, R. (2004). *The process of user-innovation: A case study on userinnovation in a consumer goods setting*.

- Toldrá, F., Aristoy, M.-C., Mora, L., et Reig, M. (2012). Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Sci.* 92, 290–296.
- Tsang, E.W.K., Yip, P.S.L., et Toh, M.H. (2008). The impact of R&D on value added for domestic and foreign firms in a newly industrialized economy. *Int. Bus. Rev.* 17, 423–441.
- Türker, M.V. (2012). A model proposal oriented to measure technological innovation capabilities of business firms – a research on automotive industry. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 41, 147–159.
- Vamanan, M., Wang, Q., Batta, R., et Szczerba, R.J. (2004). Integration of COTS software products ARENA & CPLEX for an inventory/logistics problem. *Comput. Oper. Res.* 31, 533–547.
- Van de Vrande, V., de Jong, J.P.J., Vanhaverbeke, W., et de Rochemont, M. (2009). Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. *Technovation* 29, 423–437.
- De Waegenaere, A., et Wakker, P.P. (2001). Nonmonotonic Choquet integrals. *J. Math. Econ.* 36, 45–60.
- Wang, C., Lu, I., et Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation* 28, 349–363.
- Wendler, R. (2012). The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Inf. Softw. Technol.* 54, 1317–1339.
- Willersrud, A., Imsland, L., Hauger, S.O., et Kittilsen, P. (2013). Short-term production optimization of offshore oil and gas production using nonlinear model predictive control. *J. Process Control* 23, 215–223.
- Wu, J., Chen, F., Nie, C., et Zhang, Q. (2013). Intuitionistic fuzzy-valued Choquet integral and its application in multicriteria decision making. *Inf. Sci.* 222, 509–527.
- Xiong, Q., et Jutan, A. (2003). Continuous optimization using a dynamic simplex method. *Chem. Eng. Sci.* 58, 3817–3828.
- Yam, R.C.M., Guan, J.C., Pun, K.F., et Tang, E.P.Y. (2004). An audit of technological innovation capabilities in chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Res. Policy* 33, 1123–1140.
- Zeinalnezhad, M., Mukhtar, M., et Sahran, S. (2011). A Study on Benchmarking Models and Frameworks in Industrial SMEs: Challenges and Issues. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 1, 6–11.
- Zopounidis, C., et Doumpos, M. (2002). Multicriteria classification and sorting methods: A literature review. *Eur. J. Oper. Res.* 138, 229–246.

**Annexe 1 : Questionnaire d'évaluation de la capacité à innover des
PME**

Diagnostic d'Innovation

Entreprise :	
Adresse :	
Date d'entretien :	
Réalisé par :	

Création/Génération de concepts

QUESTION : Dans l'entreprise, existe-t-il un département responsable de la génération de nouveaux processus ou produits ? (formulation produit, processus de distribution)

i. **Utilisation d'outils pour encourager la créativité** : Séances de créativité, brainstorming, Triz, analyse de brevets...

I	II	III	IV	V
L'entreprise n'a pas de méthodes particulières pour créer des idées	L'entreprise a parfois recours à quelques méthodes, principalement pour "résoudre des problèmes"	La créativité est prise en charge par une seule personne	La créativité est une pratique courante au sein de l'entreprise	La créativité est intégrée à différents processus de manière obligatoire (qualité, conception, dans le déploiement de plan d'action, lors d'élaboration de stratégie commerciale...)

Aide : Innover commence inévitablement par le fait d'avoir une idée. La créativité regroupe un nombre important d'outils permettant de générer des idées

ii. **Intégration des clients et fournisseurs au cours des activités de conception (réunions de validation) : participation du personnel de l'entreprise, participation de clients et de fournisseurs**

I	II	III	IV	V
Le besoin client est uniquement relayé par le service commercial lors des contacts avec les clients	Les utilisateurs (clients finaux) sont régulièrement observés ou enquêtés dans leur manière d'utiliser les produits	Les clients sont consultés et participent régulièrement aux projets	L'entreprise a mis en place un processus de co-conception, c'est-à-dire contractualise avec des clients pour la phase de conception	Apprentissage : les clients apparaissent comme des concepteurs à part entière (en particulier via internet), forment le personnel de l'entreprise et proposent leurs idées

Aide : Plus le client est intégré en amont dans le développement d'une innovation plus les chances de succès de cette innovation sont importantes. Le client est le mieux placé pour savoir si une innovation répond ou non à son besoin / son envie, voire à proposer un concept initial à étudier.

QUESTION : Les activités de veille sont elles réalisées à l'aide d'outils spécialisés et par des personnes dédiées?

iii. **Organisation, récolte et traitement de l'information issue de la veille : méthodes et outils pour effectuer la récolte et le traitement (les visites, les études dans Internet, bases de données, des publications, etc.)**

iv.

I	II	III	IV	V
La notion de veille n'est pas connue dans l'entreprise	L'entreprise est à l'écoute, effectue une veille passive	Quelques personnes collectent de l'information et la diffusent de manière sporadique	Un système de veille complet est en place : choix des sujets à étudier en priorité, processus de collecte d'information, analyse, remontée à un comité de pilotage et conclusion stratégiques	Utilisation d'outils sophistiqués de datamining et d'intelligence économique

Aide : organiser une activité de veille permet de suivre les évolutions du marché ainsi que les nouveautés techniques et technologiques. Cela permet également d'entretenir une culture de nouveauté au sein de l'entreprise et favorise l'émergence d'idées.

Activités en Conception

QUESTION : Existe-t-il dans l'entreprise des outils pour l'étude technique, commerciale et financière de futurs produits ?

i. **Utilisation d'outils d'aide à la conception : CAO, PLM, Maquettage, prototypage, réalité virtuelle, logiciels d'aide à la décision**

I	II	III	IV	V
L'entreprise ne dispose d'aucun outil	L'utilisation d'outils est réduite à quelques logiciels de conception technique	Les employés de l'entreprise utilisent des outils (CAO, enquêtes utilisateurs...) sans que l'ensemble soit structuré dans une démarche projet	L'ensemble de processus de développement est outillé avec un outil convergent de type PLM	Existence de groupes de travail visant à accélérer et à fiabiliser la conception

Aide : L'utilisation d'outils logiciels d'aide à la conception facilite la capitalisation de l'expérience et permet de gagner beaucoup de temps sur des projets similaires ou dans le cas d'une version 2 d'une même innovation. Ils permettent l'échange d'information entre partenaires.

ii. **Existence de méthodologies d'aide à la conception : les protocoles d'essai, conformité de la norme, analyse de la valeur, analyse fonctionnelle, analyse de besoins.**

I	II	III	IV	V
La conception fonctionne de manière empirique, sans méthode particulière	L'entreprise sollicite des consultants extérieurs de manière exceptionnelle pour les projets les plus critiques	L'entreprise a formalisé un protocole de conception utilisé systématiquement en s'appuyant sur des compétences internes. Il ne couvre pas l'ensemble du processus de développement	L'entreprise a formalisé un protocole de conception utilisé systématiquement et outillé de manière adéquate sur les différentes dimensions du projet	Existence d'un groupe de travail visant à étudier d'autres méthodologies et à former le personnel

Aide : le développement d'une innovation passe par la validation de certaines étapes/jalons. De la génération de l'idée à la mise sur le marché, des méthodologies sont utilisables à chaque étape, de manière à minimiser les risques d'échec ou les besoins de re-conception du projet.

iii. **Equipement Hard, l'utilisation des outils TI (technologie de l'information) dans l'entreprise.**

I	II	III	IV	V
Seul un accès internet est disponible pour la recherche d'information	L'entreprise dispose de différents outils logiciels permettant l'échange de maquettes numériques avec des clients et en interne	L'entreprise dispose de ressources permettant le maquettage et la réalisation des premiers essais, même basiques	L'entreprise dispose d'un centre de conception permettant de recevoir des utilisateurs et d'échanger avec des partenaires grâce à des outils de communication numériques	centre de conception multimédia en collaboration avec les partenaires

Aide : rendre un projet concret le plus rapidement possible, même de manière très imparfaite, permet de mieux comprendre les verrous techniques et commerciaux et facilite le développement. Réaliser un prototype fonctionnel ou visuel permet également de pouvoir rapidement le confronter aux réactions des clients.

Gestion des RH

QUESTION : Existe-t-il une politique définie par les RH pour apporter les compétences indispensables au processus d'innovation ? Existe-t-il un bilan de compétences des employés, du niveau de formation ou de l'évolution des connaissances des employés ?

i. Gestion de compétences et du savoir-faire de la société

I	II	III	IV	V
La notion de gestion des compétences n'est pas structurée	Les compétences clés sont décrites dans des fiches de postes	La gestion des compétences est formalisée et fait l'objet d'un suivi	La gestion des compétences intègre la capitalisation des savoir-faire et fait l'objet d'une gestion prévisionnelle	L'entreprise réalise une prospective pour définir les futures compétences à acquérir

Aide : Innover permet d'accroître les savoirs et savoir-faire de l'entreprise et vice versa. Mettre en place un système de gestion des compétences permet d'entretenir la dynamique.

QUESTION : Existe-t-il une politique de l'entreprise qui stimule la génération de nouvelles idées grâce à des récompenses ou des promotions ? Les employés ont-ils la possibilité de travailler en autonomie sur une nouvelle idée ? Y-a-t-il des opérations valorisant les innovateurs ?

ii. Encouragements à l'innovation : stimulation d'idées, existence de récompenses, appui et autonomie des groupes d'innovation

I	II	III	IV	V
Aucune action spécifique	Les personnes impliquées dans l'innovation sont félicitées et l'entreprise organise de petites manifestations	Seule la réussite est récompensée (financière, retour formel de la direction...)	Mise en place d'un système de récompense de la prise de risque	La prise de risque est récompensée au niveau individuel et collectif. Des actions sont entreprises pour favoriser l'émulation et la cohérence des groupes

Aide : Innover implique de se lancer dans une zone d'incertitude, risquer l'échec. Cela n'est pas naturel dans un milieu professionnel qui pousse à la performance permanente. Il est donc nécessaire d'accompagner et d'encourager la prise de risque par les salariés.

Stratégie

QUESTION : La direction définit-elle clairement un plan d'action stratégique pour le lancement de nouvelles activités ? Existe-t-il un suivi périodique de la direction des projets qui sont réalisés en effectuant des réunions de travaux, des outils informatiques ou techniques comme le cycle de vie, la chaîne de valeur etc. ?

- i. **Stratégie intégrée favorisant l'innovation:** réunions, définition de politique stratégique pour la production de nouvelles idées, utilisation d'outils (chaîne de valeur, cycle de vie, matrice TOWS, Tableau de McKinsey)

I	II	III	IV	V
L'entreprise ne déploie pas de stratégie particulière (pas de réunions stratégiques, pas d'utilisation d'outils)	Une stratégie existe mais n'est ni clairement formulée, ni partagée	La réflexion stratégique se fait occasionnellement projet par projet	La stratégie d'entreprise est formulée et la cohérence des projets vérifiée par un Comité	Il existe des réunions internes de définition de la stratégie, une procédure de remontée des projets et de leur sélection existe. Les pré-projets font l'objet d'une courte étape d'instruction avant proposition à la direction

Aide : Définir la stratégie de développement de son entreprise permet de définir les futures activités à lancer et le plan d'action correspondant. Entre autres, la stratégie aide à mieux orienter son activité de veille, de sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, facilite la communication en interne et à l'extérieur, renforce la cohérence du développement...

- ii. **Fonctionnement en réseaux :** l'Intégration aux Réseaux industriels, logistiques ou clusters. L'intégration à des centres techniques, à des universités, à des contrats de coopération

I	II	III	IV	V
L'entreprise fonctionne exclusivement avec des ressources internes	L'entreprise sollicite occasionnellement ses clients, fournisseurs pour des questions spécifiques	L'entreprise utilise régulièrement des ressources externes	L'entreprise réalise régulièrement des projets collaboratifs	L'entreprise participe à des clusters, elle a lancé des joint-ventures, elle contribue à des fonds de financement pour l'innovation

Aide : Travailler en partenariat permet d'associer toutes les compétences nécessaires, regrouper les moyens et partager les risques. Collectivement, les entreprises sont plus créatives et développent des projets plus ambitieux.

QUESTION : L'intégration des connaissances du client et de sa perception des produits de l'entreprise permet-elle de générer des concepts et des produits mieux adaptés ?

iii. **Importance du client** : niveau de gestion de la Relation Client, offre et coordination de projets avec des clients ayant des nécessités spécifiques, utilisation des outils marketing pour satisfaire les nécessités des clients

I	II	III	IV	V
Il n'existe pas de politique de gestion de la relation client	Le portefeuille client est observé et intégré à la stratégie d'entreprise. Des indicateurs sont en place pour suivre les évolutions du portefeuille client	Concertation entre services : commercial, SAV, qualité, R&D. Des enquêtes de satisfaction sont structurées	Le portefeuille client est suivi et intégré à la stratégie d'entreprise. Des scénarios prospectifs sont établis et partagés	L'entreprise dispose d'un suivi permanent avec ses clients via des réseaux sociaux, via forums, blogs, wikis. Elle alimente son portefeuille clients avec ces démarches

Aide : Mieux connaître ses clients, leurs modes et fréquences d'achat, voire même les intégrer à la conception conduit à des solutions plus proches des besoins et facilite la prospective sur le lancement d'une innovation.

iv. **Financement** : niveau de gestion des ressources économiques.

I	II	III	IV	V
Aucun budget réservé à l'avance pour des projets	Les projets sont systématiquement autofinancés en fonction des crédits disponibles	Des solutions "classiques" de financement sont étudiées au besoin : contact avec les banques et des organismes publics	Chaque projet fait l'objet d'un budget et d'un plan de financement propre. L'entreprise connaît les dispositifs régionaux de financement et elle est à même de les activer	Chaque projet fait l'objet d'un budget et d'un plan de financement propre. L'entreprise connaît et sait activer les financements spécialisés

Aide : Savoir mobiliser un dispositif financier adapté à chaque étape de chaque projet permet de limiter le risque financier et d'oser des projets "plus ambitieux", "plus innovants".

Management de projets

QUESTION : Lors d'un nouveau projet innovant, les besoins matériels et en personnel, les temps d'exécution sont-ils pris en compte ? Un outil de coordination existe-t-il pour coordonner ces projets ?

i. Gestion de projets : Livrables et jalons : Gestion et formalisation pour chaque projet ?

I	II	III	IV	V
Il n'existe pas de gestion de projet	Chaque chef de projet définit seul les livrables, les jalons et les grandes étapes du projet	La direction définit des jalons et des livrables au cas par cas avec le chef de projet	Il existe un modèle de gestion de projet dans l'entreprise avec des livrables types, des jalons types et des étapes types	Il existe un modèle de gestion de projet conforme à toutes les normes intégrant méthodes, livrables, outils de pilotage, système documentaire...

Aide : Le développement d'un projet innovant est une succession d'étapes, de jalons à franchir qui peuvent être formalisés par un livrable. Ce livrable peut être selon les cas un document papier, une maquette, un prototype, un rapport,... Il permet de visualiser l'avancement et de formaliser des résultats. Le passage de jalon permet de décider de la poursuite ou de l'arrêt d'un projet. Cela ne peut être assuré par un seul homme au risque de voir des projets pertinents stoppés par un mauvais jugement ou une incompréhension.

ii. Gestion du portefeuille de projets : priorisation des projets d'innovation

I	II	III	IV	V
Il n'y a pas de gestion du portefeuille des projets	Une liste de projets possibles est disponible, avec quelques informations	Les projets sont décrits et priorisés selon des critères financiers	Le portefeuille projet est équilibré et les projets sont priorisés en fonction de leur adéquation avec la stratégie de l'entreprise	L'entreprise effectue des tâches de prospective et dispose d'un portefeuille de projets futurs

Aide : Gérer son portefeuille projet permet de maîtriser le rythme de sortie des nouveautés et d'éviter les engorgements de ressources. De plus, cela évite de se concentrer exclusivement sur le court terme au détriment du long terme...

iii. **Organisation des responsabilités liées à l'innovation**

I	II	III	IV	V
Aucun responsable de projet nommé, ni de tâches affectées clairement	Les projets sont toujours confiés au bureau d'études	Un responsable par projet	Des équipes projets interservices sont constituées pour chaque projet	Mise en place d'une gestion intégrée des tâches (ingénierie concourante), utilisation d'un outil en réseau interne. Réunions inter-équipes...

Aide : Organisation de tâches liées à l'innovation : la notion de responsabilisation est importante pour piloter un projet. Afin de prendre en compte toutes les dimensions techniques, commerciales, financières,... les équipes projets doivent être les plus transverses possibles.

Capitalisation des idées et des concepts

QUESTION : Quels outils sont présents dans l'entreprise pour favoriser l'apprentissage de nouvelles compétences par les employés lors d'un projet innovant ? La direction organise-t-elle le retour d'expérience des projets déjà effectués ?

- i. **Amélioration continue de processus d'innovation ?** *Suivi des équipes et des projets de la part de la direction pour faire évoluer les pratiques ou processus*

I	II	III	IV	V
La notion d'amélioration continue n'est pas connue	Il existe un processus de pilotage des projets d'innovation qui est amélioré de manière empirique	Existence de formation au pilotage de l'innovation	Les améliorations possibles du processus d'innovation font l'objet d'une réflexion de groupe régulière et génèrent des plans d'actions	Le processus d'innovation est régulièrement audité, des actions sont mises en place et leur impact mesuré par des indicateurs

Aide : L'innovation est un processus cyclique, qui se répète à chaque projet. S'interroger sur l'amélioration continue de ce processus permet, tout comme en production, de gagner en performance.

ii. **Politique de gestion de la propriété industrielle PI** : Formalisation et protection des connaissances générées à l'intérieur de l'entreprise.

I	II	III	IV	V
La thématique n'est pas connue	L'entreprise connaît l'importance de la PI et les moyens de se protéger sans l'avoir expérimenté	L'entreprise connaît la démarche de PI et l'utilise occasionnellement	La PI est intégrée à la stratégie d'entreprise : politique de confidentialité outillée et documentée, veille active sur les dépôts, gestion du portefeuille brevet et licences...	Politique d'achats et de vente de brevets ou licences et de dépôt

Aide : La propriété industrielle est un outil de protection mais aussi de veille. L'achat de brevet et licences peut également ouvrir des possibilités de développement. Cela peut également être un vecteur de communication pour l'entreprise...

iii. **Capitalisation de connaissances**

I	II	III	IV	V
Pas d'activité organisée de retour d'expérience et de formalisation des connaissances	Les connaissances acquises sont centralisées dans un dossier	Les connaissances acquises sont centralisées et un outil de recherche facilite leur exploitation	Les connaissances acquises au cours du projet font l'objet d'un module de formation dispensé dans toute l'entreprise	Une base de connaissances est mise en place et son exploitation fait partie du processus d'innovation

Aide : Innover augmente le niveau de connaissances de l'entreprise (études, recherches, information, ...). Ces connaissances représentent une richesse qu'il est important de capitaliser pour ne pas refaire plus tard ce qui a déjà été fait.

Annexe 2 : Protocole d'aide à la décision de la stratégie

Le protocole a pour objectif de définir la stratégie la plus convenable pour l'entreprise selon les préférences de l'entrepreneur. Le protocole travaille sur la base de la méthodologie multicritère « AHP ». Ainsi, pour l'appliquer nous devons respecter les étapes de cette méthode. La procédure AHP peut se résumer en cinq étapes.

Etape 1 : Décomposer le problème en une structure hiérarchique.

La structure typique d'un problème multicritère est définie au moins par 3 niveaux. Le niveau 0 définit l'objectif cible, c'est-à-dire, la décision à prendre : dans notre cas, le choix de la stratégie la plus appropriée pour l'entreprise étudiée. Le niveau 1 comporte les critères de décision qui doivent permettre d'évaluer correctement les alternatives composant le dernier niveau (niveau 2). La figure suivante synthétise la structure hiérarchique de notre problème, avec trois critères et trois stratégies possibles.

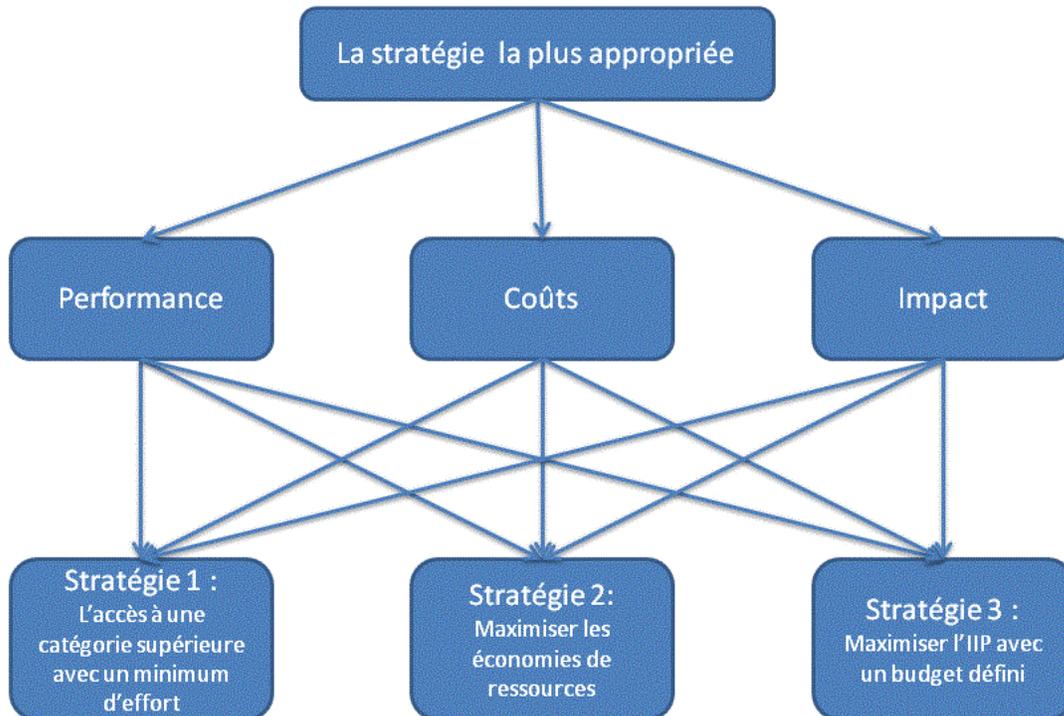


Figure 1. Représentation hiérarchique du cas d'étude, notre source.

Ainsi le protocole permet d'évaluer les trois stratégies proposées sur la base de trois critères pour choisir la stratégie la plus appropriée.

Étape 2 : Effectuer les combinaisons binaires.

Une fois les critères d'évaluation définis, il faut déterminer leur importance pour la prise de décision. La méthode AHP se base sur l'opinion d'experts pour définir l'importance relative des critères en réalisant des comparaisons par paires. Cette comparaison est quantifiée par l'échelle de Saaty qui est détaillée dans le tableau suivant :

Echelle Numérique	Echelle verbale
1,0	Importance égale des deux éléments
3,0	Un élément est un peu plus important que l'autre
5,0	Un élément est plus important que l'autre
7,0	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
9,0	Un élément est absolument plus important que l'autre
2,0 - 4,0 - 6,0 - 8,0	Valeurs intermédiaires entre deux jugements, utilisés pour affiner le jugement

Tableau 1. Echelle de Saaty (Saaty, 2008)

Les comparaisons doivent considérer toutes les combinaisons possibles. Dans notre cas, il existe trois comparaisons comme le montre le tableau suivant :

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact

Tableau 2. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise à l'étude

La comparaison se réalise dans les deux sens. Par exemple, si dans la première comparaison le critère performance est plus important que les coûts (note 5), cela veut dire que le critère coûts est 1/5 moins important que la performance. Cette information permet de construire une matrice carrée de double entrée (A), qui sera la base pour calculer le poids des critères.

	Performance	Coûts	Impact
Performance	1	a_{12}	a_{13}

Coûts	a_{21}	1	a_{23}
Impact	a_{31}	a_{32}	1

Tableau 3. Matrice carrée de double entrée (A)

La diagonale de la matrice est 1 car la comparaison entre le même critère est toujours égale à 1. Les cases restantes sont remplies conformément aux réponses du questionnaire du tableau 19 où (dans notre cas) :

a_{12} : Représente l'importance de la performance sur les coûts

a_{13} : Représente l'importance de la performance sur l'impact

a_{21} : Représente l'importance des coûts sur la performance

a_{23} : Représente l'importance des coûts sur l'impact

a_{31} : Représente l'importance de l'impact sur la performance

a_{32} : Représente l'importance de l'impact sur les coûts

Étape 3 : Déterminer les poids de critères.

Une fois la matrice carrée construite, il est possible de calculer l'importance relative de chacun des critères (poids des critères). Ce calcul se fait par la résolution du problème du vecteur propre normalisé à 1. Pour obtenir ce vecteur, nous devons réaliser les calculs suivants :

- Normaliser la matrice carrée : chaque élément de la matrice doit être divisé par la somme de la colonne correspondante pour obtenir une matrice normalisée (B).
- Calcul des poids : les poids seront donnés par le vecteur de priorité (W_k) résultant de la moyenne de chaque ligne de la matrice normalisée.
- Valeurs propres : le calcul des valeurs propres est donné par la multiplication de matrices :

$$\text{Vecteur des valeurs propres} = (A * (W_k)) / (W_k)$$

Étape 4 : Evaluer la cohérence des jugements.

La méthode AHP permet d'évaluer le degré de cohérence des réponses de l'expert ou décideur en définissant un indice de cohérence (IC).

$$IC = (\lambda_{max} - k) / (k - 1)$$

Où :

K : nombre de critères comparés

Plus l'IC devient grand et plus les jugements du décideur sont incohérents et vice versa. Pour déterminer une valeur limite de cohérence acceptée un ratio de cohérence (RC) a été défini. Ce ratio est le rapport entre l'IC calculé sur la matrice carrée correspondant aux jugements du

décideur et un indice aléatoire (IA) défini de façon empirique (par expérimentation) pour une matrice de même dimension. L'IA selon le nombre de critères se montre dans le tableau suivant.

K = nombre de critères	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tableau 4. Indice aléatoire selon le nombre de critères de décision (réf)

Ainsi le ratio de cohérence est donné par la formule suivante :

$$RC = IC/IA$$

Le RC peut être interprété comme la probabilité que la matrice soit complétée de manière aléatoire. Sa valeur doit être au plus égale à 10%. Si sa valeur dépasse cette limite, les appréciations du décideur peuvent exiger certaines révisions.

Étape 5 : Synthétiser les priorités.

Finalement, après avoir obtenu les poids des critères et vérifié la cohérence des jugements, nous pouvons calculer un score d'évaluation global attaché à chacune des stratégies proposées. La méthode d'agrégation choisie pour obtenir le score global est une moyenne pondérée :

$$Score\ d'\acute{e}valuation\ global = \sum_{k=1}^k W_k * X_k$$

Où

W_k : le poids associé au critère k

X_k : évaluation de la stratégie sur le critère k

La stratégie avec le score le plus élevé sera la plus appropriée pour l'entreprise.

Expérimentation

Scénario 1 : Le décideur répond de la manière suivante aux comparaisons par paires (Chapitre 5)

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
			X															

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
		X																

Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
										X								

Tableau 5. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise scénario 1

Alors la matrice carrée de double entrée est :

	Performance	Coûts	Impact
Performance	1	7	8
Coûts	1/7	1	1/2
Impact	1/8	2	1
SOMME COLONNE	1,267	10	9,5

Tableau 6. Matrice A pour le scénario 1

Pour réaliser les calculs de poids, il faut normaliser la matrice précédente par la somme de chaque colonne. Nous obtiendrons la matrice B où la moyenne de chaque ligne représente le poids des critères.

	Performance	Coûts	Impact	Moyenne ligne (W_k)
Performance	0,789	0,700	0,842	0,777
Coûts	0,113	0,100	0,053	0,088
Impact	0,099	0,200	0,105	0,135

Tableau 7. Matrice B pour le scénario 1

L'étape suivante est de calculer les valeurs propres en multipliant la matrice A (tableau 5) par le vecteur de poids (dernière colonne du tableau 5). Nous obtenons le vecteur suivant :

Matrice D	(A) * (W _k)
Performance	2,472
Coûts	0,267
Impact	0,409

Tableau 8. Matrice D pour le scénario 1

Finalement, les valeurs propres sont données par la division entre la matrice D et le vecteur de poids. La moyenne des valeurs propres représente le λ_{max} que nous utiliserons pour déterminer la cohérence de jugement.

Valeurs propres	(D) / (W _k)
Performance	3,183
Coûts	3,016
Impact	3,035
Moyenne λ_{max}	3,07

Tableau 9. Vecteur des valeurs propres pour le scénario 1

Indice de Cohérence : dans notre cas, k est égal à 3 car nous avons défini 3 critères de décision, ainsi l'IC sera :

$$IC = (\lambda_{max} - k) / (k - 1) = \frac{3,07 - 3}{3 - 1} = 0,039$$

L'IA pour notre cas est 0,58 (tableau 3), alors le RC est :

$$RC = IC / IA = 0,039 / 0,58 = 0,067$$

Ainsi, la cohérence de jugement est acceptable. Finalement, nous pouvons prioriser les stratégies et l'évaluation des trois stratégies par rapport aux trois critères est :

	Performance	Coûts	Impacts
Stratégie 1	0,5	214 %	12
Stratégie 2	0,27	83 %	3
Stratégie 3	0,4	150 %	5

Tableau 10. Evaluation des trois stratégies proposées

Les critères coûts et impacts doivent être minimisés. En conséquence, il est nécessaire d'inverser leurs valeurs pour obtenir une matrice à maximiser complètement.

	Performance	Coûts	Impacts
Stratégie 1	0,5	1/214	1/12
Stratégie 2	0,27	1/83	1/3
Stratégie 3	0,4	1/150	1/5
Somme colonne	1,170	0,023	0,617

Tableau 11. Matrice à maximiser pour l'évaluation des trois stratégies proposées

Pour éviter les différences d'échelle entre les évaluations des critères il est nécessaire de normaliser la matrice par la somme des colonnes.

	Performance	Coûts	Impacts
Stratégie 1	0,427	0,199	0,135
Stratégie 2	0,231	0,515	0,540
Stratégie 3	0,342	0,285	0,324

Tableau 12. Matrice d'évaluation normalisée à 100%

Finalement, nous pouvons prioriser les stratégies en utilisant la moyenne pondérée par les poids. Par exemple, pour la stratégie 1 le score d'évaluation global est :

$$\text{Score d'évaluation global (stratégie 1)} = 0,427 * 0,777 + 0,199 * 0,088 + 0,135 * 0,134 = 0,368$$

La procédure se répète pour les autres stratégies et nous obtenons la priorisation finale :

	Score d'évaluation global
Stratégie 1	0,368
Stratégie 2	0,298
Stratégie 3	0,334

Tableau 13. Priorisation des stratégies scénario 1

Ainsi la stratégie la plus appropriée est la stratégie 1.

Scénario 2 : Les préférences du décideur changent

Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Coûts
Performance	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact
Coûts	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale X	2	3	4	5	6	7	8	9	Impact

Tableau 14. Questionnaire d'évaluation des préférences du décideur de l'entreprise scénario 2

Nous pouvons construire la matrice carrée A

	Performance	Coûts	Impact
Performance	1	1	1
Coûts	1	1	1
Impact	1	1	1
SOMME COLONNE	3	3	3

Tableau 15. Matrice carrée A pour le scénario 2

Dans ce cas, il est évident que les poids seront égaux pour les trois critères (0.33 pour chacun). Ainsi, la priorisation des alternatives est la suivante :

	Score d'évaluation global
Stratégie 1	0,254
Stratégie 2	0,429
Stratégie 3	0,317

Tableau 16. Priorisation des stratégies scénario 2

Annexe 3 : Proposition de questions additionnelles pour le questionnaire d'évaluation de la capacité à innover

Création/Génération de concepts

i. Mobilisation de ressources pour la génération de concepts

I	II	III	IV	V
Il n'existe pas de système d'enregistrements des idées et de l'information	Chacun assure ses enregistrements : utilisation des favoris sur internet, documents imprimés... sans centralisation	L'information issue de la veille et les idées sont centralisées et l'échange entre les salariés encouragé	L'entreprise a mis en place des données pour l'information et les idées permettant l'échange et facilitant le tri de l'information	Système ouvert à l'extérieur de collecte d'idées et d'analyse des partenariats possibles

Aide : Mettre en place un système de centralisation des idées et d'information permet à l'ensemble des collaborateurs de partager, d'échanger, de construire ensemble et de faire naître des idées.

Activités en Conception

i. Service R&D

I	II	III	IV	V
Les équipes en charge du développement n'ont pas de formation spécifique sur le domaine	Les membres de l'équipe R&D ont des formations techniques et sont plus orientées « Développement » que « Recherche »	Les équipes sont formées et disposent de compétences en recherche	Propre centre de R&D	Les équipes sont engagées régulièrement dans des projets au sein de consortium, partenariats avec des Universités

Aide : Disposer d'une équipe à même de travailler en « recherche » et en « développement » favorise le développement d'innovation de rupture. Les équipes exclusivement issues du terrain ont parfois tendance à brider l'innovation en imposant immédiatement des contraintes de production.

ii. **Présence d'une organisation pour la conception.**

I	II	III	IV	V
Il n'y a pas d'équipes dédiées	Un chef de projets est nommé à chaque projet et fait le lien entre les personnes à impliquer	Une équipe projet est constituée à chaque projet avec du temps dédié par personne	Il existe un service R&D qui assure le pilotage des projets et mobilise des ressources au sein des autres services	En complément du service RDI, une structure gère des programmes collaboratifs, partenariaux, ...

Aide : Disposer de référents « projet » favorise l'avancement des projets, facilite la communication. Cela permet également de rendre plus rapidement les projets « concrets » aux yeux des autres collaborateurs.

Gestion des RH

i. **Culture de l'innovation**

I	II	III	IV	V
La nouveauté est perçue comme une menace au sein de l'entreprise	Seuls quelques individus se sentent concernés par l'innovation (par exemple le bureau d'étude)	La direction met en avant l'innovation auprès de l'ensemble des salariés	L'innovation fait partie de la culture d'entreprise et rayonne en dehors de ses murs	L'entreprise stimule la culture de l'innovation chez ses fournisseurs et ses partenaires

Aide : L'innovation ne naît et ne se développe pas exclusivement au sein d'un bureau d'études. Intégrer l'innovation à votre culture d'entreprise permettra à tous de s'impliquer, augmenter le nombre d'idées, réduira les temps de développement et améliorera l'image de la société.

ii. **Esprit d'entreprise**

I	II	III	IV	V
Absence de stimulation de l'esprit d'entreprise en interne	Les chefs de projets sont encouragés à prendre des initiatives	Les équipes projet ont des responsabilités formalisées et étendues	Aide à la création des activités en interne et venture groups, émergence de « start up »	Existence d'un fond financier ou d'actionnariat salarial pour soutenir les développements d'activités du personnel

Aide : Le bien-être et l'épanouissement des collaborateurs sont des éléments moteurs de l'innovation. Ils permettent également de réduire le turnover et facilite ainsi la gestion des compétences.

Management de projets

i. Gestion et disponibilité d'information des projets (historique)

I	II	III	IV	V
L'information n'est transmise qu'oralement	L'équipe projet échange lors de réunions régulières	L'équipe projets se réunit régulièrement et un dossier est accessible et met à disposition les différents documents	L'entreprise a mis en place un outil de partage de l'information permettant d'effectuer des benchmarks par rapport aux autres projets	L'entreprise dispose d'un historique des projets et organise des réunions de retour d'expérience

Aide : Les recherches et l'expérience acquises au cours d'un projet peuvent en servir d'autres. Partager l'information et les problématiques peut permettre de gagner du temps, facilite la résolution de problèmes et permet de faire d'autres projets.

Capitalisation des idées et des concepts

i. Capitalisation des savoir-faire

I	II	III	IV	V
L'acquisition de savoir-faire n'est pas formalisée lors du déroulement d'un projet	Les savoir-faire acquis par chaque individu sont identifiés dans un référentiel de compétences	Les savoir-faire acquis sont centralisés et un outil de recherche facilite leur exploitation	Organisation d'un système d'apprentissage, de compagnonnage dans l'entreprise pour diffuser les savoir-faire	Une base de savoir-faire est mise en place et son exploitation fait partie du processus d'innovation. Un système de pérennisation est en place

Aide : Innover génère de nouveaux savoir-faire pour l'entreprise (acquisition d'expérience). Capitaliser ces savoir-faire, sécuriser les compétences acquises facilitera le développement de projets futurs.

ii. **Outsourcing/acquisition de compétences externes.**

I	II	III	IV	V
Pas d'acquisition de compétences externes	Contact réguliers avec des fournisseurs pour apprendre de nouvelles techniques	Des actions ponctuelles sont menées à l'opportunité	Il existe une politique d'achat de licences, brevets, et une stratégie de partenariat ciblée sur l'acquisition de compétences complémentaires	Il existe une politique d'investissement en compétences associée à des outils financiers : Joint-venture/ fonds d'investissement collectif

Aide : Le développement d'une démarche d'innovation pérenne implique une évolution permanente des compétences de l'entreprise et peut nécessiter l'acquisition de compétences externes.

Annexe 4 : Questionnaire AHP-DEMATEL

CAPACITE A INNOVER

Notre objectif est d'évaluer la capacité à innover des PME grâce au calcul de l'indice d'innovation potentielle (IIP).

L'évaluation de la capacité à innover repose sur les travaux de l'ERPI qui propose une démarche d'évaluation de *six pratiques* principales favorisant l'émergence d'innovations dans les entreprises. Cette méthode a été testée depuis plusieurs années et l'ERPI cherche à l'améliorer.

Les six pratiques évaluées sont les suivantes :

- **Créativité** : il s'agit d'évaluer tout ce qui est fait pour trouver des idées : de nouveaux produits, de nouvelles techniques de production ou plus généralement de nouvelles façons de gagner de l'argent, tout ceci pour lancer de futurs projets d'étude.
- **Conception et Développement de nouveaux produits** : il s'agit d'évaluer l'efficacité du personnel qui réalise les tâches de conception technique.
- **Gestion des Ressources Humaines** : il s'agit d'évaluer tous les aspects qui concourent à plus de compétences en innovation et au développement d'une culture interne.
- **Stratégie** : il s'agit d'évaluer la façon dont la direction définit les orientations à court et moyen terme dans les domaines clés de la technologie, la finance et le commerce.
- **Gestion de Projets** : il s'agit d'évaluer la dimension organisationnelle, le suivi de toutes les activités d'innovation et leur cohérence.
- **Gestion de Connaissances** : il s'agit d'évaluer la capitalisation des connaissances, c'est-à-dire la façon de protéger les connaissances nouvelles et de manière plus générale de les gérer.

Nous nous intéressons à l'importance de ces pratiques dans votre secteur. Pour cette raison, nous proposons un questionnaire pour définir l'importance de ces pratiques adaptée à votre secteur d'activité.

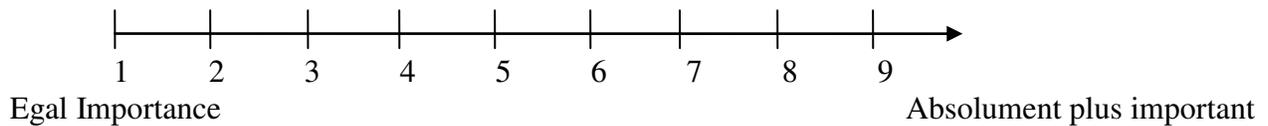
L'enquête suivante est divisée en deux parties : la première partie cherche à déterminer le degré d'importance de chacune des pratiques et la deuxième partie cherche à identifier l'influence des pratiques entre elles.

Merci de nous avoir accordé ces quelques minutes.

Partie I. Importance des Pratiques

Marquez d'une croix **X** la case qui reflète le mieux la préférence pour une pratique. Attention, il s'agit toujours de comparaison entre deux pratiques.

L'échelle d'évaluation est la suivante:



Par exemple, si pour vous la Génération des concepts est fortement plus importante que les activités en conception, vous marquez la case 5 du côté gauche.

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Activités en Conception
				X														

Par contre, si la génération des ressources humaines est légèrement plus importante que la gestion des concepts, vous marquez la case 3 du côté droit.

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion des Ressources Humaines
											X							

1. Importance des pratiques Innovantes.

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Activités en Conception
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------------

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion des Ressources Humaines
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Stratégie d'Innovation
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion de Projets Innovants
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------------

Créativité	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion de Connaissances
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------------

Activités en Conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion des Ressources Humaines
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Activités en Conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Stratégie d'Innovation
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Activités en Conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion de Projets Innovants
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------------

Activités en Conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion de Connaissances
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------------

Gestion des Ressources Humaines	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Stratégie d'Innovation
--	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------------

Gestion des Ressources	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion de Projets
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

la conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	conception
----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

Utilisation d'outils d'aide à la conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)
--	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Existence de méthodologies d'aide à la conception	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)
--	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--

4. Gestion des Ressources Humaines

Gestion de compétences et de la société	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Encouragement à l'innovation
--	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------

5. Stratégie d'Innovation

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Fonctionnement en réseaux
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Importance du client
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Financement
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Fonctionnement en réseaux	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Importance du client
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------

Fonctionnement en réseaux	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Financement
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Importance du client	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Financement
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------

6. Gestion de Projets Innovants

Gestion de projets	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Gestion du portefeuille de projets
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------

Gestion de projets	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Organisation de tâches liées à l'innovation
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gestion du portefeuille de projets	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Organisation de tâches liées à l'innovation
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

7. Gestion de Connaissances

Amélioration continue des processus d'innovation	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Politique de gestion de la propriété industrielle
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

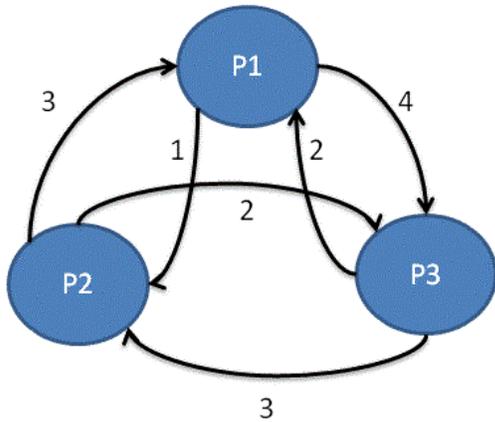
Amélioration continue des processus d'innovation	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Capitalisation des connaissances
---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

Politique de gestion de la propriété industrielle	9	8	7	6	5	4	3	2	Importance Egale	2	3	4	5	6	7	8	9	Capitalisation des connaissances
--	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

Partie II : Analyses d'influences entre pratiques

Pour évaluer l'influence qui existe entre les critères, nous utilisons la méthode DEMATEL (« Decision Making Trial and Evaluation Laboratory »). L'objectif est de calculer la relation de cause/effet des pratiques et des sous-pratiques composant l'IIP.

La première étape de la méthode est de réaliser un diagramme d'influence entre les pratiques, par exemple :



L'intensité de l'influence est mesurée par une échelle de 0 à 4 et peut se manifester dans les deux sens, c'est-à-dire qu'une pratique peut exercer une influence sur une autre mais en même temps elle peut recevoir une influence de l'autre pratique. Ainsi une matrice carrée D peut se construire

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 4 \\ 3 & 0 & 2 \\ 2 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

De même que AHP, la matrice doit être normalisée, mais cette fois la méthode de normalisation est la suivante :

$$\text{Matrice normalisée } (B) = \frac{1}{v} * D$$

Où

$$v = \text{Max}_{i,j} \sum_{j=1}^n d_{ij} \sum_{i=1}^n d_{ij}$$

Les d_{ij} sont les éléments de la matrice D. Pour déterminer les influences totales, nous définissons la matrice X suivante :

$$X = \frac{B}{I - B}$$

Où I est la matrice identité.

Dans X : on définit deux indices r_i (ligne) et c_i (colonne)

$$r_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} = \text{Influence totale de l'élément } i \text{ sur tous les éléments du système}$$

$$c_i = \sum_{i=1}^n x_{ij} = \text{Influence de tous les éléments du système sur l'élément } j$$

Ces deux indices vont définir un plan de relations d'impact

$r_i + c_i$ = axe horizontal, intensité d'influence de i

$r_i - c_i$ = axe vertical, la différence entre l'influence « exercée » et « reçue ».

Si

$r_i - c_i > 0$ influence exercée (causale)

$r_i - c_i < 0$ influence reçue (affectée)

Ainsi, la partie DEMATEL du questionnaire est la suivante :

Marquez d'une X le degré d'influence de la pratique A sur la pratique B.

Selon l'échelle d'évaluation suivante

0 = sans influence

1= Influence Faible.

2= Influence Moyenne

3= Influence Forte

4= Influence Très Forte

La pratique A	Influence					Sur la pratique B
Créativité	0	1	2	3	4	Activités en Conception
Créativité	0	1	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
Créativité	0	1	2	3	4	Stratégie d'Innovation
Créativité	0	1	2	3	4	Gestion de Projets Innovants
Créativité	0	1	2	3	4	Gestion de Connaissances
Activités en Conception	0	1	2	3	4	Créativité
Activités en Conception	0	1	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
Activités en Conception	0	1	2	3	4	Stratégie d'Innovation
Activités en Conception	0	1	2	3	4	Gestion de Projets Innovants

Activités en Conception	0	1	2	3	4	Gestion de Connaissances
--------------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Gestion des Ressources Humaines	0	1	2	3	4	Créativité
--	---	---	---	---	---	-------------------

Gestion des Ressources Humaines	0	1	2	3	4	Activités en Conception
--	---	---	---	---	---	--------------------------------

Gestion des Ressources Humaines	0	1	2	3	4	Stratégie d'Innovation
--	---	---	---	---	---	-------------------------------

Gestion des Ressources Humaines	0	1	2	3	4	Gestion de Projets Innovants
--	---	---	---	---	---	-------------------------------------

Gestion des Ressources Humaines	0	1	2	3	4	Gestion de Connaissances
--	---	---	---	---	---	---------------------------------

Stratégie d'Innovation	0	1	2	3	4	Créativité
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------

Stratégie d'Innovation	0	1	2	3	4	Activités en Conception
-------------------------------	---	---	---	---	---	--------------------------------

Stratégie d'Innovation	0	1	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
-------------------------------	---	---	---	---	---	--

Stratégie d'Innovation	0	1	2	3	4	Gestion de Projets Innovants
-------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------------

Stratégie d'Innovation	0	1	2	3	4	Gestion de Connaissances
-------------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Gestion de Projets Innovants	0	1	2	3	4	Créativité
-------------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------

Gestion de Projets Innovants	0	1	2	3	4	Activités en Conception
-------------------------------------	---	---	---	---	---	--------------------------------

Gestion de Projets Innovants	0	1	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
-------------------------------------	---	---	---	---	---	--

Gestion de Projets Innovants	0	1	2	3	4	Stratégie d'Innovation
-------------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

Gestion de Projets Innovants	0	1	2	3	4	Gestion de Connaissances
-------------------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Gestion de Connaissances	0	1	2	3	4	Créativité
---------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------

Gestion de Connaissances	0	1	2	3	4	Activités en Conception
---------------------------------	---	---	---	---	---	--------------------------------

Gestion de Connaissances	0	1	2	3	4	Gestion des Ressources Humaines
---------------------------------	---	---	---	---	---	--

Gestion de Connaissances	0	1	2	3	4	Stratégie d'Innovation
---------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------

Gestion de Connaissances	0	1	2	3	4	Gestion de Projets Innovants
---------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------------

1. Génération des Concepts

Pratique A	Influence					Pratique B
Utilisation d'outils pour encourager la créativité	0	1	2	3	4	Intégration des parties prenantes au cours du processus de conception
Utilisation d'outils pour encourager la créativité	0	1	2	3	4	Organisation, récolte et gestion d'informations
Intégration des parties prenantes au cours du processus de conception	0	1	2	3	4	Utilisation d'outils pour encourager la créativité
Intégration des parties prenantes au cours du processus de conception	0	1	2	3	4	Organisation, récolte et gestion d'informations
Organisation, récolte et gestion d'informations	0	1	2	3	4	Utilisation d'outils pour encourager la créativité
Organisation, récolte et gestion d'informations	0	1	2	3	4	Intégration des parties prenantes au cours du processus de conception

2. Activités en Conception

Pratique A	Influence					Pratique B
Utilisation d'outils d'aide à la conception	0	1	2	3	4	Existence de méthodologies d'aide à la conception
Utilisation d'outils d'aide à la conception	0	1	2	3	4	Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)
Existence de méthodologies d'aide à la conception	0	1	2	3	4	Utilisation d'outils d'aide à la conception
Existence de méthodologies d'aide à la conception	0	1	2	3	4	Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)
Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)	0	1	2	3	4	Utilisation d'outils d'aide à la conception

Utilisation de TICs (plateformes collaboratives)	0	1	2	3	4	Existence de méthodologies d'aide à la conception
--	---	---	---	---	---	---

3. Gestion des Ressources Humaines

Pratique A

Influence

Pratique B

Gestion de compétences de la société	0	1	2	3	4	Encouragement à l'innovation
--------------------------------------	---	---	---	---	---	------------------------------

Encouragement à l'innovation	0	1	2	3	4	Gestion de compétences et de la société
------------------------------	---	---	---	---	---	---

4. Stratégie d'Innovation

Pratique A

Influence

Pratique B

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	0	1	2	3	4	Fonctionnement en réseaux
--	---	---	---	---	---	---------------------------

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	0	1	2	3	4	Importance du client
--	---	---	---	---	---	----------------------

Stratégie intégrée favorisant l'innovation	0	1	2	3	4	Financement
--	---	---	---	---	---	-------------

Fonctionnement en réseaux	0	1	2	3	4	Stratégie intégrée favorisant l'innovation
---------------------------	---	---	---	---	---	--

Fonctionnement en réseaux	0	1	2	3	4	Importance du client
---------------------------	---	---	---	---	---	----------------------

Fonctionnement en réseaux	0	1	2	3	4	Financement
---------------------------	---	---	---	---	---	-------------

Importance du client	0	1	2	3	4	Stratégie intégrée favorisant l'innovation
----------------------	---	---	---	---	---	--

Importance du client	0	1	2	3	4	Fonctionnement en réseaux
----------------------	---	---	---	---	---	---------------------------

Importance du client	0	1	2	3	4	Financement
----------------------	---	---	---	---	---	-------------

Financement	0	1	2	3	4	Stratégie intégrée favorisant l'innovation
-------------	---	---	---	---	---	--

Financement	0	1	2	3	4	Fonctionnement en réseaux
-------------	---	---	---	---	---	---------------------------

Financement	0	1	2	3	4	Importance du client
-------------	---	---	---	---	---	----------------------

5. Gestion de Projets Innovants

Pratique A

Influence

Pratique B

Gestion de projets	0	1	2	3	4	Gestion du portefeuille de projets
--------------------	---	---	---	---	---	------------------------------------

Gestion de projets	0	1	2	3	4	Organisation de tâches liées à l'innovation
--------------------	---	---	---	---	---	---

Gestion du portefeuille de projets	0	1	2	3	4	Gestion de projets
------------------------------------	---	---	---	---	---	--------------------

Gestion du portefeuille de projets	0	1	2	3	4	Organisation de tâches liées à l'innovation
------------------------------------	---	---	---	---	---	---

Organisation de tâches liées à l'innovation	0	1	2	3	4	Gestion de projets
---	---	---	---	---	---	--------------------

Organisation de tâches liées à l'innovation	0	1	2	3	4	Gestion du portefeuille de projets
---	---	---	---	---	---	------------------------------------

6. Gestion de Connaissances

Pratique A

Influence

Pratique B

Amélioration continue des processus d'innovation	0	1	2	3	4	Politique de gestion de la propriété industrielle
--	---	---	---	---	---	---

Amélioration continue des processus d'innovation	0	1	2	3	4	Capitalisation des connaissances
--	---	---	---	---	---	----------------------------------

Politique de gestion de la propriété	0	1	2	3	4	Amélioration continue des processus
--------------------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------------------

industrielle						d'innovation
--------------	--	--	--	--	--	--------------

Politique de gestion de la propriété industrielle	0	1	2	3	4	Capitalisation des connaissances
---	---	---	---	---	---	----------------------------------

Capitalisation des connaissances	0	1	2	3	4	Amélioration continue des processus d'innovation
----------------------------------	---	---	---	---	---	--

Capitalisation des connaissances	0	1	2	3	4	Politique de gestion de la propriété industrielle
----------------------------------	---	---	---	---	---	---

RESUME

Evaluation de la capacité à innover : Une approche par auto évaluation et suivi supporté par des analyses multicritères dynamiques

L'un des challenges les plus importants des pays développés ou émergents est de soutenir l'innovation dans les PME. Mais la question centrale ici, est de savoir si l'innovation dépend exclusivement de la disponibilité des ressources. La capacité à innover ne dispose pas d'un cadre de référence pour son évaluation, en raison principalement de sa complexité et sa nature abstraite. Sans les indicateurs appropriés, il est impossible d'établir les objectifs et de déterminer les efforts et les ressources nécessaires pour améliorer la capacité d'innovation. Le laboratoire ERPI a développé une approche d'évaluation de cette capacité privilégiant les pratiques internes qui favorisent l'innovation dans les entreprises (IIP, Indice d'Innovation Potentielle) basée sur des méthodes d'analyse multicritère.

Mais une fois obtenu un résultat, quels sont les points sur lesquels une entreprise peut jouer afin d'améliorer son système d'innovation ? Dans cette thèse, nous proposons un modèle d'optimisation qui réplique la procédure d'évaluation de la capacité à innover utilisée par l'IIP et qui nous permettra de générer un plan d'action pour améliorer la capacité à innover des PME. Le modèle considère différents facteurs (la situation particulière de l'entreprise, les efforts économiques associés à la stratégie proposée, etc.) afin de générer le plan d'action le plus approprié aux besoins de chaque PME. Ainsi, trois stratégies potentielles sont proposées : améliorer le classement actuel avec un minimum d'effort, maximiser les économies de ressources, maximiser l'IIP avec un budget défini. Des scénarii sont simulés afin de tester les résultats de la mise en œuvre des différentes stratégies.

Mots-clefs: Indice d'Innovation Potentielle, modèle d'optimisation, stratégies d'amélioration, PME.

ABSTRACT

Evaluation of Innovation capabilities: A self assessment approach and monitoring supported by multi-criteria dynamic analysis

One of the most important challenges in the current industrial policy of developed and emerging countries is to support innovation in SMEs, issue which has been approach as a problem only dependent on the availability of resources. Innovation capability does not have an appropriate framework of evaluation, mainly because of its complexity and abstract nature. Without proper indicators, it is not possible to establish objectives and identify the efforts and resources necessary for its improvement. In response to this, the ERPI laboratory has developed an evaluation approach of innovation capability, taking into account internal practices to promote innovation. A field of knowledge has been developed in this direction allowing for the proposal of a novel metrology, the Potential Innovation index (PII), based on multi-criteria analysis methods for studying the dynamics within companies.

In this thesis, we propose an optimization model that replicates the evaluation procedure of innovation capability to generate an action plan, i.e., the model returns concrete points in which companies can work to improve its innovation system. The model considers factors such as the particular situation of the company, the economic efforts associated with the proposed strategy, the goals of the entrepreneur, etc. Three optimization strategies are proposed: access to a higher category with a minimum of effort, maximize resource efficiency and maximize innovation performance with a defined budget. Scenarios are simulated to test the results of the implementation of the different strategies.

Keys Words: Potential Innovation Index, optimization model, improvement strategies, SMEs, multicriteria analysis methods