



LES DÉTERMINANTS DE L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE PAR LES PME MANUFACTURIÈRES

Mémoire

Khalil Rhaiem

Maîtrise en sciences de l'administration

Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© Khalil Rhaiem, 2014

Résumé

Ce mémoire analyse de façon empirique le processus d'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières de la région du Bas-Saint-Laurent au Québec. Des données secondaires provenant d'une enquête par questionnaire ont été utilisées.

Les résultats des analyses économétriques montrent que les ressources technologiques de la PME, sa taille, sa perception de la facilité d'utilisation de la technologie à adopter, son implication dans des réseaux de participation, et son R&D interne expliquent l'adoption de plusieurs technologies de pointe. La pratique d'une stratégie de domination par les coûts fait baisser la probabilité d'adoption de ces technologies

La hiérarchisation de l'ampleur de l'impact des variables explicatives significatives indique que les réseaux de participation de la PME ont le plus d'impact sur le nombre de technologies adoptées par la PME.

Ces différents résultats ont permis de dégager des implications en vue d'améliorer la gestion des technologies de pointe par les PME manufacturières.

Table des matières

RÉSUMÉ	III
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES ENCADRÉS	XI
REMERCIEMENT	XIII
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1. MISE EN CONTEXTE	1
1.2. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE	4
1.3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	8
1.4. ORGANISATION DU MÉMOIRE	9
CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE	11
2.1. INTRODUCTION	11
2.2. STRATÉGIE DE LOCALISATION DES ÉCRITS	11
2.3. DÉFINITIONS DES PRINCIPAUX CONCEPTS ET AUTRES CONSIDÉRATIONS CONCEPTUELLES	15
2.3.1. <i>Les technologies de pointe dans le secteur manufacturier</i>	16
2.3.1.1. <i>Les technologies de fabrication flexible</i>	17
2.3.1.2. <i>Les systèmes de production automatisés</i>	17
2.4. L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE	22
2.4.1. <i>Introduction</i>	22
2.4.2. <i>Les différents modèles théoriques</i>	23
2.4.2.1. <i>Les contributions de l'école classique d'adoption des technologies</i>	24
2.4.2.2. <i>Le modèle d'acceptation de la technologie de Davis (1989)</i>	30
2.4.2.3. <i>La théorie de diffusion de l'innovation de Moore et Benbasat (1991)</i>	33
2.4.2.4. <i>La théorie de l'adoption de l'innovation de Gallivan (2001)</i>	34
2.4.2.5. <i>La théorie du comportement planifié d'adoption technologies d' Ajzen (1985)</i>	34
2.5. LES DÉTERMINANTS DE LA DÉCISION D'ADOPTION DES INNOVATIONS ET DES TECHNOLOGIES	38
2.5.1. <i>Introduction</i>	38
2.5.1.1. <i>Les facteurs organisationnels</i>	38
2.5.1.2. <i>Les facteurs individuels</i>	42
2.5.1.3. <i>Les facteurs propres à la technologie (technologiques)</i>	43
2.5.1.4. <i>Les facteurs de l'environnement externe</i>	44
2.6. DE LA REVUE DE LITTÉRATURE AU CADRE CONCEPTUEL INTÉGRATEUR	47
CHAPITRE 3 : CADRE OPÉRATOIRE ET MÉTHODOLOGIE	55
3.1. INTRODUCTION	55
3.2. CADRE OPÉRATOIRE	56
3.2.1. <i>La variable dépendante : l'adoption des technologies manufacturières de pointe</i>	56
3.2.2. <i>Les déterminants de l'adoption des technologies de pointe</i>	57
3.2.2.1. <i>Les facteurs organisationnels</i>	58
3.2.2.2. <i>Les facteurs individuels</i>	62
3.2.2.3. <i>Les facteurs technologiques</i>	64
3.2.2.4. <i>Les facteurs liés à l'environnement</i>	66

3.3. INSTRUMENT DE MESURE.....	73
3.4. POPULATION À L'ÉTUDE, ADMINISTRATION DU QUESTIONNAIRE ET TAUX DE RÉPONSE	74
3.5. STRATÉGIE D'ANALYSE	76
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS EMPIRIQUES.....	83
4.1. INTRODUCTION	83
4.2. PORTRAIT DES ENTREPRISES	83
4.2.1. <i>Caractéristiques générales de l'échantillon</i>	84
4.2.1.1. <i>Le secteur d'activité industrielle</i>	84
4.2.1.2. <i>Taille des entreprises appréhendée par le nombre d'employés</i>	86
4.2.1.3. <i>L'innovation dans les PME</i>	86
4.2.1.4. <i>Les ressources dédiées à la R&D par les PME</i>	88
4.2.1.5. <i>Les réseaux d'idées et d'information des PME</i>	90
4.2.1.6. <i>Les réseaux des ventes et des achats des PME</i>	93
4.2.2. <i>Caractérisation de l'utilisation des technologies de pointe selon la taille, l'intensité technologique et la propension à innover</i>	96
4.2.2.1. <i>L'utilisation des technologies de pointe selon la taille</i>	96
4.2.2.2. <i>L'utilisation des technologies de pointe selon le degré d'intensité technologique</i>	100
4.2.2.3. <i>L'utilisation des technologies de pointe selon la propension à innover</i>	103
4.2.3. <i>Synthèse des analyses relatives au portrait des entreprises</i>	105
4.3. <i>Estimation des modèles explicatifs de l'adoption des technologies de pointe</i>	112
4.3.1. <i>Spécification du modèle explicatif de l'adoption/non-adoption des technologies de pointe</i> . 117	
4.3.1.1. <i>Validation des construits : unidimensionnalité et consistance interne</i>	118
4.3.1.2. <i>Vérification des postulats de la régression logistique binaire</i>	121
4.3.1.3. <i>Résultats des régressions logistiques binaires</i>	128
4.3.2. <i>Modèle explicatif de la variété d'utilisation des technologies de pointe</i>	142
4.3.2.1. <i>Vérification des postulats pour les régressions linéaires multiples</i>	143
4.3.2.2. <i>Résultats de l'estimation de la régression linéaire multiple</i>	148
4.3.2.3. <i>Synthèse et discussion des analyses multivariées</i>	151
4.3.2.4. <i>Vérification des hypothèses de recherche</i>	157
CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET SYNTHÈSE GÉNÉRALE.....	159
5.1. RÉSUMÉ GÉNÉRAL	159
5.2. IMPLICATIONS DES RÉSULTATS	165
5.3. LIMITES ET AVENUES FUTURES DE RECHERCHE	167
BIBLIOGRAPHIE	171

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : RÉPARTITION DE L'ADOPTION SELON L'INDUSTRIE DE FABRICATION	3
TABLEAU 2 : PORTRAIT GÉNÉRAL DU SECTEUR MANUFACTURIER AU QUÉBEC (2007-2010).....	3
TABLEAU 3: SOURCES DES ÉCRITS IDENTIFIÉS.....	14
TABLEAU 4 : CARACTÉRISTIQUES DES TECHNOLOGIES FMT ET AMT UTILISÉES DANS LE SECTEUR DE FABRICATION	19
TABLEAU 5 : CLASSIFICATION DES TECHNOLOGIES DE POINTE DANS LE SECTEUR MANUFACTURIER	20
TABLEAU 6 ; SYNTHÈSE DES PRINCIPALES THÉORIES ET MODÈLES DE L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES.....	36
TABLEAU 7 : CLASSIFICATION DES DÉTERMINANTS DE LA DÉCISION D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES.....	46
TABLEAU 8 : LES TECHNOLOGIES DE POINTE UTILISÉES PAR LES ENTREPRISES MANUFACTURIÈRES.....	57
TABLEAU 9 : DISTRIBUTION DES ENTREPRISES SELON L'INTENSITÉ TECHNOLOGIQUE DE L'INDUSTRIE.....	70
TABLEAU 10 : LES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	71
TABLEAU 11 : LES RÉSULTATS DE L'ADMINISTRATION DE L'ENQUÊTE.....	75
TABLEAU 12 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ANALYSES ENVISAGÉES	81
TABLEAU 13 : DISTRIBUTION DES ENTREPRISES SELON L'INTENSITÉ TECHNOLOGIQUE DE L'INDUSTRIE.....	85
TABLEAU 14 : DISTRIBUTION DES ENTREPRISES SELON LA TAILLE.....	86
TABLEAU 15 : L'INNOVATION DANS LES ENTREPRISES.....	88
TABLEAU 16 : INDICATEURS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT.....	89
TABLEAU 17 : FRÉQUENCE D'UTILISATION DES SOURCES D'INFORMATION UTILISÉES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'INNOVATION DES ENTREPRISES.....	92
TABLEAU 18 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES SELON LES ZONES GÉOGRAPHIQUES DE LA RÉALISATION DE LEURS CHIFFRES D'AFFAIRES ET IMPORTANCE DES TROIS PLUS IMPORTANTS CLIENTS.....	94
TABLEAU 19 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES SELON LES ZONES GÉOGRAPHIQUES DE LA RÉALISATION DE LEURS ACHATS	95
TABLEAU 20 : DISTRIBUTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE POUR LES TROIS TYPES D'INDUSTRIE SELON LA TAILLE DE LA PME	99
TABLEAU 21 : COMPARAISON DU NOMBRE DE TECHNOLOGIE DE POINTE UTILISÉES SELON LA TAILLE D L'ENTREPRISE (DUNCAN POST HOC TEST).....	100
TABLEAU 22 : DISTRIBUTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE SELON LE DEGRÉ D'INTENSITÉ TECHNOLOGIQUE DU SECTEUR OÙ LA PME OPÈRE.....	102
TABLEAU 23 : COMPARAISON DU NOMBRE DE TECHNOLOGIES DE POINTE UTILISÉES SELON LE DEGRÉ D'INTENSITÉ TECHNOLOGIQUE DU SECTEUR OÙ L'ENTREPRISE OPÈRE (DUNCAN POST HOC TEST).....	103
TABLEAU 24 : DISTRIBUTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE POUR LES TROIS TYPES D'INDUSTRIES SELON L'INNOVATION	10
TABLEAU 25 : COMPARAISON DE MOYENNES DES NOMBRES DE TECHNOLOGIES DE POINTE UTILISÉES SELON LA PROPENSION À INNOVER (TEST T POUR ÉCHANTILLONS INDÉPENDANTS).....	103
TABLEAU 26 : DÉFINITION OPÉRATIONNELLES DE LA VARIABLE DÉPENDANTES ET DES VARIABLES INDÉPENDANTES	113
TABLEAU 27 : ANALYSE DE L'UNIDIMENSIONNALITÉ ET DE LA CONSISTANCE INTERNE DES VARIABLES INDÉPENDANTES À MULTI- ITEMS	120
TABLEAU 28 : VÉRIFICATION DE L'INDÉPENDANCE DES ERREURS.....	124
TABLEAU 29 : DIAGNOSTIC DE LA MULTICOLLINÉARITÉ ENTRE LES VARIABLES EXPLICATIVES.....	125
TABLEAU 30(A) : ESTIMATION DES MODÈLES LOGIT ÉTABLISSANTS LES FACTEURS QUI INFLUENCENT LA PROBABILITÉ D'ADOPTER LES TECHNOLOGIES DE CONCEPTION ET D'INGÉNIERIE.....	131
TABLEAU 30(B) : ESTIMATION DES MODÈLES LOGIT ÉTABLISSANT LES FACTEURS QUI INFLUENCENT LA PROBABILITÉ D'ADOPTER LES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT, FABRICATION ET ASSEMBLAGE	135
TABLEAU 30(C) : ESTIMATION DES MODÈLES LOGIT ÉTABLISSANT LES FACTEURS QUI INFLUENCENT LA PROBABILITÉ D'ADOPTER LES RÉSEAUX DE COMMUNICATION	138
TABLEAU 30(D) : ESTIMATION DES MODÈLES LOGIT ÉTABLISSANT LES FACTEUR QUI INFLUENCENT LA PROBABILITÉ D'ADOPTER LES TECHNOLOGIES D'INTÉGRATION ET CONTRÔLE	141
TABLEAU 31 : VÉRIFICATION DE L'INDÉPENDANCE DES ERREURS.....	144
TABLEAU 32 : TEST D'HOMOGÉNÉITÉ DES VARIANCES	146
TABLEAU 33 : ESTIMATION DU MODÈLE DE RÉGRESSION ÉTABLISSANT LES FACTEURS QUI INFLUENCENT LA VARIÉTÉ D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE.....	150
TABLEAU 34 : IMPACT DES VARIABLES STATISTIQUEMENT SIGNIFICATIVES SUR LA VARIÉTÉ D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE.....	151
TABLEAU 35 : VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	158

Liste des figures

FIGURE 1 : COURBE DE DIFFUSION DE L'INNOVATION DE ROGERS	26
FIGURE 2 : CADRE CONCEPTUEL DES FACTEURS AFFECTANT L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE DANS LE PME MANUFACTURIÉES	53
FIGURE 3 : CADRE OPÉRATOIRE DES FACTEUR AFFECTANT L'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE DANS LES PME MANUFACTURIÉES	72
FIGURE 4 : VARIÉTÉ DES SOURCES D'INFORMATION UTILISÉES PAR LES PME SELON LA TAILLE.....	93
FIGURE 5 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES SELON LES ZONES GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉALISATION DE LEURS CHIFFRES D'AFFAIRES	94
FIGURE 6 : RÉPARTITION DES ENTREPRISES SELON LES ZONE GÉOGRAPHIQUES DE LA RÉALISATION DE LEURS ACHATS.....	96
FIGURE 7 : ANALYSE GRAPHIQUE DE LA NORMALITÉ DE VARIABLES INDÉPENDANTES CONTINUES (Q-Q PLOT).....	126
FIGURE 8 : DISTRIBUTION DES RÉSIDUS STANDARDISÉS ET DES VALEURS PRÉDITES STANDARDISÉES	144
FIGURE 9 : NORMALITÉ DES RÉSIDUS STANDARDISÉS.....	145

Liste des Encadrés

ENCADRÉ 1 : CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	12
ENCADRÉ 2 : POURCENTAGE D'ENTREPRISES INNOVANTE POUR DIFFÉRENTES RÉGIONS DU QUÉBEC.....	108
ENCADRÉ 3 : POURCENTAGES DES ENTREPRISES QUI ONT RÉALISÉ DES ACTIVITÉS DE R-D AU COURS DES TROIS DERNIÈRES ANNÉES QUI ONT PROCÉDÉ L'ENQUÊTE POUR DIFFÉRENTES RÉGIONS DU QUÉBEC.....	108
ENCADRÉ 4 : NOMBRE MOYEN DE PERSONNES AFFECTÉES À LA R-D POUR DIFFÉRENTES RÉGIONS DU QUÉBEC	109
ENCADRÉ 5 : POURCENTAGE MOYEN DES VENTES DES ENTREPRISES À L'INTÉRIEUR DE LA RÉGION	110
ENCADRÉ 6 : POURCENTAGE MOYEN DES VENTES PROVENANT DES TROIS PLUS IMPORTANTS CLIENTS	111
ENCADRÉ 7 : POURCENTAGE MOYEN DES ACHATS PROVENANT DES TROIS PLUS IMPORTANTS FOURNISSEURS	111

Remerciement

Je voudrais d'abord témoigner ma profonde reconnaissance à mes parents qui m'ont soutenu tout le long de mon cursus scolaire et m'ont permis de me rendre où je suis maintenant. En pensant à eux, je pense aussi à mon frère et ma sœur qui m'ont apporté tout leur soutien.

Je tiens à remercier de façon particulière mon directeur de recherche le professeur Nabil Amara. Je vous remercie d'avoir cru en moi et d'avoir mis à ma disposition de formidables conditions de travail.

Mes remerciements vont également au professeur Égide Karuranga, du département de management à la faculté des sciences de l'administration de l'université Laval, et à l'examineur externe, le professeur Namatié Traoré, de l'université d'Ottawa.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Mise en contexte

Le secteur manufacturier est important dans toute économie. Il est source de richesses et d'emplois. Au Canada, en 2010, l'industrie manufacturière comptait 78 180 entreprises, soit 3,4 % de l'ensemble des entreprises canadiennes. Cela représente 1,465 million d'emplois et génère 12,6 % du PIB national, soit des revenus de 155,6 milliards de dollars¹. Le secteur manufacturier est également responsable de 53 % des exportations des marchandises et services (EDC Canada, 2012 : 8) et de 49 % des dépenses en Recherche et Développement (R&D) (Statistique Canada, 2012)². Ces statistiques illustrent de manière éloquente le caractère vital de ce secteur pour l'économie canadienne qui, selon Statistique Canada, «*comprend les établissements dont l'activité principale est la transformation de matières ou de substances en nouveaux produits par des procédés mécaniques ou physiques*».

Au niveau provincial, le secteur manufacturier est tout aussi névralgique qu'au niveau national. Par exemple, au Québec, il représente 88 % des exportations, 52 % des dépenses en R&D et 12,5 % de nos emplois (Lesage, 2013 : 1).

Cependant, suite à la crise de 2008-2009, ce secteur a connu un fléchissement au niveau de sa contribution au PIB et au niveau du nombre d'entreprises qui y opèrent (Institut de la statistique du Québec, 2010). Plusieurs causes expliqueraient ce recul, notamment les impératifs de la mondialisation et la rude concurrence que se livrent les entreprises dans ce secteur.

¹ http://www.cefrio.qc.ca/media/uploader/secteur_manufacturier.pdf (Consulté le 3 novembre 2013).

² Statistique Canada (2012). Intentions de dépenses en R-D industriels. Disponible sur : <http://www.statcan.gc.ca/pub/88-202-x/2012000/part-partie1-fra.htm> (Consulté le 3 mars 2014).

L'arrivée massive des nouvelles technologies n'est pas non plus étrangère aux grands changements qui sont intervenus dans les processus de production manufacturière. Ces technologies apportent de la valeur ajoutée en termes de productivité et aussi d'organisation de la production dans les entreprises. Ceci s'est traduit dans plusieurs secteurs d'activité manufacturière par une décroissance du nombre d'entreprises, en raison de la fermeture de plusieurs d'entre elles qui n'ont pas réagi à temps pour remplacer leurs technologies et machineries désuètes. Investir dans l'acquisition des technologies de pointe s'est donc avéré un moyen de survie pour les entreprises et une voie incontournable pour protéger les emplois à long terme (Industrie Canada, 2011 : 4).

Ce contexte explique en grande partie l'utilisation de plus en plus répandue des technologies manufacturières de pointe constatée au cours des deux dernières décennies. C'est ainsi qu'en 2007, 91,7 % des établissements manufacturiers au Québec utilisaient au moins une technologie de pointe (Institut de la Statistique du Québec, 2011). Ces technologies de pointe sont de deux types : i) les technologies reliées aux moyens de communication, notamment les réseaux informatiques; et ii) les technologies reliées aux inspections et aux manutentions automatisées des matières premières et des produits. Plus spécifiquement, ces technologies se répartissent en six groupes fonctionnels :

1. La conception, ingénierie et fabrication virtuelle;
2. Le traitement, fabrication et assemblage;
3. L'inspection;
4. La communication;
5. La manutention automatisée des matières;
6. L'intégration et contrôle.

Le Tableau 1 illustre l'importance, de nos jours, de ces différentes technologies de pointe dans le secteur manufacturier au Québec, telle qu'elle se dégage à partir de la répartition du taux d'adoption de ces technologies dans les différentes industries de ce secteur. Les pourcentages rapportés dans la colonne de droite de ce tableau renvoient, pour

chaque industrie manufacturière, au pourcentage des entreprises qui ont adopté au moins une technologie manufacturière de pointe.

Tableau 1

Répartition de l'adoption selon l'industrie de fabrication

Industries	Adoption des technologies de pointe
➤ Fabrication de boissons	100 %
➤ Fabrication de produits du tabac	100 %
➤ Industrie de machines	98,5 %
➤ Première transformation de métaux	98 %
➤ Fabrication des produits en cuir et les produits analogues	64,9 %
➤ Produits textiles	79,4 %
➤ Vêtements	82,5 %
➤ Produits en bois	84 %

Source : Institut de la Statistique du Québec, Mars 2011.

Ces nouvelles données sont également accompagnées par une plus grande représentation des PME dans le secteur manufacturier. Ainsi, au Québec, et tel qu'illustré au Tableau 2, le nombre de PME a enregistré un accroissement de 0,54 % entre 2007 et 2010.

Tableau 2

Portrait général du secteur manufacturier au Québec (2007-2010)

	Année 2007	Année 2010
➤ Nombre total d'entreprises	22323	21111
➤ PME	20 962	19 939
➤ Grandes entreprises	1361	1172
➤ Proportion des PME dans le secteur	93,90 %	94,44 %

Source : Arfaoui et al., 2009.

1.2 Problématique générale de l'étude

La compétition entre les entreprises sur les marchés nationaux et internationaux est souvent liée, dans la littérature économique et en gestion, à leur capacité de lancer des nouveaux produits et de mettre au point des nouveaux procédés de fabrication. De nos jours, cette réalité est vécue avec plus d'acuité dans un contexte de globalisation des marchés, caractérisé par un environnement turbulent et incertain qui contraint les entreprises à s'engager dans une course d'amélioration continue afin de faire face aux impératifs de cet environnement. Parmi les stratégies les plus efficaces pour procurer à l'entreprise un avantage concurrentiel significatif, on trouve l'innovation (Kaufmann et Tödtling, 2002; Lee et al., 2010).

L'innovation touche principalement les extrants des organisations, dans le but d'améliorer la qualité des produits, d'optimiser les coûts et de mieux répondre aux attentes des clients de plus en plus sophistiqués et exigeants (Griffin, 1997; Keizer et al., 2005).

Jusqu'au milieu des années 2000, les études traitant de l'innovation dans le secteur manufacturier se limitaient aux innovations de produits ou de procédés (Gordon et McCann, 2005 : 31) communément qualifiées d'innovation technologique. Toutefois, la publication en 2005 de la troisième édition du manuel d'Oslo, qui est considéré comme la référence en matière d'études empiriques sur l'innovation dans les entreprises, a marqué un changement à ce chapitre en introduisant une typologie de l'innovation avec deux autres types d'innovation, en l'occurrence l'innovation de commercialisation et l'innovation d'organisation. Selon le manuel d'Oslo (OCDE/Eurostat 2005 : 56), l'innovation comporte désormais quatre catégories :

*« Une **innovation de produit** correspond à l'introduction d'un bien ou d'un service nouveau ou sensiblement amélioré sur le plan de ses caractéristiques ou de l'usage auquel il est destiné. Cette définition inclut les améliorations sensibles des spécifications techniques, des composants et des matières, du logiciel intégré, de la convivialité ou autres caractéristiques fonctionnelles. »*

« Une **innovation de procédé** est la mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou sensiblement améliorée. Cette notion implique des changements significatifs dans les techniques, le matériel et/ou le logiciel. »

« Une **innovation de commercialisation** est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode de commercialisation impliquant des changements significatifs de la conception ou du conditionnement, du placement, de la promotion ou de la tarification d'un produit. »

« Une **innovation d'organisation** est la mise en œuvre d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures de la firme. »

Pour introduire ces différents types d'innovation, l'adoption des technologies de pointe joue un rôle de premier plan (Becheikh et al., 2006). Par technologie de pointe, nous entendons «une nouvelle technologie utilisée pour exercer une nouvelle fonction ou perfectionner grandement une fonction par rapport aux technologies utilisées couramment dans l'industrie ou par ses concurrents» (Industrie Canada, 2012 : 10), et par adoption de technologies de pointe, nous entendons l'acquisition, l'implantation réussie et l'utilisation de ces technologies par l'organisation (Gupta et Raghunathan, 1988).

Au niveau organisationnel, l'adoption de nouvelles technologies favorise la prise de décisions plus judicieuses suite à l'accessibilité à de l'information de meilleure qualité offerte par ces technologies (Shuai et al., 2007; Katerrattanakul et al., 2006) et pousse les entreprises à mettre en place des systèmes de soutien organisationnel pour favoriser cette adoption, et ultimement renforcer les capacités d'innovation des entreprises (Maffei et al., 1994). Pour ce qui est du processus d'innovation, l'acquisition de nouvelles technologies ouvre des nouveaux horizons techniques aux entreprises, ce qui accroît leur propension à innover en produits et en procédés de fabrication. Finalement, l'adoption de nouvelles technologies contribue à réduire les cycles de production ainsi que les délais de livraison, ce qui influe positivement sur leurs capacités de commercialisation (Maffei et al., 1994).

Cependant, l'adoption de nouvelles technologies de pointe fait en sorte que les entreprises se trouvent confrontées à deux enjeux paradoxaux. D'une part, contraintes par la nécessité d'innover, elles sont, en pratique, obligées d'adopter régulièrement des nouvelles technologies afin de rester compétitives sur le marché et répondre aux demandes de plus en plus changeantes et sophistiquées des consommateurs. D'autre part, ce faisant, elles s'exposent aux risques et aux incertitudes liés à une telle décision (Griffin, 1997; Keizer et al., 2005). Ce dernier point fait consensus auprès de plusieurs chercheurs qui ont montré l'existence d'un lien direct entre la décision d'adoption d'une nouvelle technologie et le niveau de risque rattaché à cette décision, notamment en raison des coûts élevés que l'implantation de ces nouvelles technologies occasionne. Cette décision est d'autant plus critique à prendre pour les entreprises que l'atteinte des résultats escomptés n'est pas toujours garantie. Ceci est dû à la résistance aux changements et aux comportements de refus à l'endroit des nouvelles technologies que peuvent manifester les employés concernés par leur implantation (Scannell et al., 2012; Lapointe, 1999).

Dans le même ordre d'idées, plusieurs auteurs ont distingué deux phases dans le processus d'adoption d'une nouvelle technologie : une phase d'adoption primaire qui traite de la décision d'une organisation à adopter une nouvelle technologie, et une phase secondaire qui traite de la décision des individus à inclure la nouvelle technologie implantée dans leurs pratiques de travail (Hu et al., 2001; Gallivan, 2001, cité par Rossi et al., 2011 : 1209). Durant ces deux phases, les niveaux du risque et d'incertitude, et le degré d'aversion au risque des gestionnaires, expliquent pourquoi certaines technologies sont largement adoptées par les entreprises alors que d'autres le sont dans des proportions moindres, voire même pas adoptées du tout (Wang, 2009).

Ces problèmes d'ordres financier, organisationnel ou encore individuel liés à l'adoption des technologies sont plus fréquents et plus contraignants dans le cas des PME. Ce type d'entreprise opère généralement dans un contexte désavantageux par rapport aux grandes entreprises qui ont plus de facilité à recruter du personnel, peuvent consacrer plus de ressources aux activités de recherche et de développement (R&D) et au renouvellement des technologies et de la machinerie, peuvent réaliser des économies d'échelle, sont dans de meilleures positions pour négocier avec les fournisseurs, et sont plus capables d'absorber

les coûts reliés aux échecs de leurs projets d'innovation ou d'implantation de nouvelles technologies (van de Vrande et al., 2009; Veer et al., 2013).

Il se dégage donc que si les PME manufacturières, qui sont le moteur de la croissance des emplois dans la plupart des économies industrialisées (Parsley et Dreessen, 2003; Wolff et Pett, 2006), dont celle du Québec, ne sont pas capables d'adopter efficacement les technologies de pointe, cela se répercutera négativement sur toute l'économie québécoise tributaire de la performance de ses PME. Pour assurer leur pérennité dans la nouvelle économie du savoir où la concurrence est de plus en plus féroce, ces dernières sont constamment appelées à relever des défis et à saisir les opportunités du présent contexte économique. Parmi ces défis, l'adoption réussie des nouvelles technologies manufacturières de pointe en est un de première importance. Les manufacturiers au Canada et au Québec semblent avoir bien saisi cette importance comme en témoigne Industrie Canada (2012), dans son étude intitulée «*L'état du secteur manufacturier de pointe : Perspective canadienne*», qui a montré que pour développer des innovations de produit, de procédé, organisationnelles, et de marketing, les manufacturiers canadiens recourent largement aux technologies de pointe. Cette étude a également montré que : «*Nombre de manufacturiers désireux d'améliorer leur agilité et leur efficacité adoptent non seulement des technologies de production directe, mais aussi des technologies permettant de coordonner et d'intégrer plusieurs activités*» (Industrie Canada, 2012 : 10).

L'importance des technologies de pointe a été également bien reconnue dans la nouvelle *Politique industrielle québécoise 2013-2017* rendue publique le 10 octobre 2013 par la ministre déléguée à la *Politique industrielle* et à la *Banque de développement économique du Québec*, Mme Élane Zakaïb. Tel que déclaré par Mme Zakaïb, «*Il faut moderniser nos entreprises, les rendre plus vertes et mieux équipées en technologies de pointe. Il faut les aider à grandir, à innover et à exporter. Il s'agit exactement du rôle de notre politique industrielle, qui est le fruit d'une large consultation menée auprès des acteurs clés du milieu économique.*»³ Cette nouvelle politique prévoit aussi la création d'un

³ <http://www.ladepeche.qc.ca/informatique074.html>

centre d'excellence en technologies manufacturières de pointe dans le but que 500 de ces technologies soient intégrées dans les PME d'ici quatre ans (Lesage, 2013 : 1).

En conclusion, il se dégage donc que la place importante occupée par les PME dans l'économie québécoise fait en sorte qu'elles sont constamment appelées à innover pour maintenir leurs parts de marché, accéder à de nouveaux marchés et se démarquer par rapport à la compétition (Edwards et al., 2005). Pour ce faire, elles sont fréquemment appelées, entre autres, à renouveler leur arsenal de technologies avec des technologies plus performantes et en même temps plus contraignantes en termes d'implantation.

Comme on le voit donc, plusieurs raisons sont réunies pour motiver l'étude du phénomène de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières au Québec. Il est tout aussi indiqué de chercher à identifier les facteurs catalyseurs et inhibiteurs de la décision des PME d'adopter ou non les technologies de pointe disponibles dans leurs secteurs d'activité.

1.3 Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette recherche est de mieux comprendre, d'une part, le processus d'adoption des nouvelles technologies de pointe par les PME manufacturières au Québec et, d'autre part, de formuler des suggestions pour aider les gestionnaires de ces PME à améliorer la probabilité de succès de leurs projets d'adoption de nouvelles technologies de pointe, et les décideurs à développer des politiques publiques de support à l'adoption et à l'intégration des technologies de pointe dans le secteur manufacturier.

Pour atteindre cet objectif général, les objectifs spécifiques suivants seront poursuivis :

- i. Proposer, à partir de la littérature un cadre conceptuel intégrateur explicatif de la décision des PME manufacturières à adopter des technologies de pointe;
- ii. Identifier empiriquement les facteurs susceptibles de catalyser ou d'inhiber la décision des PME manufacturières à adopter ou non des technologies de pointe;

- iii. Hiérarchiser l'ampleur de l'impact de ces facteurs sur la décision des PME manufacturières d'adopter ou non des technologies de pointe;
- iv. Formuler des pistes d'actions pour une meilleure gestion du processus d'adoption des technologies manufacturières de pointe par les gestionnaires des PME et par les décideurs politiques concernés par le soutien et la promotion du développement économique et de l'innovation dans le secteur manufacturier.

1.4. Organisation du mémoire

Le reste de ce mémoire sera structuré en quatre chapitres. *Le chapitre II* présentera, dans une première section, l'état des connaissances sur les principaux modèles d'adoption des technologies. La deuxième section de ce chapitre sera consacrée aux principaux travaux théoriques et empiriques qui ont cherché à identifier les déterminants (facilitateurs et freins) de la décision d'adoption des nouvelles technologies par les entreprises manufacturières en général et les PME en particulier. Finalement, la troisième section de ce chapitre fera foi d'une synthèse de la revue de littérature et énoncera les hypothèses de recherche qui seront éprouvées dans ce mémoire. *Le troisième chapitre* présentera la méthodologie choisie pour tester nos hypothèses de recherche. Deux parties y seront présentées. La première portera sur la stratégie générale de recherche où nous présenterons les données de l'étude, la méthode d'échantillonnage et la procédure d'analyse des données. La seconde partie spécifiera notre cadre analytique. Nous y ferons un bref retour sur nos hypothèses de recherche pour y présenter, finalement, les définitions opérationnelles des variables de notre cadre opératoire. *Le quatrième chapitre* exposera les résultats de cette recherche. Il sera divisé en deux principales sections. La première sera consacrée aux résultats descriptifs de notre échantillon. La seconde portera sur les résultats de l'estimation des modèles économétriques explicatifs de la décision d'adopter des technologies de pointes par les PME manufacturières au Québec, et la vérification de nos hypothèses de recherche. Finalement, *le cinquième et dernier chapitre* de ce document sera consacré à la conclusion de ce mémoire. Une synthèse générale de nos travaux y sera présentée, suivie des implications des résultats. Enfin, ce dernier chapitre se terminera par une présentation des limites de l'étude et des pistes de recherche futures.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE

2.1. Introduction

Outre cette introduction, cette revue de littérature sera structurée en cinq sections. Dans la première section, il sera question de la stratégie de localisation des écrits qui a été adoptée pour réaliser la revue de littérature de la présente recherche. La deuxième section portera sur les définitions des principaux concepts et sur certaines considérations conceptuelles qui seront sollicités dans cette recherche, notamment les concepts d'innovation et de technologies de pointe. On y introduira aussi les deux catégories de technologies de pointe qui feront l'objet des analyses empiriques qui seront effectuées dans le cadre de cette étude, en l'occurrence les technologies de fabrication flexible et les systèmes de production automatisés. La troisième section abordera les théories relatives à l'adoption des nouvelles technologies par les firmes manufacturières. Finalement, quatrième section abordera les facilitateurs et les barrières susceptibles d'influer sur cette adoption. Finalement, la dernière section de cette revue de littérature présentera une synthèse des principales contributions sollicitées et pointera certaines lacunes des travaux antérieurs. Elle permettra également de proposer un cadre conceptuel intégrant les différentes catégories de déterminants de l'adoption des nouvelles technologies par les entreprises manufacturières.

2.2. Stratégie de localisation des écrits

Afin d'identifier les écrits qui seront sollicités pour faire l'état des connaissances sur nos phénomènes à l'étude, nous avons adopté une procédure en deux étapes : 1) sélection d'une série de critères d'inclusion et d'exclusion des écrits; et 2) adoption d'une stratégie de localisation des écrits.

Il importe de préciser que nous ne prétendons pas réaliser une revue systématique de la littérature qui *« implique une démarche rigoureuse, transparente et reproductible qui cherche à identifier, sélectionner et faire une analyse exhaustive et une synthèse critique des études pertinentes qui traitent d'une question clairement définie »* (Landry et al., 2007 : 2). Nous cherchons seulement à être structuré dans notre démarche de sélection des écrits qui constitueront les ingrédients de notre revue de littérature.

Pour être retenu dans la revue de littérature, un écrit doit porter sur l'adoption des nouvelles technologies par les entreprises opérant dans le secteur manufacturier, ou encore qu'il traite des déterminants qui affectent la décision d'adoption de nouvelles technologies dans le secteur manufacturier. Tous les documents, qu'ils soient publiés ou non, ont été considérés, à l'exception des ouvrages (incluant les livres, les mémoires de maîtrise et les thèses de doctorat) et des *book-reviews*. L'Encadré 1 présente de manière plus détaillée les critères d'inclusion et d'exclusion retenus pour identifier les écrits qui serviront à la réalisation de la revue de littérature de la présente recherche.

Encadré 1. Critères d'inclusion et d'exclusion

CRITÈRES D'INCLUSION :

- Le document doit porter sur l'adoption de nouvelles technologies ou sa diffusion dans le secteur manufacturier.
- Le document doit aborder de façon explicite sur le plan conceptuel ou opérationnel au moins une des trois questions de recherche, soit :
 - o Les facteurs qui affectent la décision d'adopter ou non de nouvelles technologies
 - o Les étapes d'adoption des innovations et sa diffusion
 - o Les impacts d'adoption de ces technologies de pointe sur les firmes adoptantes.
- Le document doit contenir une application empirique.
- L'étude doit porter sur le secteur manufacturier.

CRITÈRE D'EXCLUSION :

- Les ouvrages ainsi que les *«book reviews»* ne sont pas retenus
- Les revues professionnelles
- Les mémoires et les thèses

Bien que certains auteurs (Gooding et Wagner, 1985; Robertson et Seneviratne, 1995) préfèrent exclure les documents non publiés dans des revues arbitrées de l'analyse, à cause notamment des problèmes de qualité et de rigueur méthodologique qu'ils peuvent soulever, nous avons décidé de les inclure, étant donné que le nombre d'écrits publiés sur l'adoption des technologies de pointe publiés récemment dans le secteur manufacturier est très limité. Par conséquent, exclure les études non publiées risque de limiter considérablement le nombre de documents qui seront inclus dans cette étude.

La décision d'exclure les ouvrages (livres, mémoires et thèses) est, quant à elle, motivée par le fait que, souvent, les contributions scientifiques importantes incluses dans ce type de travaux sont par la suite publiées sous formes d'articles dans des revues arbitrées. De plus, le temps relativement court pour la réalisation de ce mémoire empêche d'inclure de très longs documents dans l'analyse. Enfin, il faut souligner que pour être retenu, après les différentes itérations à faire, un document doit vérifier tous les critères d'inclusion et d'exclusion sans exception.

Pour localiser ces écrits, une stratégie en trois étapes a été adoptée. Premièrement, nous avons effectué une recherche électronique dans deux bases de données de revues scientifiques, en l'occurrence *ProQuest ABI/INFORM Global* et *ScienceDirect*. Le choix de ces deux bases de données qui sont accessibles à partir du site de la bibliothèque de l'Université Laval m'a été suggéré par mon directeur de recherche.

Des combinaisons de plusieurs mots clés parmi les suivants ont été utilisées pour effectuer cette recherche dans les bases de données : *adoption of new technology, innovation, diffusion, manufacturing firms, SMEs, determinants of adoption, etc.* La recherche a été restreinte dans le titre, le résumé et les mots clés, sans limiter l'horizon temporel.

Deuxièmement, les mêmes mots clés ont été utilisés dans le moteur de recherche *Google Scholar* pour identifier des écrits pertinents qui ne sont pas encore publiés dans des

revues arbitrées ou publiés dans des revues non indexées dans les deux bases de données retenues.

Troisièmement, nous avons effectué une recherche manuelle dans les listes de références des articles qui semblent les plus importants, selon la fréquence de leurs citations par les auteurs des écrits identifiés dans la première et la deuxième étape, mais qui n’ont pas été identifiés avec la recherche effectuée dans ces deux étapes.

Les documents obtenus à la fin de ce processus ont été exportés vers le logiciel EndNote. Une identification des doublons a été alors effectuée, notamment entre les documents obtenus dans chacune des deux bases de données. Les doublons sont alors éliminés et seulement les documents uniques sont retenus. Ce faisant, 305 documents uniques ont été identifiés. Les résultats détaillés de la stratégie de localisation des écrits sont résumés dans le Tableau 3. Des 305 articles identifiés au départ, 72 articles ont été finalement retenus puisqu’ils satisfont tous les critères d’inclusion énumérés précédemment. À ces 72 articles se sont ajoutés 5 autres écrits identifiés à partir de *Google Scholar*, et 4 autres articles identifiés dans les listes bibliographiques des articles que l’on pourrait qualifier d’articles de références. Au final, ces 81 articles ont été les textes de base à partir desquels nous avons réalisé la revue de littérature qui sera présentée dans le reste de ce chapitre.

Tableau 3

Sources des écrits identifiés

SOURCES	NOMBRE D'ÉCRITS IDENTIFIÉS
Bases de données :	
• Proquest	264
• ScienceDirect	79
• Doublons	38
• Sous-total des articles retenus des deux bases	305
Moteur de recherche :	
• Google Scholar	5
Recherche manuelle :	
• Bibliographie des articles importants	4
Nombre final d'écrits retenus après vérification des critères d'inclusion / exclusion	81

2.3. Définitions des principaux concepts et autres considérations conceptuelles

Dans l'économie du savoir où opèrent les entreprises actuellement, la rude concurrence et les turbulences environnementales amènent continuellement les entreprises à réviser leurs processus d'innovation et à renouveler leurs technologies dans le but de gagner en flexibilité et en efficience, et ainsi devenir plus performantes (Greis, 1995; Hidalgo et Albors, 2008).

Cependant, une entreprise qui décide d'adopter de nouvelles technologies s'expose à des risques importants associés à des enjeux techniques, économiques et même sociaux, qui peuvent occasionner un désalignement entre l'utilisation planifiée et efficace de la nouvelle technologie et l'écart d'assimilation de cette technologie (Bruno Rossi et al., 2011). Cet écart d'assimilation a été évoqué dans la littérature, notamment dans la théorie d'adoption de l'innovation (TIA) qui sera abordée ultérieurement (Fichman et al., 1999; Bruno Rossi et al., 2011).

Cette problématique est présente dans toutes les organisations, indépendamment des secteurs d'activité où elles opèrent. En effet, et malgré les différences en termes d'avancement technologique entre ces secteurs, la finalité recherchée par l'adoption de nouvelles technologies demeure la même, soit la quête d'une efficience plus grande. Dans cet ordre d'idées, Baldwin et Sabourin (2002) ont montré que l'adoption de nouvelles technologies de pointe est associée à une croissance accrue de la productivité du travail et de la part du marché des entreprises manufacturières au Canada. Plusieurs autres chercheurs ont montré que l'évolution des attentes des clients en termes de qualité, de fiabilité, de prix, et de personnalisation des produits a fait en sorte que les technologies deviennent rapidement obsolètes et incapables de répondre à ces attentes (Wind et Rangaswamy, 2001; Kumar et Desmukh, 2006; Da Silveria et Fogliatto, 2005; Dolage et Sade, 2012).

Toutefois, les secteurs d'activité où opèrent les entreprises diffèrent de manière significative en ce qui a trait au rythme d'adoption des nouvelles technologies. Ainsi, les

industries caractérisées par un niveau d'intensité technologique (technology intensiveness) élevé ont un rythme plus rapide d'adoption de nouvelles technologies, comparativement aux secteurs à faible ou moyenne intensité technologique (Weiss et Heide, 1993; Higgins et Rodriguez, 2006; Ransbotham et Mitra, 2010).

Pour ce qui est de la variation dans l'utilisation des technologies de pointe, plusieurs auteurs ont insisté sur le fait que cette variation dépend de leurs degrés d'efficacité, leurs coûts et leur caractère indispensable ou non selon le secteur d'activité où opère l'entreprise. Par exemple, certaines technologies sont communes à toutes les industries telles que les systèmes de planification des ressources d'entreprises (ERP) qui peuvent être utilisées indépendamment du secteur d'activité ou de la taille (Alexis, 2008; Jaiswal et Vanapalli, 2008; Parthasarathy et Anbazhagan, 2006; Annamalai et Ramayah, 2011). Par contre, certaines technologies de pointe sont plus spécifiques à certaines industries, voire même à certains départements au sein d'une même entreprise. Par exemple, les systèmes de production automatisés (AMT) sont particulièrement utilisés dans les départements de production des entreprises manufacturières en vue de réduire les coûts de production et d'augmenter l'efficacité (Percival, 2009).

Dans le présent mémoire, il sera particulièrement question des technologies de pointe qualifiées dans la littérature de technologies complexes, dont le coût d'implantation est généralement exorbitant, et qui sont spécifiques au secteur manufacturier.

2.3.1. Les technologies de pointe dans le secteur manufacturier

Deux grandes catégories de technologies émergent de la revue de littérature que nous avons effectuée : les technologies de fabrication flexible et les systèmes de production automatisés. Ces deux catégories seront abordées dans les sous-sections suivantes.

2.3.1.1. Les technologies de fabrication flexible

Les technologies de fabrication flexible (FMT) sont parmi les technologies propres au secteur manufacturier. Ce sont des technologies sophistiquées, des machines et des outils de pointe avec des systèmes de mouvement de matériel automatisé par des contrôleurs.

L'utilisation des FMT offre des avantages importants aux entreprises tels que l'amélioration de la qualité des produits, la réduction de la durée des cycles de livraison et la réduction des stocks (Maffei et al., 1994). Ces avantages expliquent en grande partie que, de nos jours, l'utilisation de ces technologies connaît une expansion très rapide dans le secteur de la fabrication.

Toutefois, et à l'instar de tout processus d'adoption d'une nouvelle technologie, l'implantation des FMT présente des exigences et engendre des enjeux. Tout d'abord, cette implantation nécessite une grande expertise technique pour en tirer tous les bénéfices potentiels. Ensuite, l'adoption des FMT nécessite la mise en place d'un système de soutien organisationnel, et d'un système de planification de la FMT et de contrôle continu, assurant la coordination et l'intégration de cette technologie avec les autres technologies au sein de tous les départements de l'entreprise (Maffei et al., 1994).

2.3.1.2. Les systèmes de production automatisés

Les systèmes de production automatisés (AMT) sont des machines et des outils qui servent à planifier et à contrôler les processus de production. Il s'agit notamment des technologies informatiques assistées par ordinateur (CAO), de la robotique, du codage à barres et des autres techniques d'identification automatisées. L'utilisation de ces technologies de pointe a connu un essor spectaculaire au cours des dernières décennies et cela, malgré les coûts importants que ces technologies occasionnent (Percival, 2009). En effet, les ventes de ces AMT se situaient en 1998 entre 600 et 850 millions de dollars, avec

un rythme de croissance annuelle de 10 % (Frohlich, 1998). Cet engouement pour les AMT s'explique par leur apport en termes de gains en efficacité et de réduction des coûts (Percival, 2009; Gomez et Vargas, 2012; Scannell et al., 2012). Cela étant dit, les AMT sont également source de plusieurs problèmes, notamment les problèmes de complexité d'implémentation et d'intégration au sein de l'entreprise (Frohlich et Dixon, 1999). En effet, le succès de l'implémentation des AMT est tributaire de la satisfaction du principe de complémentarité entre les AMT, c'est-à-dire la combinaison adéquate des technologies pour maximiser le profit et la productivité. Le respect de ce principe dépendrait de la taille de l'entreprise et du secteur où elle opère. Ainsi, pour certains auteurs dont Percival (2009), les petites entreprises ont généralement une structure plus organique et, par conséquent, peuvent s'adapter plus rapidement pour exploiter la flexibilité accrue offerte par les AMT. Les combinaisons adéquates des AMT varient également en regard des secteurs d'activité. À ce chapitre, Percival (2009) a analysé la complémentarité entre les AMT dans le secteur manufacturier canadien selon le secteur d'activité : *«This analysis reveals the significant impact of the industry effect on the complementarities exhibited between various forms of AMTs. Since each industry displays its own unique set of complementary pairings, analysis done using a high level of industry aggregation will result in misleading or inconclusive findings.»* (Percival, 2009 : 125). Cet auteur a également montré que l'impact du secteur industriel influe largement plus sur la combinaison des AMT adoptés par la firme que sa taille :

«The effect of plant size appears to be weaker than that of industry classification, demonstrating that the competitive environment and market pressures in which a plant operates have a significant effect on the combinations of AMT that should be implemented for a competitive advantage to be acquired.» (Ibid.).

Le Tableau 4 donne plus de détails sur les caractéristiques, les avantages, les départements au sein des entreprises directement concernés par l'utilisation de ces deux groupes de technologies (FMT et ATM), ainsi que certaines études clés qui ont traité de ces technologies.

Tableau 4

Caractéristiques des technologies FMT et AMT utilisées dans le secteur de fabrication

Nom de la technologie	Description de la technologie	Les avantages	Départements concernés	Auteurs clés
Les FMT	Les technologies de fabrication flexibles, technologies sophistiquées, les machines et outils de pointe avec des systèmes de mouvement de matériel automatisé par les contrôleurs de système.	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure efficacité • Réduction des coûts 	<ul style="list-style-type: none"> • Le département de production 	<ul style="list-style-type: none"> • Percival (2009) • Frohlich(1998) • Frohlich et Dixon (1999) • Gomez et Vargas (2012) • Scannell et al., (2012)
Les AMT	Les systèmes de production automatisés : machines et outils pour la planification et le contrôle des processus de production (les technologies informatiques assistées par ordinateur (CAO), la robotique, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité supérieure des produits • Cycles plus courts de livraison • Stocks réduits 	<ul style="list-style-type: none"> • Le département de production 	<ul style="list-style-type: none"> • Maffei et al., (1994) • Silveria et Fogliatto (2005) • Dolage et Sade (2012)

Le tableau 5 rapporte la classification de technologies de pointe dans le secteur manufacturier la plus fréquemment utilisée dans la littérature consultée. Il s'agit de celle de Baldwin et Lin (2002). Par exemple Scannell et al. (2012) et Becheikh et al. (2006), ont utilisé cette classification respectivement dans leur étude empirique sur les décisions d'adoption des AMT dans le secteur manufacturier américains, et pour expliquer l'innovation technologique des PME manufacturières au Canada.

Tableau 5

Classification des technologies de pointe dans le secteur manufacturier

Functional group	Technology	Description
<ul style="list-style-type: none"> Design and engineering 	<ul style="list-style-type: none"> Computer-aided design(CAD)/computer-aided engineering (CAE) CAD output to control manufacturing Digital representation of CAD output 	<ul style="list-style-type: none"> Use of computers for drawing and designing parts of products (CAD/CAE) Use of CAD output for controlling manufacturing machines Use of digital representation of CAD output for controlling manufacturing machines
<ul style="list-style-type: none"> Fabrication and assembly 	<ul style="list-style-type: none"> Flexible manufacturing cells/systems Numerically controlled computer/numerically controlled machines Materials working lasers Pick and place robots Other robots 	<ul style="list-style-type: none"> Machines with fully integrated material handling capabilities controlled by computers or programmable controllers A single machine numerically/computer-numerically controlled with/without automated material handling capabilities Laser technology used for welding, cutting, treating, scribing and marking A simple robot which transfers items from one place to another
<ul style="list-style-type: none"> Automated material handling 	<ul style="list-style-type: none"> Automated storage/retrieval systems Automated guided vehicle systems 	<ul style="list-style-type: none"> Computer-controlled equipment for automatic handling and storage of materials, parts, sub-assemblies or finished products Vehicle equipped with automatic guidance devices

Tableau 5 (suite)

Classification des technologies de pointe dans le secteur manufacturier

<ul style="list-style-type: none"> • Inspection and communications 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatic inspection equipment for incoming materials • Automatic inspection equipment for final products • Local area network for technical data • Local area network for factory use • Inter-company computer network • Programmable controllers • Computers used for control in factories 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatic sensor-based equipment used for inspecting or testing incoming or in-process materials • Automatic sensor-based equipment used for inspecting/testing final products • Use of local area network (LAN) to exchange technical data with design and engineering departments • Use of LAN to exchange information between different points on the factory floor • Networks connecting establishments with sub-contractors, suppliers and customers • Control device that has programmable memory for storage of instruction • Computers on the factory floor that may be dedicated to control, but which are capable of being reprogrammed for other functions
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturing information systems 	<ul style="list-style-type: none"> • Materials requirement planning • Manufacturing resource planning 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer-based production management and scheduling system to control order quantities, inventory and finished products • Computer-based production management of machine loading and production scheduling, as well as inventory control and material handling
<ul style="list-style-type: none"> • Integration and control 	<ul style="list-style-type: none"> • Computer integrated manufacturing • Supervisory control and data acquisition • Artificial intelligence/expert systems 	<ul style="list-style-type: none"> • All manufacturing processes are integrated and controlled by a central computer • On-line, computer-based monitoring and control of process and plant variables at a central site • A machine performing tasks normally attributed to human intelligence/the computerization of knowledge of experts in narrowly defined fields, e.g. fault finding

Source : Baldwin et Lin (2002): 3.

2.4. L'adoption des technologies de pointe

2.4.1. Introduction

L'adoption d'une nouvelle technologie peut se produire à deux niveaux : une adoption au niveau des consommateurs et une autre au niveau des organisations productrices de biens ou de services. La littérature abonde d'études qui ont porté sur l'adoption des technologies par les consommateurs (Frambacha et Schillewaert, 2002; Hayashi et Klee, 2003). Toutefois, dans la présente recherche, il sera question de l'adoption des technologies, plus particulièrement des technologies manufacturières de pointe, par les entreprises manufacturières.

La littérature consultée sur l'adoption des nouvelles technologies fait émerger la définition de Rogers (2003) comme étant la définition de référence sur cette thématique de recherche. Selon cette définition, «*adoption is a decision of "full use of an innovation as the best course of action available" and rejection is a decision "not to adopt an innovation"*» (Rogers, 2003: 177).

Cette littérature suggère aussi que le processus d'adoption diffère d'une technologie à une autre selon le degré de complexité et de sophistication technologique de l'innovation à implanter (Weiss et Heide, 1993; Vowles et al., 2011). Ceci est particulièrement le cas pour le secteur manufacturier qui fait appel de plus en plus à des technologies avancées sur les plans technique et technologique. En outre, le processus d'adoption d'une nouvelle technologie n'est pas systématique, dans le sens qu'il est très dépendant de la perception des entreprises qui peuvent décider d'adopter de manière précoce la technologie ou encore de retarder cette décision (Ransbotham et Mitra, 2010).

Pour mieux cerner la diversité des contextes d'adoption, nous présenterons dans les prochaines sous-sections les principaux modèles théoriques sur l'adoption des technologies.

2.4.2. Les différents modèles théoriques

Il existe une panoplie de modèles traitant des problématiques d'adoption et de diffusion des innovations et des technologies. Certains sont tout à fait originaux et apportent des contributions majeures par rapport aux modèles qui les précèdent, alors que d'autres suggèrent des améliorations ou tentent de combler certaines lacunes d'autres modèles existants.

De manière générale, ces modèles essayent d'expliquer la décision d'adopter ou non une ou plusieurs technologies par un ou des utilisateurs, en focalisant sur les facteurs explicatifs de cette décision. Ces modèles se distinguent aussi par l'importance différenciée qu'ils accordent à des catégories de variables explicatives au détriment d'autres. Ainsi, certains modèles insistent sur les facteurs organisationnels, d'autres sur les facteurs individuels, ou encore sur des facteurs technologiques, et finalement d'autres sur la combinaison de ces deux groupes de facteurs.

Dans ce travail, nous ne prétendons pas passer en revue tous les modèles existants sur l'adoption des innovations et des technologies, ce qui aurait nécessité la réalisation d'une revue systématique de la littérature vu le grand nombre de ces modèles, mais plutôt nous essayerons d'aborder les modèles les plus récurrents dans la littérature consultée et qui somme toute, semblent les plus importants.

Les différents modèles et théories qui ont traité de la problématique d'adoption des technologies se sont généralement intéressés aux étapes d'adoption et/ou aux facteurs affectant l'intention ou la décision d'adopter ou non.

Les articles consultés dans le cadre de la présente recherche ont permis de dégager sept modèles traitant de l'adoption des innovations ou des technologies de pointe, en l'occurrence les deux modèles classiques (Lewin, 1947, et Rogers, 1995), le modèle

d'acceptation de la technologie (TAM) de Davis (1989) avec ses deux versions TAM 1 et TAM 2, la théorie de diffusion de l'innovation (IDT) de Moore et Benbasat (1991), la théorie d'adoption de l'innovation (TIA) de Gallivan (2001) et la théorie du comportement planifié (TPB) de Ajzen (1985).

2.4.2.1. Les contributions de l'école classique d'adoption des technologies

Les contributions importantes de l'école classique d'adoption des technologies se sont cristallisées dans deux théories majeures qui ont marqué ce champ de recherche tant par leur utilisation directe que par le nombre de citations dans les modèles concurrents. Il s'agit de la théorie de Lewin (1947) et de Rogers (1962).

Lewin (1947) modélisa l'adoption des technologies en un processus de six étapes successives : i) l'initiation; ii) l'adoption; iii) l'adaptation; iv) l'acceptation; v) l'utilisation; et vi) l'intégration. L'étape d'initiation relève du management de l'organisation, les étapes d'adoption et d'adaptation touchent l'équipe de projet, et enfin les étapes d'acceptation, d'utilisation et d'intégration concernent les utilisateurs finaux.

Malgré qu'elle date de plusieurs décennies, cette théorie demeure importante et elle est encore utilisée dans les pratiques d'implémentation des systèmes sophistiqués, notamment les AMT dans le secteur manufacturier. En effet, les firmes opérant dans ce secteur ont tendance à suivre les mêmes étapes que celles proposées par cette théorie (Frohlich, 1998). Cependant, cette théorie focalise uniquement sur les étapes d'adoption et par conséquent, elle n'explique pas la décision d'adoption ou de non adoption des technologies, notamment le processus d'adaptation des technologies au sein de l'organisation (Barton, 1988; Frohlich, 1998).

La deuxième théorie qui s'inscrit dans le courant classique des théories d'adoption des technologies est celle de la diffusion des innovations de Rogers, développée dans son livre : *Diffusion of Innovations* dont la première édition remonte à 1962 et qui en était en 2003 à sa 5e édition. Cette théorie est très sollicitée par les chercheurs intéressés par la

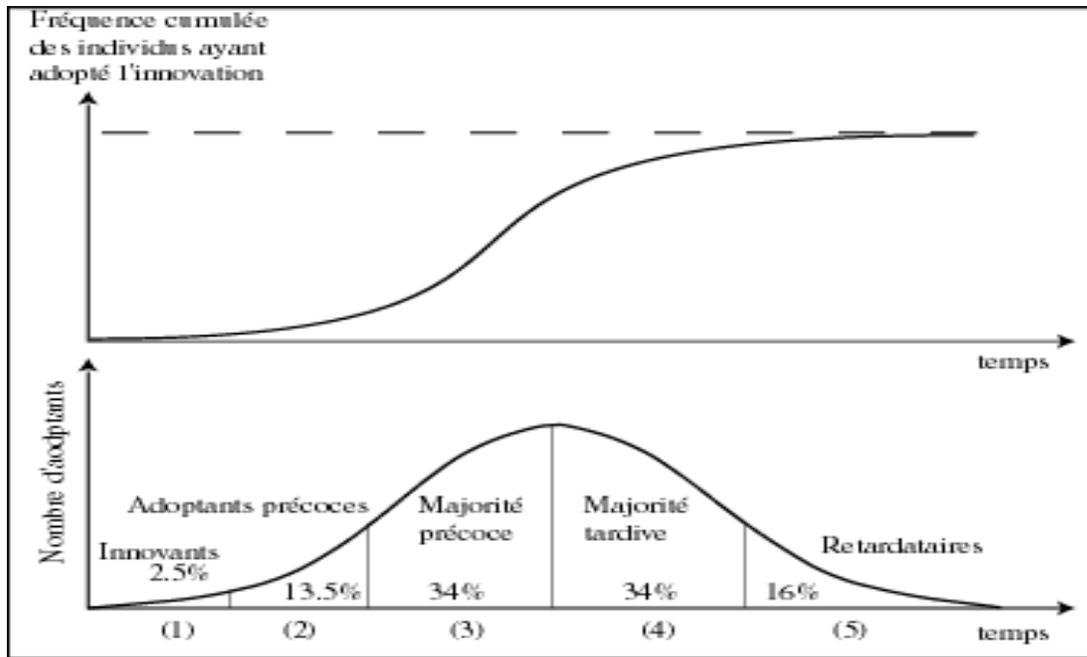
thématique de l'adoption et de la diffusion des innovations et des technologies. Son originalité réside, entre autres, dans sa capacité à expliquer la diffusion et l'adoption d'une innovation ou d'une technologie, quelles que soient sa nature et son domaine, telles que les innovations technologiques, organisationnelles ou managériales, et cela dans divers champs d'application (entreprises privées, santé, génie, etc.) (Chau et Tam, 1997).

Deux thèses principales sont associées à cette théorie. Premièrement, une innovation ou une technologie se diffuse dans la société en suivant un processus qui atteint différentes catégories de consommateurs ou d'utilisateurs potentiels, des plus enthousiastes jusqu'aux plus réticents face à l'innovation ou à la technologie. Rogers (1995) a illustré ce processus par une courbe de diffusion qui distingue entre les différents profils de consommateurs ou d'utilisateurs potentiels correspondant aux différentes phases du processus d'adoption. Plus spécifiquement, Rogers propose une typologie distinguant entre cinq types d'adoptants d'innovation :

- Les ***innovateurs*** : ils sont à l'affût de toutes les nouveautés. Ils seront donc les premiers à adopter un nouveau produit ou une nouvelle technologie. Selon Rogers, ils représentent environ 2,5 % de la population d'utilisateurs potentiels;
- Les ***adoptants précoces*** : ils affichent des caractéristiques proches des innovateurs, tout en étant davantage liés au reste de la population. L'atteinte de cette portion de la population d'utilisateurs potentiels est capitale pour le succès d'une innovation. En effet, les atteindre permet d'obtenir une masse critique d'utilisateurs puisque, selon Rogers, ils représentent environ 13,5 % de la population, mais également c'est dans cette tranche de la population que l'on trouve le plus de leaders d'opinion qui peuvent influencer le comportement des autres utilisateurs potentiels;
- La ***majorité précoce*** : il s'agit de la tranche de la population des utilisateurs potentiels qui adoptent l'innovation seulement lorsque celle-ci a déjà fait ses preuves et atteint des niveaux de prix moins élevés. Ils représentent 34 % de la population;
- La ***majorité tardive*** : cette catégorie est composée de ceux qui adoptent l'innovation lorsque la majorité de la population en est déjà équipée. Ils représentent 34 % de la population;

- Les *retardataires* : ils sont plutôt averse au risque et leurs contraintes financières ne leur donnent accès aux innovations que quand elles atteignent des niveaux de prix faibles. Ils représentent environ 16 % de la population d'utilisateurs potentiels.

Figure 1 : Courbe de diffusion de l'innovation de Rogers



D'après Rogers, 1995

Rogers procède aussi à l'analyse des comportements de ces différents types d'adoptants (Rogers 1962 : 152). Il développa un modèle théorique de diffusion des innovations au sein des organisations. Il importe à ce moment de préciser que Rogers ne fait pas la distinction entre les notions de technologie et d'innovation. Il semble les utiliser de manière interchangeable.

Ce modèle définit la diffusion comme un processus par lequel l'innovation est communiquée à travers certains canaux, au fil du temps, aux membres du système social (Rogers 1962 : 5). Selon cette conception, l'innovation, les canaux de communication, le

temps et enfin le système social représentent les quatre éléments clés composant ce processus de diffusion de l'innovation.

- **L'innovation** : c'est une idée, une pratique, ou un projet perçu comme nouveau par l'unité d'adoption (Rogers, 2003). Cette idée, pratique ou projet peut exister ailleurs depuis longtemps, mais demeure une innovation pour l'unité d'adoption si les membres de cette unité la perçoivent comme nouvelle. Le caractère de nouveauté est évalué par les membres de l'unité d'adoption en regard du nouveau savoir encasté (embedded) dans cette innovation. L'adoption ou non de cette innovation dépend aussi du degré d'incertitude qui l'accompagne à l'intérieur de l'organisation, tant au niveau individuel qu'au niveau du système social où elle gravite (Rogers, 2003 : 436).
- **Les canaux de communication** : la communication désigne un processus avec lequel les participants créent et partagent les informations dans le but d'une compréhension mutuelle (Rogers, 2003). L'utilité principale de ces canaux de communication est d'assurer la transmission du message de la source (individu ou institution) vers le récepteur. Donc, selon Rogers, la diffusion représente une forme de communication bien spécifique reliant, par l'innovation, deux individus ou unités d'adoption.
- **Le temps** : il s'agit d'un facteur généralement ignoré dans les recherches antérieures, et cela malgré le fait qu'il joue un rôle important lors du processus d'adoption.
- **Le système social** : Rogers (2003) le définit comme un ensemble d'unités en interaction, engagées dans un processus de résolution d'un problème et poursuivant un but en commun.

Pour bien expliquer le phénomène d'adoption des innovations au sein des différentes organisations, Rogers propose un processus qu'il qualifie de processus décision/innovation.

Ce processus est défini comme une recherche d'information et ensuite le traitement de cette information lorsque l'individu cherche à réduire les incertitudes concernant les avantages et les désavantages d'une innovation. Plus spécifiquement, le processus décision/innovation, proposé par Rogers, se compose de cinq étapes : le savoir, la conviction (persuasion), la décision, l'implémentation, la confirmation.

- **Le savoir** : dans cette étape, les individus apprennent l'existence de l'innovation et cherchent les informations qui la concernent. Selon Rogers (2003), le savoir recherché est de trois types : i) la conscience-savoir qui désigne le savoir à propos de l'existence de l'innovation, ce qui pourrait encourager l'individu à chercher à en savoir plus en ce qui la concerne; ii) le «comment savoir» qui contient l'information concernant l'utilisation adéquate de cette innovation, ce qui pourrait accroître les chances de son adoption. Ce type de savoir est plus critique dans le cas des innovations complexes; et iii) les principes-savoir qui incluent les principes de fonctionnement, en d'autres termes pourquoi il est pertinent d'adopter cette innovation et de manière pratique comment elle fonctionne.
- **La conviction** : cette étape se produit lorsque l'individu manifeste une attitude négative ou positive à l'endroit de l'innovation, mais cette attitude ne conduit pas directement au refus ou à l'acceptation de cette innovation (Rogers, 2003 : 176).
- **La décision** : au cours de cette étape, la décision d'adopter ou non l'innovation est prise. Si elle est adoptée, l'innovation va faire l'objet d'essais à une échelle restreinte par l'adoptant, avant de généraliser son adoption. Par contre, la décision de ne pas adopter peut survenir à n'importe quel stade du processus décision/innovation. Rogers distingue entre deux types de refus : le rejet actif et le rejet passif. Le premier survient lorsque l'adoptant essaye l'innovation et pense l'adopter, mais en fin de compte il décide de ne pas l'adopter. Le second désigne la situation où l'adoptant potentiel refuse d'adopter l'innovation dès le départ.

- **L'implémentation** : dans cette étape, l'innovation est désormais active. Elle apporte de la nouveauté qui, à son tour, génère de l'incertitude quant aux résultats escomptés tout le long du processus de diffusion. Son implantation devient donc tributaire du niveau d'assistance technique mobilisée pour atténuer cette incertitude. Au niveau de ce stade, il arrive souvent que l'innovation est «réinventée», c'est-à-dire changée ou modifiée par les utilisateurs durant le processus d'implantation.
- **La confirmation** : la décision d'innovation a été déjà prise et l'adoptant cherche le support de sa décision, et selon sa capacité à faire adhérer d'autres parties prenantes à sa décision, l'adoption est confirmée ou avortée.

Rogers traite aussi les différents attributs de l'innovation susceptibles d'affecter la décision d'adopter ou non l'innovation, en l'occurrence l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, l'essaiabilité et l'observabilité. Ces facteurs seront abordés plus en détails ultérieurement dans la section dédiée aux déterminants de l'adoption. Toutefois, on peut d'ores et déjà mentionner que ces facteurs ne touchent que l'aspect technologique de l'innovation, ce qui constitue l'une des limites de ce modèle qui évacue d'autres déterminants susceptibles d'agir sur la décision d'adoption. Parmi les déterminants absents de la théorie de Rogers, Moore et Benbasat (1991; 1996) ont identifié, dans deux études successives portant sur l'adoption des technologies informatiques par les entreprises, que l'image qui désigne le degré auquel l'utilisation de l'innovation améliore le statut social de l'individu, le caractère volontaire d'adoption de la technologie et les normes et pressions sociales se conjuguent aux cinq dimensions de Rogers pour expliquer l'adoption des technologies.

Plusieurs autres études subséquentes ont apporté des extensions à la théorie de Rogers en introduisant les dimensions organisationnelles et environnementales dans la décision d'adoption (Damapour, 1991; Ravichandran, 2005), ou encore la prise en compte des connaissances de la haute direction et son rôle dans les décisions stratégiques de la firme (Armstrong et Sambamurthy, 1999; Ravichandran, 2005). Ces déterminants seront

également abordés ultérieurement dans la section dédiée aux facteurs explicatifs de l'adoption des technologies.

2.4.2.2. Le modèle d'acceptation de la technologie de Davis (1989)

Le modèle d'acceptation de la technologie (TAM), qui a été proposé par Davis en 1989, est un modèle fréquemment mis à profit dans les études portant sur l'adoption des technologies et des innovations (Plewa et al., 2012).

Contrairement aux modèles classiques, le TAM s'intéresse aux caractéristiques individuelles des utilisateurs potentiels d'une technologie ou d'une innovation susceptibles d'influencer la décision d'adopter ou non cette technologie (ou innovation), et cela en décortiquant les perceptions et les croyances individuelles de l'utilisateur à son endroit. Le modèle TAM est également généralisable dans différents contextes (Plewa et al., 2012), ce qui explique l'étendue de son utilisation. En effet, plusieurs chercheurs estiment que le TAM est le modèle le plus robuste et le plus à même d'expliquer le comportement de l'adoption de la technologie (Elliot et Loebbecke, 2000; Venkatesh et al., 2003; Rao Hill et al., 2011; Plewa et al., 2012).

Le TAM se concentre essentiellement sur deux croyances fondamentales de l'utilisateur potentiel, à savoir : l'utilité perçue et la facilité perçue d'utilisation de la technologie ou de l'innovation. Ces deux croyances jouent un rôle primordial dans l'explication des attitudes et des intentions des utilisateurs envers l'adoption ou non des nouvelles technologies et innovations.

- **L'utilité perçue** est définie comme le degré auquel une personne croit que l'utilisation d'une technologie ou d'une innovation donnée augmentera la productivité du travail et par conséquent, la performance au sein de son organisation d'affiliation (Davis, 1989 : 14).

En effet, plusieurs recherches empiriques sur la thématique de l'adoption des nouvelles technologies suggèrent que la technologie qui n'aide pas les individus à mieux effectuer leurs tâches est peu susceptible d'être adoptée (Venkatesh et Davis, 2000; Fang et al., 2005; Plewa et al., 2012;). Entre autres, Davis (1989) et Dwivedi et al. (2009) ont montré l'existence d'un effet direct positif entre l'utilité d'une technologie et l'intention de son adoption par les utilisateurs auxquels elle est destinée.

- **La perception de la facilité d'utilisation** renvoie au degré avec lequel une personne croit que l'utilisation d'une nouvelle technologie ne nécessite pas d'efforts physiques et mentaux importants : «*The degree to which an individual believes that using a particular system would be free of physical and mental effort.*» (Moore et Benbasat, 1991 : 197).

Dans le premier cas, Rogers insiste sur la complexité technologique, ce qui est compatible avec la première dimension du TAM à savoir la facilité d'utilisation, vu que la complexité détermine la difficulté perçue de l'utilisation (Cheng et Cho, 2010; Lewis et al. 2010). Dans le deuxième cas, Davis met l'accent sur le concept d'utilité, ce qui converge vers la dimension de l'avantage relatif avancée par Rogers, qui désigne la perception de la supériorité de la nouvelle technologie par rapport à celle qui la précède. Ceci rejoint l'idée de l'utilité de la nouvelle technologie par rapport à l'ancienne (Cheng et Cho, 2010; Lewis et al., 2010; Plewa et al., 2012).

Cependant et à l'instar de tous les autres modèles, le modèle TAM souffre de certaines limites. Les deux plus importantes sont, premièrement, son exclusion de la possibilité que des facteurs de contrôle, tels que les facteurs institutionnels et sociaux puissent influencer sur la décision d'adoption d'une nouvelle technologie et, deuxièmement, sa concentration principalement sur les facteurs individuels et leur influence sur la décision d'adoption (Elliot et Loebbecke, 2000).

Ces limites ont été à l'origine du modèle TAM révisé (TAM2) de Venkatesh et Davis (2000). Le TAM 2 est une extension du TAM qui tente d'expliquer l'utilité perçue et

l'intention d'utilisation en termes d'influence sociale et de processus cognitifs instrumentaux. Plus spécifiquement, le TAM 2 reprend le concept de perception de la facilité d'utilisation du modèle originel et approche de manière différente le concept d'utilité perçue. Pour appréhender cette dernière, le TAM 2 propose trois construits sociaux supplémentaires pouvant influencer la décision d'adoption, soit la norme subjective, le caractère volontaire et l'image.

- **La norme subjective** réfère à l'idée qu'une personne pourrait adopter un comportement donné sous l'influence de personnes qui sont importantes pour lui ou en qui il a confiance (Fishbein et Ajzen, 1975; Ajzen, 1991). Dans cet ordre d'idées, Morris, et Venkatesh (2000 : 377) mentionnent que : *«In the context of technology usage, subjective norm has manifested itself as peer influence and superior influence»*.
- **Le caractère volontaire** : c'est le degré avec lequel les adoptants potentiels perçoivent la décision d'adoption comme étant non obligatoire, en d'autres termes le degré de contrôle qu'ils ont sur cette décision (Agarwal et Prasad, 1997; Hartwick et Barki, 1994; Moore et Benbasat, 1991; Venkatesh et Davis, 2003).
- **L'image et l'influence sociale** : Moore et Benbasat (1991 : 195) ont défini l'image en tant que *«the degree to which use of an innovation is perceived to enhance one's image or status in one's social system»*. Certains chercheurs, dont Rogers (1983), soutiennent que le désir des individus d'accéder à un statut social plus élevé constitue l'une des motivations principales pour ces individus pour adopter des innovations : *«undoubtedly one of the most important motivations for almost any individual to adopt an innovation is the desire to gain social status»* (Rogers, 1983 : 215).

2.4.2.3. La théorie de diffusion de l'innovation de Moore et Benbasat (1991)

Le modèle de diffusion de l'innovation (IDT) de Moore et Benbasat (1991) puise ses fondements de la théorie de Rogers et du modèle TAM de Davis (1989). Il intègre, d'une part, les cinq dimensions énoncées par Rogers (l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, l'essaiabilité et l'observabilité) et, d'autre part, considère qu'à travers les systèmes sociaux et les processus comportementaux, les gens adoptent les nouvelles technologies (Nan et al., 2008; Cheng et Cho, 2010). Par exemple, la dimension de l'avantage relatif de Rogers, aussi étroitement liée à la première croyance du TAM (utilité perçue), est évoquée par l'IDT, étant donné que cet avantage relatif désigne la perception de la supériorité de la nouvelle technologie par rapport à la technologie en cours d'utilisation. En outre, l'IDT reprend la seconde dimension du modèle de Rogers, à savoir l'idée de la complexité de l'innovation ou de la technologie, qui se retrouve aussi dans la seconde croyance du TAM, soit la facilité d'utilisation (Cheng et Cho, 2010; Koenig-Lewis et al., 2010).

L'idée de base de ce modèle est que les différences entre les perceptions des utilisateurs potentiels d'une technologie donnée vont conduire à différents comportements d'adoption de cette technologie, et cela en fonction des caractéristiques perçues de la technologie qui peuvent être affectées par différents facteurs, notamment le caractère volontaire de l'adoption, la perception par l'adoptant de l'impact de l'adoption sur son image, l'avantage relatif, la compatibilité, la facilité d'utilisation, l'essaiabilité (Trialability) et la démontrabilité des résultats (Moore et Benbasat, 1991, cités par Nan et al., 2008 : 307). Moore et Benbasat (1991) proposent, dans leur étude portant sur les perceptions qui déterminent l'adoption des innovations dans le domaine des technologies de l'information, des construits validés pour mesurer les différents facteurs abordés précédemment.

2.4.2.4. La théorie de l'adoption de l'innovation de Gallivan (2001)

Le modèle suivant, abordé dans le cadre de cette recension des écrits, est celui de l'adoption de l'innovation (TIA), proposée en 2001 par Gallivan. Contrairement au TAM qui met l'accent essentiellement sur l'utilisateur potentiel de la technologie, le modèle de TIA insiste sur le processus de décision conduisant à l'adoption ou non de la technologie et les acteurs qui y sont impliqués. Ce processus est structuré en deux étapes :

- La décision primaire d'adoption au niveau stratégique, étape au cours de laquelle une sélection et une évaluation de la technologie sont effectuées;
- Une décision secondaire d'adoption qui consiste à adopter la technologie et à répandre son utilisation au sein des différents membres de l'organisation (Gallivan, 2001; Bruno Rossi et al., 2011).

Il importe cependant de mentionner que ces deux étapes ne sont pas nécessairement alignées (Bradford et Florin, 2003; Straub et al., 1995; Legris et al., 2003; Rossi et al., 2011), puisqu'une décision d'adoption d'une technologie peut être prise à la première étape, et qu'à la seconde étape, des barrières techniques et/ou sociales pourraient stopper le processus d'adoption (Cooper et al., 1990; Sharp, 2007; Bruno Rossi et al., 2011).

2.4.2.5. La théorie du comportement planifié d'adoption technologies d'Ajzen (1985)

Le dernier modèle à étudier dans le cadre de cette recension des écrits est celui du comportement planifié (TPB) d'Ajzen (1985). Le TPB est dérivé de la théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975; Ajzen et Fishbein, 1980; Ajzen, 1991) et qui, à la base, traite des intentions sous-jacentes à un comportement en général (Fishbein et Ajzen, 1975). Il a été sollicité par plusieurs auteurs pour expliquer la décision d'adoption des technologies par les organisations (Davis et al., 1989; Scannell et al., 2012).

Le TPB postule que trois croyances indépendantes conduisent à l'adoption d'un comportement donné : i) les croyances comportementales concernant les résultats ou les impacts potentiels résultant du comportement en question et qui conduisent à une attitude positive ou négative à l'égard de ce comportement; ii) les croyances normatives concernant les attentes des référents essentiels, ce qui influence la norme subjective perçue (la pression sociale) du décideur, pour s'engager ou non dans ce comportement; et iii) les croyances de contrôle relatives à l'évaluation des facteurs qui favorisent ou entravent potentiellement l'adoption d'un comportement, ce qui prédira le niveau relatif du contrôle comportemental perçu (Fishbein et Ajzen, 1975; Ajzen, 1991).

Donc, de manière générale, appliqué au cas de l'adoption d'une nouvelle technologie, ce modèle suggère qu'une attitude favorable de la part de l'utilisateur potentiel à l'endroit de la technologie en question, des référents sociaux qui sont également en faveur de l'adoption de cette technologie, couplés à un degré élevé du contrôle de l'utilisateur potentiel, c'est-à-dire la perception de sa capacité à maîtriser la nouvelle technologie et à l'intégrer de manière efficace dans ses activités quotidiennes, augmentent la probabilité d'adoption de cette technologie (Fishbein et Ajzen, 1975; Ajzen, 1991).

Récemment, Scannell et al. (2012) ont utilisé le modèle TPB pour expliquer la décision d'adopter les technologies de pointe dans le secteur manufacturier aux États-Unis. Ils ont montré que l'intention d'adopter une nouvelle technologie peut être prédite en prenant en compte la perception qu'une activité innovatrice est souhaitée, supportée par des normes sociales, et qu'elle est facile à utiliser par les adoptants potentiels.

Le tableau 6 présente succinctement ces différents modèles et récapitule leurs principaux apports et limites.

Tableau 6 : Synthèse des principales théories et modèles de l'adoption des technologies

Théorie/Modèle	Auteur / Année	Les avantages	Les inconvénients	Extension
La théorie classique de changement organisationnel	Lewin (1947)	<ul style="list-style-type: none"> • Présentation des étapes d'implémentation de façon claire; • Utilisée jusqu'à aujourd'hui. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cette théorie n'aborde pas les facteurs explicatifs de la décision. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oui : une extension par les travaux de Kwon et Zmud (1987).
La théorie classique de diffusion de l'innovation	Rogers (1961)	<ul style="list-style-type: none"> • Classification des groupes d'adoptants; • Le processus décision/innovation. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'absence de la dimension individuelle dans la prise d'une décision 	<ul style="list-style-type: none"> • Oui : une première extension par les travaux de Damapour (1991); • Une seconde extension par Armstrong and Sambamurthy (1999).
Le modèle d'acceptation de la technologie : le TAM	Davis (1989)	<ul style="list-style-type: none"> • Un modèle qui traite les caractéristiques individuelles. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'exclusion de la possibilité d'influence des facteurs de contrôle institutionnel, social et personnel 	<ul style="list-style-type: none"> • Oui : une extension par Venkatesh et Davis (2000).
Le modèle d'acceptation de la technologie 2 : le TAM 2	Venkatesh et Davis (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • L'ajout d'une dimension relationnelle entre les concepts d'utilité et de facilité; • L'ajout des construits sociaux et des processus cognitifs instrumentaux. 	---	<ul style="list-style-type: none"> • Non

Tableau 6 (suite) : Synthèse des principales théories et modèles de l'adoption des technologies

Théorie/Modèle	Auteur / Année	Les avantages	Les inconvénients	Extension
La théorie de diffusion de l'innovation : IDT	<ul style="list-style-type: none"> Moore et Benbasat (1991) 	<ul style="list-style-type: none"> Avec l'intégration des cinq dimensions de Rogers, et son rapprochement et la compatibilité prouvés avec le TAM, ce fait que ce modèle est applicable dans divers contextes. 	<ul style="list-style-type: none"> Ce modèle n'ajoute pas de concept nouveau, ne fait qu'intégrer des concepts et des dimensions existants 	<ul style="list-style-type: none"> Non
<ul style="list-style-type: none"> La théorie d'adoption de l'innovation : TIA 	<ul style="list-style-type: none"> Gallivan (2001) 	<ul style="list-style-type: none"> Structuration du processus décisionnel en deux étapes; Intégration des caractéristiques individuelles et aussi des facteurs techniques ou sociaux. 	<ul style="list-style-type: none"> L'étude de Gallivan (2001) n'a pas encore fait l'objet d'extension pour en dégager les limites 	<ul style="list-style-type: none"> Non
<ul style="list-style-type: none"> La théorie du comportement planifié : TPB 	<ul style="list-style-type: none"> Ajzen (1985) 	<ul style="list-style-type: none"> Intégration de la dimension individuelle(PCI); Décortication du comportement d'adoption selon trois dimensions; Les méta-analyses réalisées sur le TPB montrent qu'il a un fort pouvoir prédictif et robuste (Scannell et al., 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> Le modèle contient des erreurs de mesure, car l'intention et le comportement ne présentent que rarement une fiabilité supérieure à 0,75 ou 0,80. (Ajzen, 2011). 	<ul style="list-style-type: none"> Non

2.5. Les déterminants de la décision d'adoption des innovations et des technologies

2.5.1. Introduction

La fréquence d'adoption d'une technologie varie d'une organisation à une autre et cela est le fruit d'une panoplie de facteurs organisationnels, individuels, technologiques et environnementaux, qui sont corrélés directement ou indirectement avec la décision d'adopter ou de ne pas adopter. Les déterminants qui seront abordés dans la présente section découlent des écrits que nous avons retenus selon la stratégie de localisation des écrits décrite précédemment. Ces déterminants sont de deux ordres : les déterminants internes qui renvoient aux facteurs de type organisationnel et ceux de type individuel, aussi qualifiés de facteurs propres à l'organisation (contrôlables); et les déterminants externes, notamment les facteurs propres à la technologie, dits facteurs technologiques, et les facteurs reliés à l'environnement où l'organisation opère (facteurs environnementaux).

Cette taxonomie des facteurs se retrouvent dans plusieurs études dont celle de Chui et Curtis (2010) qui ont montré, suite à une enquête auprès de 312 membres de la IMA (association américaine dédiée à l'autonomisation des comptables et professionnels financiers dans leurs entreprises), que l'adoption d'une innovation, un système de gestion continue des comptes dans ce cas, dépend des caractéristiques de la technologie, notamment le degré de sa complexité, des caractéristiques organisationnelles, des caractéristiques individuelles, et finalement de l'influence sociale qui prévaut dans son environnement.

2.5.1.1. Les facteurs organisationnels

Cette catégorie comporte des facteurs dits facilitateurs, qui favorisent l'adoption, et d'autres qualifiés de barrières à l'adoption ou à l'utilisation efficace des technologies.

Ces facteurs sont liés principalement à la structure et à la stratégie de l'organisation. Par exemple, une politique organisationnelle, qui favorise la participation des différents départements dans les étapes de la planification stratégique, favorisera l'adoption des innovations. Dans cet ordre d'idées, Udo et Ehie (1996) ont montré que le niveau de communication entre les départements au sein d'une organisation est positivement corrélé avec l'engagement des départements dans le processus d'adoption des innovations. Pour leur part, Maffei et Meredith (1994) ont montré que le déploiement d'une stratégie d'intégration des nouvelles technologies de fabrication dans les différents départements d'une organisation permet de profiter pleinement des avantages de ces technologies. Finalement, Small et Yasin (1997), cités par Percival (2009), concluent, dans leur étude portant sur l'adoption des technologies basées sur la robotique dans les entreprises manufacturières (AMT), que la mise en place d'une équipe de gestion de projet chargée de l'implantation et de l'intégration de ces technologies augmente de manière significative la probabilité de succès de l'adoption.

Un autre facteur organisationnel qui revient de manière récurrente dans la littérature consultée est la taille de l'entreprise. Cette variable est souvent présentée comme un bon prédicateur d'adoption technologique. En effet, plusieurs études la considère comme un facteur facilitateur de l'adoption des nouvelles technologies, alors que certaines la voit plutôt comme une entrave à l'adoption. Ainsi, plusieurs auteurs soutiennent que la taille facilite l'adoption de la technologie en raison des économies d'échelle dont jouissent les grandes entreprises (Germain, 1993; Blau et al., 1976; Zmud, 1982; Damanpour 1987; Becheikh et al., 2006; Amara et al., 2010). Dans le même ordre d'idées, Fichman (2004 : 315) a expliqué cette relation positive entre la taille et la propension des entreprises à adopter de nouvelles technologies par le fait que les grandes entreprises sont généralement plus diversifiées, sont dotées d'une plus grande expertise technique, sont généralement dirigées par des gestionnaires favorables aux nouvelles technologies, et opèrent dans des contextes plus concurrentiels qui créent des pressions en faveur de l'adoption de nouvelles technologies plus performantes. En revanche, certains auteurs soutiennent que les petites entreprises, plus flexibles et caractérisées par des structures plus organiques, peuvent être plus enclines à adopter les nouvelles technologies que les

grandes entreprises dont les pratiques et les routines organisationnelles sont plus difficiles à changer (Meredith, 1987).

D'autres auteurs ont pointé l'importance des ressources organisationnelles, humaines et matérielles dans le processus décisionnel d'adoption de nouvelles technologies. Ainsi, Gomez et Vargas (2012) ont montré que plus le personnel d'une firme est qualifié, plus il est susceptible de chercher à utiliser de nouvelles technologies. La qualification du personnel renvoie à la compétence des employés, à leur niveau d'expérience, et à leur polyvalence.

Toujours en ce qui a trait aux ressources organisationnelles, Scannell et al. (2012) ont montré empiriquement que la compatibilité technologique influence positivement la décision d'adoption, les AMT dans le cas spécifique de leur étude. Cette compatibilité technologique se compose de deux dimension : un haut degré de confiance que les AMT sont compatibles avec les opérations et les pratiques en vigueur au sein de l'entreprise, et que l'entreprise croit en la disponibilité des ressources nécessaires pour l'implantation et l'intégration de la technologie; et surtout sa conviction d'avoir les ressources humaines compétentes pour réussir les processus d'adoption et d'intégration de la nouvelle technologie.

Cette thèse de compatibilité technologique se retrouve d'ailleurs dans plusieurs autres travaux dont ceux de Rogers (1983), Robinson (1988), et Denrell et al. (2003) qui suggèrent que le succès d'un processus d'adoption technologique est renforcé par l'expérience préalable de l'entreprise avec des technologies reliées ou connexes. Dans la même lignée d'idées, Gomez et Vargas (2012) ont montré que les firmes détenant plus de ressources technologiques sont plus susceptibles d'adopter des nouvelles technologies, car leurs stocks de connaissances accumulées leur permettent de mieux combiner les nouvelles technologies avec les technologies déjà implantées.

La théorie d'Attewell (1992) fait référence aussi à cette idée de compatibilité technologique en l'abordant sous l'angle de la capacité d'absorption. Cette théorie a

essayé d'expliquer comment les obstacles de connaissances peuvent s'avérer des facteurs critiques de dissuasion pour l'adoption de nouvelles technologies.

La revue de littérature effectuée dans le cadre de ce mémoire a permis de relever d'autres déterminants organisationnels de la décision d'adopter des nouvelles technologies, notamment les ressources matérielles et immatérielles à la disposition de l'entreprise. Concernant les premières, Percival (2009) a trouvé, dans son étude portant sur l'adoption des AMT dans les entreprises manufacturières américaines, que les ressources matérielles que l'entreprise peut allouer pour une meilleure complémentarité entre les technologies en place et la nouvelle technologie à adopter, sont positivement corrélées avec le succès du processus d'adoption. Pour sa part, Kim (2011) a identifié les coûts d'acquisition et les coûts d'intégration d'une nouvelle technologie comme des obstacles importants et souvent décisifs quant à son adoption par l'entreprise. Dans le même ordre d'idées, plusieurs auteurs ont insisté sur l'importance des investissements consentis par l'entreprise à la recherche développement (R&D) en tant que facteur favorable à l'adoption des innovations et des nouvelles technologies (Dierickx et al., 1989; Gomez et Vergas, 2012). Pour ces auteurs, la R&D agit comme un ingrédient intangible qui contribue à l'accroissement de la base du savoir de l'entreprise, et donc fait en sorte qu'elle soit mieux outillée pour accueillir de nouvelles technologies. Pour leur part, des auteurs tels que Ravichandran (2005) et Vowles et al. (2011) soutiennent que les ressources immatérielles, notamment l'apprentissage organisationnel et le stock de connaissances au sein de l'organisation influent positivement sur la capacité d'absorption de l'organisation, et donc sur sa capacité d'assimilation de la technologie, et ultimement son adoption. La capacité d'une entreprise réfère à sa capacité à identifier la connaissance externe pertinente, reconnaître sa valeur, l'assimiler, la transformer et l'appliquer à des fins commerciales (Cohen et Levinthal, 1990; Zahra et George, 2002).

La vision de la haute direction de l'organisation et sa connaissance de l'innovation ou de la technologie à adopter constitueraient également des déterminants significatifs de la décision d'adopter ou non cette innovation ou cette technologie (Armstrong et Sambamurthy, 1999; Ravichandran, 2005).

Finalement, certains auteurs ont identifié le moment d'adoption (timing) d'une technologie comme un déterminant de son adoption ou non. De ce point de vue, les innovateurs et les adoptants précoces (selon la typologie de Rogers, 1965) auront plus de difficulté et éprouveront plus de problèmes techniques, ceci dû à leur manque de familiarité avec les nouvelles technologies, que les adoptants retardataires qui assumeront des coûts moindres et seront moins soumis à l'incertitude reliée au processus d'adoption. En fait, ils pourront apprendre des erreurs des innovateurs et des adoptants précoces (Mark Frohlich, 1998; Hoppe, 2000).

2.5.1.2. Les facteurs individuels

La seconde catégorie de facteurs qui sera présentée dans cette revue de littérature est celle des facteurs individuels. Comme il a été abordé précédemment, plusieurs modèles théoriques explicatifs de l'adoption des technologies et des innovations ont essentiellement insisté sur les comportements individuels, d'utilité perçue et de facilité perçue d'utilisation des adoptants potentiels des technologies et des innovations, tels que le TAM (Davis 1989), son extension le TAM 2 (Venkatesh et Davis, 2000) et le modèle de TPB (Ajzen 1985).

En effet, plusieurs études ont éprouvé empiriquement les prédictions théoriques de ces modèles. Par exemple, Davis et al. (1989) et Calisir et al. (2009) ont montré que lorsque l'utilisateur potentiel de la technologie perçoit que son utilisation augmentera la production tout en maintenant la qualité, diminuera le coût de production unitaire et rendra l'entreprise plus compétitive, la probabilité de son adoption augmentera. Plus récemment, dans l'étude sur l'adoption des AMT par les entreprises manufacturières aux États-Unis, Scannell et al. (2012) arrivent à la conclusion que l'utilité perçue d'une technologie influence de manière significative et positive la décision de l'adopter.

Plusieurs autres auteurs ont soutenu que les individus d'une organisation, peu importe sa taille, sont décisifs dans sa décision d'adopter une nouvelle technologie, car l'adoption dépend directement de leurs compétences, de leurs connaissances et de leur

capacité à favoriser une implantation réussie de la technologie (Rogers et Shoemaker, 1971; Gatignon et Robertson, 1989; Kimberly et Evanisko, 1981; Germain, 1993). Par ailleurs, d'autres chercheurs ont identifié le comportement de résistance des utilisateurs à la technologie comme une barrière à l'adoption. Dans cet ordre d'idées, Kim (2011) a distingué entre deux types de coûts reliés à l'adoption de la technologie qui seraient à l'origine de la résistance à l'endroit de l'adoption d'une nouvelle technologie : les coûts reliés à l'incertitude que l'adoption pourrait générer et les coûts de transition (Kim, 2011).

Finalement, d'autres études ont montré que la perception et l'avis du réseau des personnes en interaction avec l'adoptant potentiel à l'endroit d'une technologie donnée sont positivement et significativement reliés à l'adoption ou à l'intention d'adopter cette technologie (Katz et Shapiro, 1985; Volwles et al., 2011).

2.5.1.3. Les facteurs propres à la technologie (technologiques)

Cette catégorie de facteurs réfère aux facteurs externes à l'entreprise. Il s'agit, pour l'essentiel, de facteurs non contrôlables directement liés à la technologie à adopter, tels que les attributs de la technologie et sa maturité. (Oh et al., 2012). Ainsi, les caractéristiques de l'innovation (ses attributs selon Rogers, 2005) peuvent être considérées comme des indices cognitifs qui renseignent sur les comportements et les attitudes des adoptants potentiels à l'endroit de la technologie (Le bon et Meruka, 1998; Frambach et Schillewaert, 2002). Parmi ces caractéristiques, mentionnons la compatibilité perçue de la technologie à adopter avec les technologies déjà implantées, sa complexité, le bénéfice net perçu de son adoption (Mansfield, 1993) et la possibilité de l'essayer ou d'observer son utilisation ailleurs avant de l'utiliser à une plus grande échelle (Nooteboom, 1989; Rogers, 1995; Frambach et Schillewaert, 2002; Soares-Aguiar et Palma-dos-Reis, 2008). Sur ce dernier point, une étude récente réalisée par Chui et Curtis (2010) au Portugal, auprès de 2500 entreprises, a montré que l'adoption d'un nouveau système électronique de passation de marchés (electronic procurement

system) est positivement et significativement reliée au succès de ce système et à l'étendue de son adoption chez les concurrents.

Un dernier facteur qui relève de cette catégorie est associé à l'incertitude reliée à l'évolution de la technologie au sein de l'entreprise. En effet, plusieurs études s'inscrivant dans la théorie économique de la diffusion ont montré que cette incertitude est négativement corrélée à la décision d'adoption (Brian, 1996; Katz et Shapiro, 1986; Ravichandran, 2005).

2.5.1.4. Les facteurs de l'environnement externe

Cette dernière catégorie de facteurs renvoie aux canaux de communication et aux sources d'information sollicités par l'entreprise et qui peuvent influencer sa décision d'adopter ou non une innovation ou une technologie. Selon que l'entreprise parvient à tirer profit ou non de ces canaux et de ces sources d'information, ces facteurs sont perçus par les auteurs comme des facilitateurs ou des barrières à l'innovation et à l'adoption de nouvelles technologies (Lind et Zmud, 1991; D'este et al., 2012).

À ce chapitre, la variable qui se dégage le plus de la littérature est le partage des connaissances entre l'organisation et les fournisseurs de la technologie. Ces derniers joueraient le rôle de facilitateurs de l'assimilation et de l'intégration réussie de la technologie, et donc de son adoption. Selon Ravichandran (2005), les signaux émis par les fournisseurs réduisent l'incertitude des adoptants.

Pour des auteurs tels que Saloner et Shepard (1995) et Frambacha et Schillewaert, (2002), lorsque l'entreprise entretient des relations privilégiées avec son réseau de fournisseurs, elle en tire deux avantages : i) les fournisseurs continuent à soutenir la technologie et orientent son évolution au sein de l'entreprise; et ii) l'entreprise aura plus facilement accès, auprès de ses fournisseurs de technologies, aux services et au personnel

doté de connaissances approfondies concernant les technologies en question, ce qui affectera à la baisse les coûts d'adoption.

C'est surtout par leurs activités de marketing que les fournisseurs parviennent à influencer la probabilité qu'une innovation soit adoptée ou non (Frambach et al., 1998). Ces activités comportent, entre autres, le ciblage minutieux du marché des adoptants probables, la communication avec eux et l'offre d'une période d'essai pour les familiariser avec l'innovation, et ainsi réduire leur perception du risque associé à cette innovation et dissiper leurs craintes à son endroit (Easingwood et Beard, 1989). Ces constats ont été corroborés par les résultats de l'étude empirique conduite par Vowles et al. (2011) auprès de 220 entreprises néo-zélandaises dans le secteur des télécommunications. Ces résultats indiquent que le déploiement d'un niveau élevé de marketing de la part des fournisseurs influence positivement l'adoption ou l'intention d'adopter des innovations radicales par les entreprises de ce secteur.

D'autres études ont souligné l'importance pour l'entreprise désireuse d'adopter une innovation ou une technologie d'avoir un réseau social qui s'étend au-delà des fournisseurs pour inclure d'autres sources d'information et de connaissances, notamment les sources de marché (clients, concurrents, ..), et les sources de recherche (les universités, les centres de transfert technologique de recherche, les consultants,..) (Kash et Rycott, 2000; Darroch et McNaughton, 2002; Becheikh et al., 2006; Amara et al., 2010). Dans cet ordre d'idées, Malecki et Tootle (1996 : 45), cités par Bougrain et Haudeville (2002), mentionnent que la participation active de l'entreprise dans des réseaux lui procure «*the know-why, know-how, know-when, and know-what necessary for entrepreneurial success*».

Le dernier facteur associé à l'environnement externe de l'entreprise qui ressort de la recension des écrits effectuée dans la présente recherche est l'influence d'un champion dans l'environnement de la firme. La décision de cette dernière en ce qui a trait à l'adoption ou non d'une technologie peut être influencée par le comportement du champion à l'endroit de cette technologie (Ruppel et Howard, 1998; Vowles et al., 2011).

Le tableau 7 récapitule les différents facteurs explicatifs de l'adoption des nouvelles technologies regroupés selon les quatre catégories de facteurs abordés précédemment.

Tableau 7

Classification des déterminants de la décision d'adoption des technologies

CATÉGORIE	DÉTERMINANT	AUTEUR(S)	
ORGANISATIONNEL	<ul style="list-style-type: none"> La stratégie organisationnelle 	<ul style="list-style-type: none"> Udo et Ehie (1996) Maffei et Meredith (1994) Small et Yasin (1997), cités par Percival (2009) 	
	<ul style="list-style-type: none"> La taille de la firme 	<ul style="list-style-type: none"> Germain (1993) Fichman (2004) Meredith (1987) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Les ressources tangibles : de nature humaine et matérielle 	<ul style="list-style-type: none"> Gomez et Vargas (2012) Percival (2009) Attewell (1992) 	
	<ul style="list-style-type: none"> La compétence des employés, leur niveau d'expérience, et leur polyvalence 	<ul style="list-style-type: none"> Scannell et al. (2012) 	
	<ul style="list-style-type: none"> La complémentarité et la compatibilité entre les nouvelles technologies et les ressources déjà utilisée 	<ul style="list-style-type: none"> Percival (2009) Gomez et Vargas (2012) Rogers (1983) Robinson (1988) Denrell et al. (2003) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Les ressources immatérielles : le stock de connaissances, l'apprentissage organisationnel et la capacité d'absorption de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> Ravichandran (2005) Vowles et al. (2011) Cohen et Levinthal (1990) Zahra et George (2002) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Le timing d'adoption 	<ul style="list-style-type: none"> Hoppe (2002) Frohlich (1998) Rogers (1965) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Les investissements en R&D 	<ul style="list-style-type: none"> Gomez et Vargas (2012) Dierickx et al. (1989) 	
	INDIVIDUELS	<ul style="list-style-type: none"> L'utilité perçue 	<ul style="list-style-type: none"> Davis (1989) Venkatesh et Davis (2000) Scannell et al. (2012) Calisir et al. (2009)
		<ul style="list-style-type: none"> Les compétences, connaissances, et capacités individuelles à favoriser une 	<ul style="list-style-type: none"> Rogers et Shoemaker (1971) Gatignon et Robertson (1989) Kimberly et Evanisko (1981)

Tableau 7 (suite)

Classification des déterminants de la décision d'adoption des technologies

CATÉGORIE	DÉTERMINANT	AUTEUR(S)
	implantation réussie	<ul style="list-style-type: none"> • Germain (1993) • Kim (2011)
	<ul style="list-style-type: none"> • Les coûts d'acquisition et d'intégration, et l'incertitude qui peuvent générer, au niveau individuel, de la résistance de la part de la direction et des employés à l'endroit de l'adoption des nouvelles 	
TECHNOLOGIQUES	<ul style="list-style-type: none"> • Les caractéristiques de la technologie : l'avantage relatif, la compatibilité perçue, la complexité, l'observabilité, et la possibilité de l'essayer • La maturité de la technologie • Le niveau de l'incertitude de la technologie (cela concerne l'évolution de cette technologie dans le futur) • Le bénéfice net perçu de cette technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Rogers (1995) • Nootboom (1989) • Oh et al. (2012) • Ravichandran (2005) • Brian (1996) • Katz et Shapiro (1986) • Mansfield (1993)
ENVIRONNEMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Le partage des connaissances avec les fournisseurs • Les canaux de communication • Le réseau social de l'entreprise et son rôle comme source d'information (clients, concurrents, fournisseurs, institutions de recherche, etc.) • L'influence d'un champion 	<ul style="list-style-type: none"> • Ravichandran (2005) • Scannell et al. (2012) • Lind et Zmud (1991) • Kash et Rycott (2000) • Darroch et McNaughton (2002) • Becheikh et al. (2006) • Amara et al. (2010) • Vowle et al. (2011) • Ruppel et Howard (1998)

2.6. De la revue de littérature au cadre conceptuel intégrateur

La littérature qui a été présentée dans ce chapitre témoigne de l'abondance des études et des modèles qui cherchent à évaluer plusieurs aspects liés à l'adoption des

innovations et des technologies par les organisations en général, et les entreprises œuvrant dans le secteur manufacturier en particulier. La pertinence et l'adéquation de chacune de ces études dépendent des objectifs spécifiques visés par chaque chercheur, du champ d'application étudié et de l'information disponible. Dans le cadre de ce mémoire, cette littérature a été structurée en trois parties.

La première partie a fait office d'introduction pour présenter et situer les définitions de concepts et notions clés sollicitées dans ce mémoire, notamment les concepts d'innovation et de technologies de pointe. Les deux principales catégories de ces dernières, qui sont spécifiques au secteur manufacturier qui constitue le champ d'application de cette étude, ont été présentées en détail, en l'occurrence les technologies de fabrication flexible et les systèmes de production automatisés.

La deuxième partie de la revue de littérature a permis de dégager les principaux modèles explicatifs de l'adoption des technologies et des innovations par les organisations. Après le modèle classique de Lewin (1947) qui fut le premier à proposer un processus en six étapes de l'adoption des technologies, à savoir l'initiation, l'adoption, l'adaptation, l'acceptation, l'utilisation et l'intégration, nous avons présenté avec plus de détails la théorie dominante en matière d'adoption et de diffusion de l'innovation et de la technologie, en l'occurrence celle de Rogers (1965). Cette théorie ne s'est pas contentée d'énoncer les étapes du processus adoption comme le précédent modèle, mais elle a tenté aussi d'expliquer le processus décisionnel d'adoption, en se basant principalement sur les caractéristiques technologiques de l'innovation. Elle fut aussi la première à proposer une typologie des adoptants de l'innovation (les innovateurs, les adoptants précoces, la majorité précoce, la majorité tardive et les retardataires).

La théorie de Rogers a ouvert la porte à plusieurs autres théories qui ont tenté de pallier à certaines de ses lacunes, d'améliorer sa capacité prédictive, et de préciser et d'enrichir les indicateurs permettant d'opérationnaliser les hypothèses qu'elle a formulées. Ainsi, il y a eu l'émergence du modèle du TAM qui a mis l'accent sur les facteurs individuels, notamment les deux croyances fondamentales de l'utilisateur

potentiel, à savoir l'utilité perçue et la facilité d'utilisation de la technologie ou de l'innovation. Le TAM 2 qui est une extension du TAM, a surtout permis de mieux appréhender la deuxième dimension du TAM originel, c'est-à-dire l'utilité perçue, en portant plus d'attention à l'influence sociale par l'intégration des concepts de la norme subjective, du caractère volontaire et de l'image.

Pour sa part, le IDT combine les principales contributions de la théorie de Rogers et des modèles TAM et TAM 2 pour proposer que les différences entre les perceptions des utilisateurs potentiels d'une technologie donnée sont à l'origine de différences dans leurs comportements d'adoption de cette technologie. Ces comportements sont influencés par les caractéristiques perçues de la technologie que l'on retrouve dans la théorie de Rogers et dans le TAM, soit le caractère volontaire de l'adoption, la perception par l'adoptant de l'impact de l'adoption sur son image, l'avantage relatif procuré par la nouvelle technologie, la compatibilité, la facilité d'utilisation, l'essayabilité et la démonstrabilité des résultats.

Les deux dernières théories abordées dans la première section de la revue de littérature ont essayé d'apporter une nouvelle vision quant à la décision d'adopter ou non une nouvelle technologie. Ainsi, la théorie d'adoption de l'innovation, et contrairement au TAM qui met l'accent essentiellement sur l'utilisateur potentiel de la technologie, a insisté sur le processus de décision conduisant à l'adoption ou non de la technologie et les acteurs qui y sont impliqués. Finalement, la théorie du comportement planifié d'adoption des technologies tire profit de la théorie de l'action raisonnée pour modéliser l'adoption de technologie en tant que comportement guidé par trois types de croyances : les croyances comportementales concernant les résultats ou les impacts potentiels résultant du comportement en question, les croyances normatives concernant la pression sociale pour ou contre l'adoption de la technologie, et les croyances relatives au niveau du contrôle perçu par l'adoptant potentiel dans le processus décisionnel d'adoption.

La troisième et dernière partie de la revue de littérature a permis d'identifier quatre groupes de déterminants qui influenceraient la décision d'adoption des technologies par

les organisations : les facteurs organisationnels, les facteurs individuels, les facteurs technologiques et les facteurs reliés à l'impact de l'environnement externe où opère l'organisation. Ces facteurs sont récapitulés dans le Tableau 7.

La revue de littérature effectuée dans le cadre de ce mémoire laisse entrevoir certaines contributions potentielles à l'avancement des connaissances sur la thématique de l'adoption des technologies de pointe par les entreprises manufacturières.

Premièrement, les différentes études consultées ne font pas systématiquement appel à des facteurs appartenant aux quatre catégories de déterminants recensées dans la littérature. De manière générale, ces études se concentrent sur une seule catégorie de déterminants, parfois conjuguée avec quelques facteurs provenant d'une ou de deux autres catégories, souvent introduits comme des variables de contrôle, pour expliquer la décision d'adoption des technologies par les entreprises. Dans la présente recherche, nous expliquerons la décision des entreprises manufacturières d'adopter ou non des technologies de pointe en intégrant des variables explicatives qui opérationnalisent des facteurs des quatre catégories de déterminants (organisationnels, individuels, technologiques et environnementaux).

Deuxièmement, le modèle explicatif intégrateur que nous proposons sera appliqué au cas des PME manufacturières. Cette unité d'analyse a fait l'objet de très peu d'études empiriques et cela malgré l'importance des PME dans le tissu industriel des pays industrialisés, dont le Canada. Tel que vu précédemment, au Québec par exemple, les PME représentaient, en 2010, 94,44 % de l'ensemble des entreprises manufacturières (Institut de la statistique de Québec, 2010a)

Troisièmement, les études empiriques répertoriées se sont contentées d'expliquer l'adoption d'une seule ou parfois de quelques technologies. Dans la présente recherche, plusieurs technologies seront considérées. Plus spécifiquement, 15 technologies manufacturières de pointe seront considérées en tant que variables dépendantes dans notre modèle explicatif intégrateur. Ces technologies sont regroupées dans deux groupes

génériques de technologies de pointe (Baldwin et Lin, 2002) : 1) *les technologies de fabrication automatisée* (AMT); et 2) *les technologies de fabrication flexible* (FMT).

Quatrièmement, les études antérieures n'ont généralement pas considérées simultanément des secteurs d'activité avec différents niveaux d'intensité technologique. Ainsi, elles ont soit considéré une seule industrie, telle que l'industrie des logiciels ou celle des technologies de l'information, soit traité d'un secteur d'activité dans son ensemble, notamment le secteur manufacturier et le secteur des services. Dans la présente recherche, nous tiendrons compte du niveau d'intensité technologique des secteurs où opèrent les entreprises. Ceci est d'autant plus important que, comme on l'a abordé précédemment, ces secteurs diffèrent de manière significative en ce qui a trait au rythme d'adoption des nouvelles technologies. En effet, plusieurs auteurs soutiennent que les industries caractérisées par un niveau d'intensité technologique (*technology intensiveness*) élevé ont un rythme plus rapide d'adoption de nouvelles technologies, comparativement aux secteurs à faible ou moyenne intensité technologique (Weiss et Heide, 1993; Higgins et Rodriguez, 2006; Ransbotham et Mitra, 2010).

Finalement, la délimitation géographique de l'échantillon des entreprises qui sera mis à profit dans la présente recherche permettra d'étudier les entreprises à l'intérieur d'une même région, soit celle du Bas-Saint-Laurent dans la province de Québec, plutôt que d'étudier, comme ce qui a généralement été réalisé dans les travaux antérieurs, des échantillons d'entreprises dispersées dans plusieurs régions. Ce faisant, nous aurons un point de vue différent sur le phénomène de l'adoption des nouvelles technologies dans les entreprises, puis qu'elles partagent toutes la même réalité et impératifs régionaux.

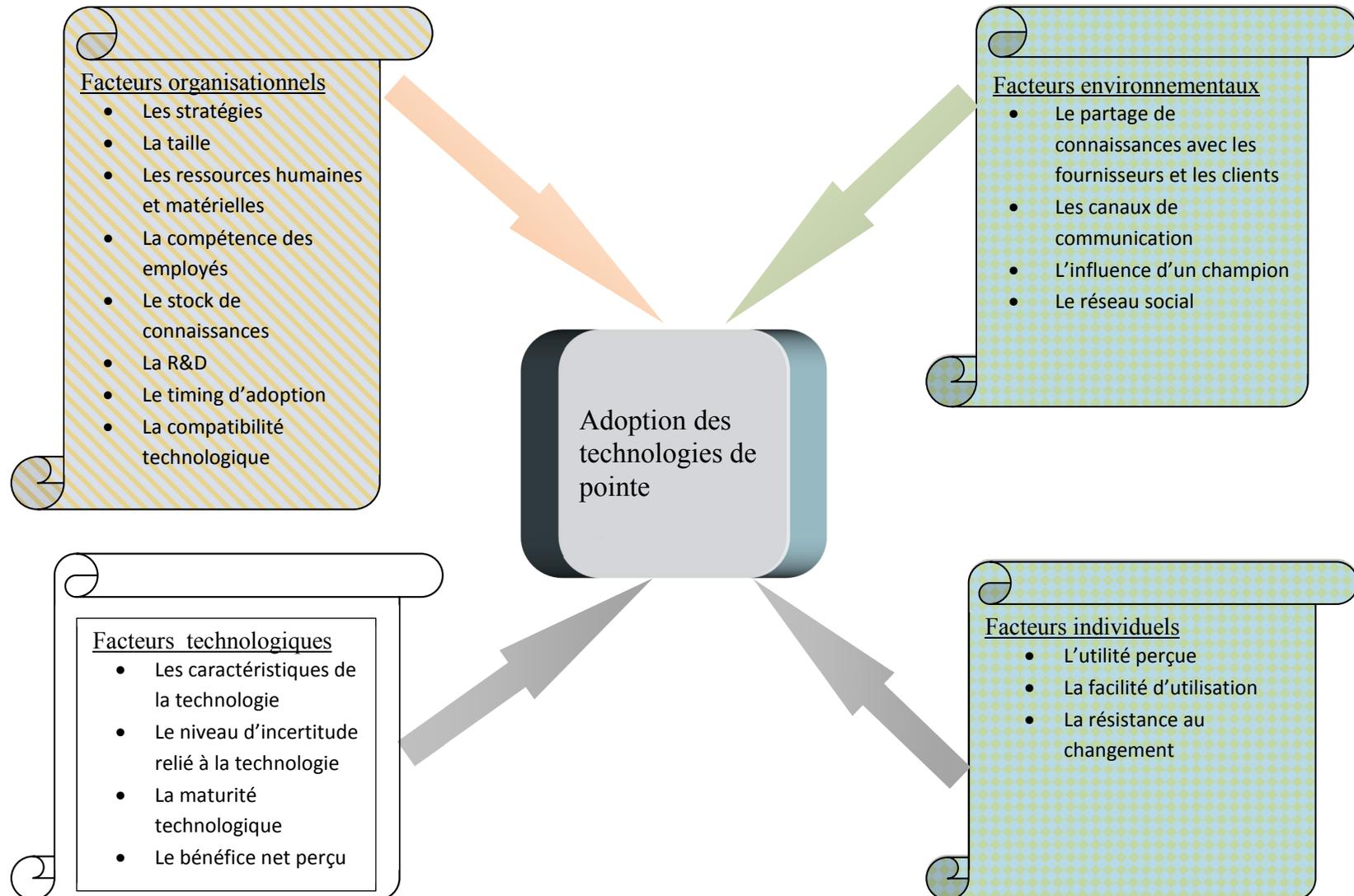
Les éléments issus de la revue de littérature ont permis d'élaborer le cadre conceptuel intégrateur de cette étude, présenté à la Figure 2.

Dans le chapitre suivant, nous énoncerons nos hypothèses de recherche et nous présenterons le cadre opératoire et la méthodologie qui ont été développés pour l'étude de

l'adoption des technologies manufacturières de pointe pour le cas spécifique des PME manufacturières d'une des régions du Québec, le Bas-Saint-Laurent.

Figure 2

Cadre conceptuel : Les facteurs affectant l'adoption des technologies de pointe dans les PME manufacturières



CHAPITRE 3 : CADRE OPÉRATOIRE ET MÉTHODOLOGIE

3.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, il a été question d'une revue de la littérature sur les théories et les modèles d'adoption des technologies, ainsi que sur les déterminants de cette adoption. Cette revue de littérature a notamment permis de mettre en évidence les quatre principales catégories de déterminants de l'adoption des technologies par les entreprises, en l'occurrence les déterminants organisationnels, les déterminants individuels, les déterminants technologiques et ceux attribuables à l'environnement externe de l'entreprise.

Les éléments issus de cette revue de littérature ont permis d'élaborer le cadre conceptuel de cette étude, présenté à la fin du chapitre 2. Ce chapitre-ci présentera la méthodologie préconisée pour documenter ces éléments. Il est structuré en quatre parties. Premièrement, il sera question du cadre opératoire qui a été développé pour opérationnaliser les concepts présentés dans le cadre conceptuel. Ce cadre opératoire nous permettra de tester les hypothèses de recherche proposées. Deuxièmement, l'instrument de mesure, utilisé pour collecter l'information nécessaire à l'opérationnalisation des concepts constituant notre cadre conceptuel, sera présenté. Troisièmement, la population à l'étude, la procédure de collecte des données et les résultats de l'administration du questionnaire de l'enquête seront présentés. Finalement, la quatrième section de ce chapitre présente les analyses qui seront effectuées pour éprouver les hypothèses de recherche énoncées dans cette étude et ainsi atteindre les objectifs de recherche qui y sont poursuivis.

3.2. Cadre opératoire

L'opérationnalisation du cadre conceptuel développé au chapitre 2 sera maintenant exposée. Pour ce faire seront explicités les outils de mesure utilisés pour chacun des concepts retenus. Plus spécifiquement, les outils de mesure pour capter la variable qui renvoie à l'adoption des technologies de pointe, les différents types de technologies qui seront considérés et les déterminants qui influent l'adoption de nouvelles technologies seront décrits.

3.2.1. La variable dépendante : l'adoption des technologies manufacturières de pointe

La variable dépendante qui renvoie à l'adoption ou non de technologies de pointe par les entreprises manufacturières a été mesurée par une série de variables dichotomiques. Pour chaque technologie de pointe, la variable dichotomique prend la valeur 1 si l'entreprise déclare utiliser présentement cette technologie et prend la valeur 0 si elle ne l'utilise pas présentement. Ainsi, pour les quinze technologies de pointe retenues dans la présente recherche, la question précise qui a été posée aux répondants est la suivante : *«Pour chacune des technologies de pointe énumérées ci-après, veuillez indiquer si vous utilisez présentement cette technologie dans votre usine.»*

Les technologies de pointe retenues se répartissent selon quatre groupes fonctionnels qui correspondent à l'étape du processus de fabrication où chacune est employée : les technologies de conception et d'ingénierie qui sont au nombre de 4; les technologies de traitement de fabrication et d'assemblage qui sont au nombre de 4; les technologies de communication au nombre de 3; et les technologies d'intégration et de contrôle (4 technologies). Cette taxonomie a été, entre autres, utilisée par Baldwin et Diverty (1995), Becheikh et al. (2006b) et par Statistique Canada (2007) dans le cadre de son enquête sur les technologies de pointe dans le secteur manufacturier canadien.

Le Tableau 8 dresse la liste de ces quinze technologies de pointe. La plupart d'entre elles sont le fruit de l'application de l'informatique à divers procédés de fabrication.

Tableau 8

Les technologies de pointe utilisées par les entreprises manufacturières

Technologies de pointe

Conception et ingénierie

- Conception/Ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)
- CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur (CFAO)
- Technologie de modélisation ou de simulation
- Échange électronique de fichiers CAO

Traitement, fabrication et assemblage

- Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)
- Automates ou procédés programmables
- Usinage à grande vitesse
- Technologie de grande précision dimensionnelle

Réseaux de communication

- Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production
- Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux et les réseaux à grande distance)
- Réseaux informatiques interentreprises (dont extranets et l'échange de documents informatisés)

Intégration et contrôle

- Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine
 - Production assistée par ordinateur (PAO)
 - Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)
 - Utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production
-

3.2.2. Les déterminants de l'adoption des technologies de pointe

Tel qu'illustré dans le cadre conceptuel (Figure 1), quatre groupes de déterminants susceptibles d'influer la décision des entreprises d'adopter ou non des technologies de pointe ont été identifiés suite à la recension des écrits présentée au chapitre 2. Nous

passerons maintenant en revue les indicateurs permettant d'opérationnaliser les de chacune de ces catégories. Il importe de mentionner que les données pour quelques déterminants identifiés dans la littérature ne sont pas disponibles dans la base de données à notre disposition. Nous prendrons soin de confronter, à la fin de cette section, le cadre conceptuel au cadre opératoire pour indiquer clairement les variables du cadre conceptuel qui vont être retenues dans les analyses statistiques.

3.2.2.1. Les facteurs organisationnels

Les stratégies organisationnelles : deux types de stratégies seront retenues dans cette recherche : la stratégie de domination par les coûts et la stratégie de différenciation. Concernant la première, certaines études ont montré que la stratégie de domination par les coûts ne semble pas favoriser l'innovation et l'adoption de nouvelles technologies (Zahra, 1993; Becheikh et al., 2006b). Ce constat se justifie par le fait que, afin de contrôler leurs coûts et les maintenir au minimum, les entreprises qui adoptent cette stratégie choisissent souvent de ne pas s'engager dans des projets coûteux et risqués tels que l'adoption d'une nouvelle technologie ou le développement d'un nouveau produit (Coulter, 2002). En effet, ces entreprises sont plus enclines à surveiller la réaction des clients vis-à-vis des innovations ou des technologies introduites par les « adoptants précoces » pour ensuite les intégrer, après la baisse de leurs coûts de production ou d'intégration (Porter, 1980). Par conséquent, la stratégie de domination par les coûts semble être négativement associée à l'adoption de nouvelles technologies. Ceci nous amène à formuler l'hypothèse de recherche suivante :

H1. *L'adoption d'une stratégie de domination par les coûts diminue la propension des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe.*

Dans la présente étude, la stratégie de domination par les coûts est mesurée par un indice pondéré de quatre items sur une échelle d'accord variant de 1 (*Fortement en désaccord*) à 5 (*Fortement d'accord*). Les quatre énoncés de cet indice sont :

- Nos coûts de production et d'opération sont plus faibles que la majorité de nos concurrents;
- Nous accordons une importance majeure au contrôle de nos coûts d'opération;
- Nous exerçons une pression pour surveiller de près nos coûts d'opération et nos frais de gestion afin de les garder à un niveau inférieur à ceux de nos concurrents;
- Nous visons à avoir les coûts de production les plus bas de l'industrie.

Pour ce qui est de la stratégie de différenciation, les résultats de plusieurs études suggèrent qu'une stratégie de différenciation influe de manière positive et significative sur l'innovation. Une telle stratégie encouragerait les entreprises à innover continuellement afin de préserver une longueur d'avance par rapport à leurs concurrents et ainsi consolider leur position concurrentielle. Ce faisant, elles seront plus portées à adopter des nouvelles technologies (Debackere et al., 1996; Beneito, 2003; Galende et De la Fuente, 2003; Becheikh et al., 2006b) .

Ainsi, nous proposons l'hypothèse de recherche suivante :

H2. *L'adoption d'une stratégie de différenciation augmente la capacité des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe.*

Dans la présente étude, la stratégie de différenciation est mesurée par un indice pondéré de quatre items sur une échelle d'accord variant de 1 (*Fortement en désaccord*) à 5 (*Fortement d'accord*). Les quatre énoncés de cet indice sont :

- Nous offrons à nos clients des produits uniques ou différenciés, ce qui nous permet d'appliquer des prix plus élevés que la concurrence;
- Nous mettons un accent particulier sur l'aspect unique et distinctif de nos produits dans nos communications avec nos clients;
- L'information sur la performance de nos produits est considérée comme plus importante que celle sur le contrôle des coûts;
- Nous visons à toujours offrir des produits meilleurs que ceux de nos concurrents.

La taille de l'entreprise : La littérature consultée dans le cadre de cette recherche ne semble pas converger vers un consensus quant à l'impact de la taille sur la propension d'adoption de technologies de pointe. Toutefois, plusieurs arguments penchent plus en faveur d'une relation positive entre la taille et l'adoption de technologies de pointe. En effet, les grandes entreprises détiennent plus de ressources comparativement aux plus petites pour supporter les coûts souvent exorbitants et les risques élevés reliés aux projets d'adoption de telles technologies (Garcia-Vega et Lopez, 2010; Landry et al., 2012a). Les grandes entreprises profitent aussi d'économies d'échelle substantielles au niveau de la production, du marketing, de la R&D, etc., ce qui permet de libérer des ressources pour l'acquisition de nouvelles technologies (Bougrain et Haudeville, 2002; Becheikh et al., 2006a). C'est dans ce sens que nous posons l'hypothèse suivante :

H3. *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec l'accroissement de la taille.*

Dans la présente étude, la taille est mesurée par le nombre total d'employés.

Les ressources organisationnelles tangibles et intangibles : Ce sont les ressources tangibles de nature humaine et matérielle, ainsi que les ressources intangibles, notamment le stock de connaissances au niveau de l'entreprise. Les ressources matérielles sont critiques pour les projets d'innovation, de développement ou encore d'acquisition de nouvelles technologies (Becheikh et al., 2006a). Pour leur part, les ressources humaines et les ressources intangibles, surtout le stock de connaissances à la disposition des entreprises, affectent leur propension à adopter de nouvelles technologies par leur impact sur la capacité d'absorption des connaissances des entreprises incorporées dans ces nouvelles technologies (Zahra et George, 2002; Vowles et al., 2011; Gomez et Vargas, 2012). En effet, la capacité d'absorption de l'entreprise lui permet d'acquérir, d'assimiler, de transformer et d'exploiter les nouvelles connaissances incorporées dans les nouvelles technologies, et ainsi réduire l'écart entre les capacités technologiques détenues par l'entreprise et celles requises pour améliorer ou développer des nouveaux produits ou procédés de production (Kash et Rycott, 2000; Romijn et Albaladejo, 2002). Dans cet

ordre d'idées, plusieurs chercheurs ont montré que le personnel affecté à la R&D interne et le stock de connaissances des entreprises, qui peut être augmenté par la formation des employés, notamment en ce qui concerne les caractéristiques et les spécificités des nouvelles technologies qui sont dans la mire de l'entreprise, affectent de manière significative et positive la probabilité d'adoption de nouvelles technologies (Ravichandran, 2005).

D'autres auteurs ont insisté sur l'importance des ressources technologiques détenues par l'entreprise. Cette idée a été généralement abordée par ces auteurs en invoquant le concept de compatibilité technologique ou encore l'expérience antérieure de l'entreprise avec des technologies reliées ou connexes avec celle qu'elle envisage d'adopter. Ils ont montré que les entreprises détenant plus de ressources technologiques sont plus susceptibles d'adopter des nouvelles technologies en combinant mieux les nouvelles technologies avec les technologies déjà implantées (Scannell et al., 2012; Gomez et Vargas, 2012).

Dans la présente recherche, nous retiendrons quatre indicateurs pour refléter les ressources organisationnelles tangibles et intangibles des PME : 1) la disponibilité des capitaux mesurée par la question dichotomique suivante (*Au cours de la dernière année, votre entreprise a-t-elle tenté de réunir des capitaux pour des fins d'expansion, de développement ou d'amélioration de produits ou encore d'achat de technologies de pointe? Oui ou Non*); 2) le personnel dédié à la R&D (mesuré par le nombre d'employés affectés à la R&D par rapport au nombre total d'employés); 3) les ressources technologiques (captées par une variable qui calcule, pour chaque technologie de pointe considérée comme variable dépendante, le nombre total des autres technologies de pointe utilisées par la PME); et 4) les formations privilégiées pour favoriser l'implantation réussie de technologies de pointe. Ce dernier indicateur est mesuré par un indice pondéré de trois items reflétant les formations privilégiées par la PME pour assurer des conditions favorables à l'implantation de nouvelles technologies. Ces items renvoient aux réponses des répondants mesurées sur une échelle d'intérêt variant de 1 (*Absolument pas intéressé*) à 5 (*Très intéressé*), pour qualifier les types de formation et d'accompagnement

privilégiés par les PME pour améliorer le processus d'implantation des technologies manufacturières de pointe :

- offrir une formation aux employés avant l'implantation;
- offrir une formation aux employés pendant l'implantation;
- accompagnement par un expert externe à l'entreprise pendant l'implantation.

Quatre hypothèses seront donc énoncées relativement aux ressources organisationnelles tangibles et intangibles de la PME :

H4. *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec la disponibilité des capitaux financiers.*

H5. *Plus la PME affecte de ressources humaines à la R&D, plus sa propension à adopter des technologies manufacturières de pointe augmente.*

H6. *Plus la PME détient des technologies de pointe compatibles avec la nouvelle technologie qu'elle envisage d'adopter, plus la probabilité d'adoption de cette nouvelle technologie est élevée.*

H7. *Les PME, qui sont intéressées par les formations favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe, sont plus portées à adopter de telles technologies.*

3.2.2.2. Les facteurs individuels

L'utilité perçue et la facilité perçue d'utilisation de la technologie : tel qu'il a été abordé précédemment dans le chapitre 2, l'utilité perçue et la facilité perçue d'utilisation d'une technologie donnée augmentent la propension des entreprises à l'adopter (Venkatesh et Davis, 2000; Davis et al., 1989; Calisir et al., 2009; Scannell et al., 2012).

Dans cette recherche, l'utilité perçue de la technologie à adopter sera appréhendée par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant a déclaré que l'adoption de

la technologie de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par l'incapacité de la PME à évaluer son apport et donc sa plus-value, et prend la valeur 0 autrement.

Quant à la facilité perçue d'utilisation de la technologie, elle sera mesurée en référence à la qualification des employés et à leurs compétences. En effet, le savoir incorporé dans les employés contribue à accroître les opportunités d'apprentissage de l'entreprise et lui permet d'envisager avec plus de confiance des projets d'innovation ou d'adoption de technologies de pointe, généralement sophistiquées et complexes (Amara et Landry, 2005; Zahra et George, 2002; Todorova et Durisin, 2007). En effet, les employés qualifiés sont généralement mieux outillés pour transformer la connaissances tacite générée dans les différents projets de l'entreprise en connaissance codifiée qui peut servir de base pour de futurs projets d'innovation (Caloghirou et al., 2004; Vinding, 2006). Donc, dans le cadre de cette recherche, la facilité perçue d'utilisation de la technologie sera mesurée par le pourcentage de techniciens, ingénieurs et scientifiques à l'emploi de l'entreprise par rapport au nombre total d'employés.

C'est dans ce sens que nous posons les deux hypothèses suivantes :

H8. *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de l'utilité de ces technologies.*

H9. *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de la facilité d'utilisation de ces technologies.*

La résistance au changement : la résistance au changement de la part des utilisateurs potentiels de la technologie peut constituer une entrave importante à l'adoption (Kim, 2011). Dans la présente recherche, la résistance au changement a été mesurée par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant a déclaré que l'adoption de technologies de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par la résistance au changement manifestée par les employés à leur égard, et prend la valeur 0 autrement.

H10. *La résistance au changement des employés à l'endroit d'une technologie de pointe diminue la probabilité de son adoption.*

3.2.2.3. Les facteurs technologiques

Les coûts d'acquisition et d'intégration de la technologie : les coûts liés à l'acquisition et à l'intégration de la technologie peuvent constituer des obstacles à son adoption par la PME (Oh et al., 2012; Kim, 2011). Dans la présente recherche, ces deux types de coûts ont été appréhendés par deux variables reflétant deux obstacles à l'adoption de technologies de pointe. Ainsi, les coûts d'acquisition ont été mesurés par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant a déclaré que l'adoption de technologies de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par les coûts élevés des technologies, et prend la valeur 0 autrement. De la même manière, les coûts d'intégration ont été mesurés par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant a déclaré que l'adoption de technologies de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par les coûts élevés d'intégration des technologies de pointe, et prend la valeur 0 autrement.

De ce qui précède, les deux hypothèses suivantes sont dérivées :

H11. *Plus les coûts d'acquisition d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue.*

H12. *Plus les coûts d'intégration d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue.*

L'incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe : plusieurs études ont montré que l'incertitude qui accompagne l'adoption des technologies de pointe est négativement corrélée à la décision d'adoption (Katz et Shapiro, 1986; Ravichandran, 2005). Dans le cadre de cette recherche, l'incertitude sera mesurée par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant, au nom de la PME, est d'accord ou

fortement d'accord avec l'énoncé suivant : *Les changements les plus importants que l'entreprise a apportés à ses produits ou procédés de fabrication au cours des trois dernières années comportaient l'utilisation de technologies qu'elle n'utilisait pas auparavant*, et prend la valeur 0 autrement. Ceci nous amène à poser l'hypothèse suivante :

H13. *Plus l'incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe est élevée, plus la probabilité de son adoption diminue.*

La complexité de la technologie : la complexité de la technologie à adopter pourrait constituer un frein à son adoption (Mansfield, 1993; Le bon et Meruka, 1998; Frambacha et Schillewaert, 2002). Étant donné que les utilisateurs potentiels de cette technologie seront les employés, nous capterons cette complexité par l'intensité des obstacles éprouvés par la PME au chapitre des ressources humaines. Ainsi, un indice pondéré de trois items sera construit. Ces items renvoient aux réponses des répondants mesurées sur une échelle de gravité variant de 1 (*Aucun retard*) à 5 (*A été rendue impossible*), pour qualifier l'impact de chaque obstacle sur l'adoption des technologies de pointe. Les trois obstacles considérés sont :

- difficulté à recruter des personnes qualifiées;
- manque de qualification du personnel interne;
- difficulté à former les travailleurs dans les délais requis.

Cela nous amène à émettre l'hypothèse suivante :

H14. *Plus une technologie de pointe est complexe, plus la probabilité de son adoption diminue.*

3.2.2.4. Les facteurs liés à l'environnement

L'étendue du réseau social de la PME, notamment avec ses fournisseurs, ses clients et avec les institutions de recherche, peut influencer sa décision d'adopter ou non une nouvelle technologie (Lind et Zmud, 1991; Kash et Rycott, 2000; Romijn et Albaladejo, 2002; Becheikh et al., 2006; Amara et al., 2010). Ces réseaux permettent d'instaurer un climat de confiance et de développer un capital social entre l'entreprise et ses principaux partenaires. Elle peut ainsi réduire les coûts de transactions et établir une communication fiable et efficace avec les membres de son réseau. Ceci est de nature à créer un climat favorable à l'innovation et à l'intégration réussie de nouvelles technologies (Landry et al., 2002; Becheikh et al., 2006b).

Dans la présente recherche, nous allons capter l'influence du réseau social de la PME sur ses décisions en termes d'adoption de technologies de pointe au moyen de six variables : les réseaux locaux de fournisseurs, les réseaux éloignés de fournisseurs, les réseaux locaux de clients, les réseaux éloignés de clients, les réseaux de recherche et les réseaux de participation.

Les réseaux locaux de fournisseurs : ces réseaux sont mesurés par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant qualifie les fournisseurs situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise de source d'idées ou d'informations *Très importante* ou *Extrêmement importante* pour le développement et l'amélioration de produits ou de procédés de production, et prend la valeur 0 autrement.

Les réseaux éloignés de fournisseurs : ces réseaux sont reflétés par un indice pondéré de quatre items mesurés sur une échelle à 5-points captant le degré d'importance des fournisseurs éloignés de l'entreprise en tant que source d'idées et d'informations pour ses projets de développement de produits et de nouveaux procédés pour l'entreprise (1= *Source pas du tout importante* et 5= *Source extrêmement importante*). Les quatre items sont :

- Les fournisseurs d'ailleurs au Québec;
- Les fournisseurs d'ailleurs au Canada;
- Les fournisseurs des États-Unis;
- Les fournisseurs d'ailleurs dans le monde.

Les réseaux locaux de clients : ces réseaux sont mesurés par une variable binaire qui prend la valeur 1 si le répondant qualifie les clients situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise de source d'idées ou d'informations *Très importante* ou *Extrêmement importante* pour le développement et l'amélioration de produits ou de procédés de production, et prend la valeur 0 autrement.

Les réseaux éloignés de clients : indice pondéré de quatre items mesurés sur une échelle à 5-points captant le degré d'importance des clients éloignés de l'entreprise en tant que source d'idées et d'informations pour ses projets de développement de produits et de nouveaux procédés (1= *Source pas du tout importante* et 5= *Source extrêmement importante*). Les quatre items sont :

- Les clients d'ailleurs au Québec;
- Les clients d'ailleurs au Canada;
- Les clients des États-Unis;
- Les clients d'ailleurs dans le monde.

Les réseaux de recherche : indice pondéré de cinq items mesurés sur une échelle à 5-points captant le degré d'importance accordé par l'entreprise aux sources de recherche suivantes en tant que source d'idées et d'informations pour ses projets de développement de produits et de nouveaux procédés (1= *Source pas du tout importante* et 5= *Source extrêmement importante*). Les cinq sources de recherche sont :

- Les Universités;
- Les Cégeps;
- Les centres collégiaux de liaison et de transfert de technologies;

- Le Centre de recherche industrielle de Québec (CRIQ);
- Le Conseil national de recherche du Canada (CNRC/PARI).

Les réseaux de participation : indice pondéré de quatre items mesurés sur une échelle à 5-points captant la fréquence de participation de l'entreprise à des réunions, associations ou réseaux d'entreprises dans le but d'identifier des idées ou informations utiles pour développer ou améliorer ses produits et ses procédés de fabrication (1= *Jamais* et 5= *Très fréquemment*). Les quatre niveaux de participation sont :

- Le niveau régional;
- Le niveau provincial;
- Le niveau national;
- Le niveau international.

Ceci nous amène à poser l'hypothèse suivante :

H15. *Les réseaux de collaboration de l'entreprise augmentent sa capacité à adopter des technologies de pointe.*

Les variables de contrôle : les groupes des industries où opèrent les PME sont la variable de contrôle considérée dans cette recherche. Tel qu'il a été abordé précédemment, les secteurs d'activité caractérisés par un niveau d'intensité technologique élevé ont un rythme plus rapide d'adoption de nouvelles technologies, comparativement aux secteurs à faible ou moyenne intensité technologique (Higgins et Rodriguez, 2006; Ransbotham et Mitra, 2010). Dans le cadre de ce mémoire, les industries ont été agrégées selon la taxonomie de l'OCDE basée sur l'intensité en R&D (Hatzichronoglou, 1997; OCDE, 2004). Cette taxonomie est fréquemment utilisée dans les recherches qui traitent des processus d'innovation et d'adoption des technologies de pointe (Becheikh et al., 2006b; Amara et al., 2008).

La distribution de l'échantillon de PME, qui sera utilisé dans notre étude selon le degré d'intensité technologique du secteur d'activité où elles opèrent, est présentée au Tableau 9. Pour les besoins des analyses, et étant donné le faible nombre de PME opérant dans des industries à intensité technologique élevée (5 PME), les PME seront regroupées selon l'intensité technologique en trois catégories : 1) intensité technologique faible (162 PME); intensité technologique moyenne correspondant dans la classification de l'OCDE (2004) à intensité technologique moyenne-faible (49 PME); et 3) intensité technologique élevée correspondant dans la classification de l'OCDE (2004) à intensité technologique moyenne-élevée et intensité technologique élevée (37 PME).

Ceci nous amène à formuler la dernière hypothèse qui sera testée dans le cadre de cette recherche :

H16. *La propension des PME à adopter des technologies de pointe augmente avec l'accroissement de l'intensité technologique de l'industrie dans laquelle elles se trouvent.*

Tableau 9
Distribution des entreprises selon l'intensité technologique de l'industrie ^a

Description des industries	Nombre d'entreprises (%)
Intensité technologique élevée	5 (2.1 %)
➤ Produits informatiques et électroniques	5
Intensité technologique moyenne - élevée	32 (12.9 %)
➤ Matériel, appareils et composantes électriques	2
➤ Produits chimiques	7
➤ Matériel de transport	11
➤ Machines non électriques	11
➤ Autres ^b	1
Intensité technologique moyenne - faible	49 (19.7 %)
➤ Produits en caoutchouc et en plastique	5
➤ Produits minéraux non métalliques	7
➤ Produits métalliques	28
➤ Produits du pétrole et du charbon	3
➤ Première transformation des métaux	2
➤ Autres ^b	4
Intensité technologique faible	162 (65.3 %)
➤ Aliments et boissons	39
➤ Usines textiles & Usines de produits textiles	8
➤ Vêtements & Produits en cuir et produits analogues	13
➤ Produits en bois	50
➤ Fabrication du papier	1
➤ Meubles et produits connexes	25
➤ Impression et activités connexes de soutien	16
➤ Autres ^b	9
Total	248 (100 %)

^a Les industries sont agrégées selon la taxonomie de l'OCDE basée sur l'intensité en R&D (Hatzichronoglou, 1997; OCDE, 2004).

^b Cette catégorie inclut les entreprises affectées selon leur principal produit.

Le Tableau 10 récapitule les 16 hypothèses de recherche qui seront testées dans le cadre de la présente recherche.

Tableau 10

Les hypothèses de recherche

Hypothèses relatives aux déterminants organisationnels :

- **H1.** *L'adoption d'une stratégie de domination par les coûts diminue la propension des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe*
- **H2.** *L'adoption d'une stratégie de différenciation augmente la capacité des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe*
- **H3.** *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec l'accroissement de la taille*
- **H4.** *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec la disponibilité des capitaux financiers*
- **H5.** *Plus la PME affecte de ressources humaines à la R&D, plus sa propension à adopter des technologies manufacturières de pointe augmente*
- **H6.** *Plus la PME détient des technologies de pointe compatibles avec la nouvelle technologie qu'elle envisage d'adopter, plus la probabilité d'adoption de cette nouvelle technologie est élevée*
- **H7.** *Les PME, qui sont intéressées par les formations favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe, sont plus portées à adopter de telles technologies*

Hypothèses relatives aux déterminants individuels :

- **H8.** *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de l'utilité de ces technologies*
- **H9.** *La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de la facilité d'utilisation de ces technologies*
- **H10.** *La résistance au changement des employés à l'endroit d'une technologie de pointe diminue la probabilité de son adoption*

Hypothèses relatives aux déterminants technologiques :

- **H11.** *Plus les coûts d'acquisition d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue*
- **H12.** *Plus les coûts d'intégration d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue*
- **H13.** *Plus l'incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe est élevée, plus la probabilité de son adoption diminue*
- **H14.** *Plus une technologie de pointe est complexe, plus la probabilité de son adoption diminue*

Hypothèse relative à l'environnement externe :

- **H15.** *Les réseaux de collaboration de l'entreprise augmentent sa capacité à adopter des technologies de pointe*

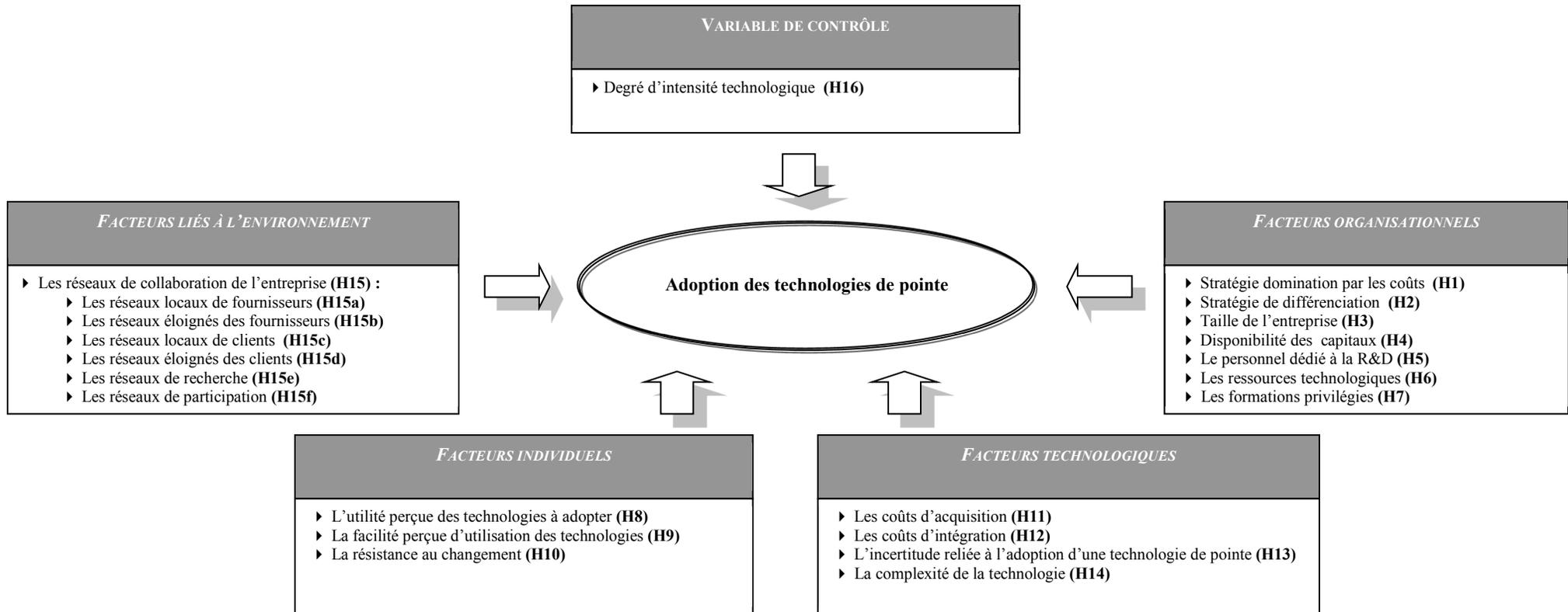
Hypothèse relative à l'industrie où opère la PME (variable de contrôle) :

- **H16.** *La propension des PME à adopter des technologies de pointe augmente avec l'accroissement de l'intensité technologique de l'industrie dans laquelle elles se trouvent*
-

Le cadre opératoire illustré à la Figure 3 indique les facteurs susceptibles d'expliquer l'adoption des technologies de pointe retenus pour les fins des analyses qui seront effectuées dans cette recherche. Les hypothèses associées à ces facteurs sont également indiquées dans ce cadre opératoire.

Figure 3

Cadre opératoire : Les facteurs affectant l'adoption des technologies de pointe dans les PME manufacturières



3.3. Instrument de mesure

Le questionnaire qui a permis la collecte des données utilisées dans le cadre de ce mémoire a été préparé par les professeurs Réjean Landry, Nabil Amara et Luc Desaulniers. Les deux premiers étaient respectivement directeur et codirecteur de la Chaire FCRSS/IRSC sur le transfert de connaissances et l'innovation à la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université Laval. Le professeur Luc Desaulniers était professeur à l'Université du Québec à Rimouski. Le professeur Amara est le superviseur de ce mémoire.

Ces chercheurs ont développé le questionnaire dans le cadre d'une étude qu'ils ont réalisée pour le compte du Réseau d'innovation et de développement économique (RIDE) du Bas-Saint-Laurent. L'objectif de cette étude était de *«documenter, colliger et analyser les informations de nature sectorielle et de pratiques d'affaires innovantes dans le Bas-Saint-Laurent afin d'orienter les actions publiques et privées dans le domaine de l'innovation et contribuer ainsi au développement d'une culture régionale de l'innovation.»* (Landry et al., 2005 : 15).

Ce questionnaire est subdivisé en huit sections comprenant des questions concernant : l'innovation, les pratiques innovatrices, les sources d'idées et d'information utilisées pour innover, les activités d'innovation abandonnées, la R&D, la capacité d'aller chercher les crédits d'impôts à la R&D, l'utilisation des technologies de pointe, les obstacles à l'adoption des technologies de pointe, le transfert de technologies, les méthodes de protection de la propriété intellectuelle, la localisation géographique des principaux clients et fournisseurs, les technologies intégrées dans les changements apportés aux produits ou procédés, les pratiques d'affaires, le financement et, finalement, la vision et les stratégies des entreprises.

Le questionnaire s'inspirait des développements récents apportés aux enquêtes sur l'innovation à l'OCDE, à la Communauté européenne (*CIS surveys*), ainsi que des travaux de Landry et Amara sur l'innovation dans différentes régions du Québec (Landry

et Amara, 2003; 2004; 2005). Il a été élaboré par l'équipe des trois chercheurs en collaboration avec le commanditaire de l'étude (RIDE). Après plusieurs itérations, la version finale du questionnaire a été approuvée par le RIDE le 8 décembre 2004.

3.4. Population à l'étude, administration du questionnaire et taux de réponse

Les bases échantillonales de cette enquête provenaient de deux sources : la base de données du Réseau d'innovation et de développement économique du Bas-Saint-Laurent (RIDE) et la base de données du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ). La confrontation des deux bases de données a permis d'identifier un peu plus d'une centaine d'autres entreprises manufacturières non recensées dans la première base de données. Au total, la combinaison des informations de ces deux bases de données a engendré une liste de 505 entreprises manufacturières.

Le plan échantillonnal de départ visait à compléter le plus de questionnaires possible avec comme objectif l'atteinte du meilleur taux de réponse. Il s'est avéré que la liste comprenant au départ 505 entreprises avait 184 entreprises inéligibles à l'enquête. Donc l'étude a été réalisée à partir d'un échantillon réel de 321 cas.

La firme de sondage Infrass Inc. s'est chargée de la programmation du questionnaire sur un système informatisé Interviewer (CATI) pour la collecte téléphonique. Ce questionnaire avait une durée moyenne de 35,7 minutes. La collecte des données a débuté le vendredi 10 décembre 2004 pour se terminer le jeudi 3 février 2005 inclusivement. Cette enquête a été réalisée à partir de la centrale téléphonique de Infrass par 12 interviewers. Dans l'ensemble, 249 entreprises ont répondu à l'enquête, générant ainsi un taux de réponse de 77,57 %, ce qui est très élevé dans le cadre de telles études auprès d'une clientèle aussi spécialisée et avec un questionnaire aussi long (35,7 minutes).

Comme on peut le voir dans le rapport de l'administration de l'enquête fourni par la firme de sondage et rapporté au Tableau 11, le taux de refus a été de 14,95 % (N=48), alors que 10 répondants souhaitaient répondre par fax ou courriel (3,12 %). Enfin, 9

(2,80 %) rendez-vous n'ont pu être rejoints et 5 (1,56 %) questionnaires n'ont pas été entièrement complétés. Notons aussi que parmi les 184 entreprises inéligibles, 74 (40,22 %) étaient des doublons, 32 (17,39 %) n'ont pas répondu après plus de 50 rappels, 24 entreprises (13,04 %) n'étaient pas des entreprises manufacturières, pour 18 (9,78 %) d'entre elles le responsable ne pouvait être disponible avant la fin de février 2005, alors que pour 36 (19,57 %) l'entreprise était fermée, le numéro de téléphone était introuvable après de nombreuses recherches ou alors le numéro de téléphone était discontinué.

Tableau 11
Les résultats de l'administration de l'enquête

RÉSULTATS	Nombre	%
Dans l'échantillon		
Questionnaires complétés	249	77,57 %
Questionnaires incomplets	5	1,56 %
Refus catégoriques	48	14,95 %
Par fax ou courriel	10	3,12 %
Rendez-vous non rejoints	9	2,80 %
Sous-Total	321	63,56 %
Hors échantillon		
Pas de réponse (après 50 appels et plus)	32	17,39 %
Pas joignables avant la fin février	18	9,78 %
Entreprises non manufacturières	24	13,04 %
Numéros discontinués	11	5,98 %
Doublons	74	40,22 %
Pas de numéro	9	4,89 %
Entreprises fermées	5	2,72 %
Entreprises fermées pour la saison	11	5,98 %
Sous-Total	184	36,44 %
Total	505	100,00 %
<ul style="list-style-type: none"> • Étude effectuée du 10 décembre 2004 au 3 février 2005 inclusivement. • Temps moyen du questionnaire : 35,7 minutes. 		

Des 249 entreprises qui ont répondu à l'enquête, une entreprise avait 1200 employés, ce qui la classe comme une grande entreprise selon la classification d'Industrie Canada. Les 248 autres entreprises retenues dans la présente étude, sont des PME selon

cette classification : «une PME est définie comme un établissement commercial qui compte entre 1 et 499 travailleurs rémunérés» (Industrie Canada, 2013).

3.5. Stratégie d'analyse

L'analyse et l'interprétation des résultats de cette recherche, qui seront présentés au prochain chapitre, seront structurées en quatre parties. Premièrement, nous exposerons les caractéristiques des entreprises pour dresser un portrait des entreprises de notre échantillon. Des analyses bivariées seront également effectuées pour caractériser ces entreprises selon la taille de l'entreprise et le degré d'intensité technologique de l'industrie où elle opère.

La deuxième partie des analyses portera sur l'identification des déterminants associés à l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent (BSL). Le cadre conceptuel que nous avons élaboré à la fin du chapitre 2 fait état, outre la variable de contrôle référant à l'intensité technologique de l'industrie où la PME opère, de quatre groupes de variables explicatives potentielles et d'une variable expliquée, Adoption / Non-adoption d'une série de 15 technologies de pointe qui se répartissent en quatre grandes catégories : les technologies de conception et d'ingénierie; les technologies de traitement de fabrication et d'assemblage; les technologies de communication; et les technologies d'intégration et de contrôle (voir Tableau 1).

Pour chacune des 15 technologies, la variable dépendante est binaire et correspond à la réponse dichotomique à la question suivante : *Pour chacune des technologies de pointe énumérées ci-après, veuillez indiquer si vous utilisez présentement cette technologie dans votre usine : 1=Oui; 0= Non.* Dans un tel cas, la régression linéaire ne peut être utilisée. En effet, tel que mentionné par Stafford et Bodson (2007 : 203) :

«À partir des valeurs données consignées dans les variables indépendantes, la régression classique [linéaire] renvoie à une estimation quantitative de la variable dépendante. Lorsque la variable dépendante est qualitative, le problème est d'un autre ordre. La question qui se pose est la suivante : à

quelle catégorie de la variable qualitative renvoient les valeurs prises par les variables explicatives?»

La régression logistique binaire doit donc être préconisée. Ce type de régression est très utile lorsque l'on veut comprendre ou prédire l'effet d'une ou plusieurs variables sur une variable à réponse binaire, c'est-à-dire qui ne peut prendre que deux valeurs, 0 ou 1. La régression logistique permet de modéliser la probabilité pour qu'un événement survienne, étant donné les valeurs d'un ensemble de variables explicatives quantitatives et/ou qualitatives. Dans la présente recherche, 15 régressions logistiques binaires seront estimées, une pour chaque technologie de pointe.

De façon analytique, le résultat d'une observation binaire est communément appelé «succès» ou «échec». Il est représenté mathématiquement par une variable aléatoire Y telle que $Y = 1$ s'il y a succès et $Y = 0$ s'il y a échec. Cette variable a une distribution de Bernoulli et on note par $p = P(Y = 1)$ la probabilité de succès; donc $P(Y = 0) = 1 - p$. L'espérance mathématique et la variance de Y sont, respectivement, $E(Y) = p$ et $\sigma^2(Y) = p(1 - p)$. Le résultat de Y dépend des valeurs prises par p variables explicatives X_1, \dots, X_p au moment de l'observation.

Pour le cas de notre étude, ce type de régression permettra de prédire la probabilité qu'une entreprise adopte la technologie de pointe (Adoption = 1), versus la probabilité qu'elle n'adopte pas cette technologie (Non-adoption = 0). La fonction logistique, qui va mettre en relation les variables explicatives que nous allons inclure dans le modèle aux probabilités d'occurrence des deux catégories de notre variable dépendante (Adoption / Non-adoption), va faire en sorte que la variable dépendante prenne des valeurs entre 0 et 1. De plus, la somme des probabilités de l'occurrence des deux catégories de la variable dépendante doit être égale à 1 (Field, 2009). Les postulats spécifiques à la régression logistique seront présentés au même moment de leur vérification dans le chapitre dédié aux résultats empiriques de l'étude.

De façon plus spécifique, le modèle que nous comptons estimer pour expliquer les probabilités d'adoption / non-adoption des technologies de pointe des entreprises du BSL s'écrit comme suit :

$$\text{Log} (P_i/1-P_i) = \beta_0 + \beta_i \text{ Facteurs organisationnels} + \beta_j \text{ Facteur individuels} + \beta_k \text{ Facteurs technologiques} + \beta_l \text{ Facteurs environnementaux} + \beta_m \text{ Variables de contrôle} + \varepsilon$$

où,

- β_i ($i = 1, \dots$) sont les coefficients rattachés aux différents déterminants organisationnels de l'adoption des technologies de pointe [stratégie de domination par les coûts; stratégie de différenciation; taille; disponibilité des capitaux financiers; ressources humaines dédiées à la R&D; formation favorisant l'implantation réussie des technologies; compatibilité technologique];
- β_j ($i = 1, \dots$) sont les coefficients rattachés aux différents déterminants individuels de l'adoption des technologies de pointe [perception d'utilité de la technologie; perception de la facilité d'utilisation de la technologie; résistance au changement des employés];
- β_k ($i = 1, \dots$) sont les coefficients rattachés aux différents déterminants technologiques de l'adoption des technologies de pointe [coûts d'acquisition de la technologie; coûts d'intégration de la technologie; incertitude liée à l'adoption de la technologie; complexité de la technologie];
- β_l ($i = 1, \dots$) sont les coefficients rattachés aux différents déterminants relatifs à l'environnement externe de l'adoption des technologies de pointe [réseaux de fournisseurs locaux; réseaux de clients locaux; réseaux de fournisseurs éloignés; réseaux des clients éloignés; réseaux de participation];
- β_m ($i = 1, \dots$) sont les coefficients rattachés aux variables binaires reflétant les différents niveaux d'intensité technologique des industries dans lesquels se trouvent les entreprises [intensité technologique faible; intensité technologique moyenne-faible; intensité technologique moyenne-élevée];

- $\text{Log}(P_i/1-P_i)$ correspond au Logit de la variable Adoption / Non-adoption, soit le logarithme du ratio de la probabilité qu'une entreprise adopte une technologie de pointe donnée par rapport à la probabilité que la même entreprise n'adopte pas cette technologie;
- ε est le terme d'erreur.

Avant d'estimer 15 régressions logistiques binaires nous procéderons à la validation des postulats sous-jacents à l'utilisation de ce type de modèle, en l'occurrence; i) la linéarité entre la variable dépendante et les variables indépendantes; ii) l'indépendance des erreurs; et iii) l'absence de multicollinéarité entre les variables explicatives. Nous vérifierons aussi l'unidimensionnalité et la consistance interne des variables explicatives mesurées par des indices pondérés de plusieurs items. Finalement, nous vérifierons la normalité des variables indépendantes continues. Le cas échéant, nous effectuerons des transformations monotoniques (logarithmique, de racine carré, etc.) pour normaliser ces variables.

Le logiciel de traitement statistique SPSS sera utilisé. Il permet une estimation directe de ce type de modèles (sans aucune programmation). Nous nous appuyerons essentiellement sur les livres d'Andy Field (2009), *Discovering Statistics Using SPSS*, et de Stafford et Bodson (2007), *L'analyse multivariée avec SPSS*, pour interpréter les résultats obtenus.

Dans la troisième partie des analyses, nous estimerons un modèle explicatif global de la variété des technologies adoptées par les PME. Ce modèle permettra d'identifier les prédicteurs de la capacité des PME à utiliser simultanément plusieurs technologies de pointe. Ainsi, la variable dépendante dans ce modèle est donnée par le nombre total des technologies adoptées par la PME. Ce nombre peut varier de 0 à 15. Le modèle de régression adéquat pour ce type de variable dépendante est la régression linéaire multiple. Elle s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned}
\text{NBTECH} = & \beta_0 + \beta_1 \text{STRDC} + \beta_2 \text{STRD} + \beta_3 \text{LnTAILLE} + \beta_4 \text{CAPIT} + \beta_5 \text{LnPERRD} + \\
& \beta_6 \text{FORMA} + \beta_7 \text{UTILE} + \beta_8 \text{LnFACILE} + \beta_9 \text{RESIS} + \beta_{10} \text{CTACQ} + \\
& \beta_{11} \text{CIINTE} + \beta_{12} \text{INCERT} + \beta_{13} \text{LnCOMPLEX} + \beta_{14} \text{FSSLOC} + \\
& \beta_{15} \text{LnFSSELO} + \beta_{16} \text{CLLOC} + \beta_{17} \text{LnCLELO} + \beta_{18} \text{LnRESRECH} \\
& + \beta_{19} \text{LnRESPAR} + \beta_{20} \text{INTFAIB} + \beta_{21} \text{INTMOY} + \varepsilon
\end{aligned}$$

où,

- β_i ($i = 1 \dots 21$) sont les coefficients rattachés aux différentes variables explicatives ;
- NBTECH correspond au nombre total des technologies de pointe adoptée par la PME ;
- ε est le terme d'erreur.

Avant de procéder à l'estimation de cette régression par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO), nous prendrons soins de vérifier les postulats sous-jacents à cette méthode d'estimation.

Finalement, dans la dernière partie des analyses, nous tenterons de hiérarchiser l'impact des variables indépendantes qui s'avéreront significatives dans le modèle de régression linéaire multiple. Pour ce faire, nous calculerons les élasticités partielles des variables explicatives continues significatives et les impacts marginaux des variables explicatives dichotomiques significatives. Les élasticités partielles et les impacts marginaux sont des coefficients indépendants de l'unité de mesure, ce qui permet de comparer l'ampleur des différents facteurs qui affectent l'adoption des technologies de pointe (Landry et al., 2002; Amara et al., 2008).

Le récapitulatif des analyses envisagées est présenté au Tableau 12.

Tableau 12
Tableau récapitulatif des analyses envisagées

ÉTAPES	ANALYSES ENVISAGÉES
Étape 1. Dresser le portrait des entreprises de l'échantillon	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses descriptives • Analyses bivariées <ul style="list-style-type: none"> - Tests de comparaison de moyennes - Analyse Post-Hoc - Tests d'indépendance
Étape 2. Identification des déterminants de l'adoption des technologies de pointe	<ul style="list-style-type: none"> • Unidimensionnalité et consistance interne des construits à multiples items • Validation des postulats de la régression logistique binaire • Estimation de 15 régressions logistiques binaires
Étape 3. Identification des déterminants de la variété d'adoption des technologies de pointe	<ul style="list-style-type: none"> • Validation des postulats de la régression linéaire multiple • Estimation d'une régression linéaire multiple
Étape 4. Hiérarchisation de l'impact des variables explicatives significatives	<ul style="list-style-type: none"> • Calcul des coefficients d'élasticité partielle pour les variables continues significatives • Calcul des impacts marginaux pour les variables dichotomiques significatives

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS EMPIRIQUES

4.1. Introduction

L'objectif général de cette recherche est de mieux comprendre le processus d'adoption de nouvelles technologies de pointe par les PME manufacturières au Québec et d'identifier les facteurs sur lesquels il est possible d'agir pour accroître la probabilité de succès de leurs projets d'adoption de ces nouvelles technologies.

Ce chapitre présente les résultats empiriques issus des analyses statistiques. Les sections de ce chapitre indiquent respectivement : les caractéristiques générales de l'échantillon; les analyses bivariées pour comparer les entreprises en termes d'utilisation des technologies de pointe en regard de la taille, du fait que l'entreprise est innovante ou non, et du secteur d'activité où elles opèrent; les résultats des estimations des modèles de régression logistique binaire explicatifs de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières; les résultats de l'estimation du modèle de régression linéaire multiple explicatif de la variété d'adoption des technologies de pointe par ces PME, la détermination des coefficients d'élasticité et des impacts marginaux pour hiérarchiser l'ampleur de l'impact des variables explicatives significative et finalement, la confrontation des résultats obtenus avec les hypothèses de recherche.

4.2. Portrait des entreprises

Dans cette section, il sera question d'un portrait des PME qui ont fait l'objet de l'enquête statistique. Pour dresser ce portrait, nous exposerons, dans un premier temps, les distributions de plusieurs variables d'intérêt relatives à ces entreprises et, dans un deuxième temps, nous conduirons des analyses bivariées pour caractériser l'adoption des technologies de pointe par ces entreprises selon la taille, le degré d'intensité

technologique du secteur d'activité industrielle où opère l'entreprise, et le fait que la PME est innovante ou non.

4.2.1. Caractéristiques générales de l'échantillon

4.2.1.1. Le secteur d'activité industrielle

La distribution des entreprises par secteur d'activité, ainsi que par degré d'intensité technologique, est présentée au Tableau 13. On remarque que la plus grande concentration des entreprises de l'échantillon se trouve dans les secteurs des produits de bois (50 entreprises), des aliments et boissons (39 entreprises), des produits métalliques (28 entreprises), des meubles et produits connexes (25 entreprises), et de fabrication de produits informatiques et électroniques (19 entreprises). Les secteurs les moins représentés sont le secteur de la fabrication du papier (1 entreprise), celui de la première transformation des métaux (2 entreprises), celui du matériel, appareils et composants électriques (2 entreprises), et celui des produits du pétrole et du charbon (3 entreprises).

Le Tableau 13 classe également les entreprises de l'échantillon selon leur degré d'intensité technologique. Tel qu'abordé précédemment, le degré d'intensité technologique d'une entreprise a été calculé selon la méthodologie de l'OCDE (2004). Il se dégage donc du Tableau 13 que 65,3 % des entreprises opèrent dans des secteurs à faible intensité technologique, 19,7 % dans des secteurs à moyenne intensité technologique et 15,0 % dans des secteurs à haute intensité technologique.

Les résultats de l'affectation des secteurs d'activité industrielle dans les trois catégories d'intensité technologique que nous avons construites confirment les attentes à l'effet que les entreprises des secteurs qualifiés, dans la littérature, de secteurs à «vocation scientifique», tels que ceux de la production des produits informatiques et électroniques, et de la fabrication des machines, sont plus concentrées dans les secteurs à moyenne et haute intensité technologique que les entreprises des secteurs industriels plus «traditionnels», tels que ceux de la fabrication des vêtements, et de l'impression et

activités connexes de soutien qui se retrouvent surtout dans la catégorie des secteurs à faible intensité technologique.

Tableau 13

Distribution des entreprises selon l'intensité technologique de l'industrie ^a

Description des industries	<i>Nombre d'entreprises (%)</i>
Intensité technologique élevée	37 (15,0 %)
➤ Produits informatiques et électroniques	5
➤ Matériel, appareils et composantes électriques	2
➤ Produits chimiques	7
➤ Matériel de transport	11
➤ Machines non électriques	11
➤ Autres ^b	1
Intensité technologique moyenne	49 (19,7 %)
➤ Produits en caoutchouc et en plastique	5
➤ Produits minéraux non métalliques	7
➤ Produits métalliques	28
➤ Produits du pétrole et du charbon	3
➤ Première transformation des métaux	2
➤ Autres ^b	4
Intensité technologique faible	162 (65,3 %)
➤ Aliments et boissons	39
➤ Usines textiles & Usines de produits textiles	8
➤ Vêtements & Produits en cuir et produits analogues	13
➤ Produits en bois	50
➤ Fabrication du papier	1
➤ Meubles et produits connexes	25
➤ Impression et activités connexes de soutien	16
➤ Autres ^b	9
Total	248 (100%)

^a Les industries sont agrégées selon la taxonomie de l'OCDE basée sur l'intensité en R&D (Hatzichronoglou, 1997; OCDE, 2004).

^b Cette catégorie inclut les entreprises affectées selon leur principal produit.

4.2.1.2. Taille des entreprises appréhendée par le nombre d'employés

Lorsque l'on considère la taille des entreprises, telle qu'indiquée par le nombre d'employés, on peut observer au Tableau 14 que 21 % des entreprises ont moins de 5 employés, 40,7 % ont de 5 à 20 employés, 18,5 % ont de 21 à 99 employés, et 19,8 % ont 50 employés et plus. Au total, 80,2 % des entreprises ont moins de 50 employés et seulement 11,3 % ont 100 employés et plus. Ces résultats illustrent avec éloquence que notre échantillon est constitué surtout de petites entreprises.

Tableau 14
Distribution des entreprises selon la taille

	Nombre d'entreprises	%
De 1 à 4 employés	52	21,0
De 5 à 20 employés	101	40,7
De 21 à 49 employés	46	18,5
De 50 à 99 employés	21	8,5
100 employés et plus	28	11,3
Ensemble des entreprises	248	100

4.2.1.3. L'innovation dans les PME

Dans le cadre de cette recherche, l'innovation a été définie de la même manière que dans les enquêtes réalisées dans les pays de l'OCDE, suivant en cela les nouvelles pratiques élaborées dans le Manuel d'Oslo.

Le recours aux principes directeurs du Manuel d'Oslo est très répandu auprès de chercheurs de plusieurs pays, dont le Canada, notamment en ce qui a trait à la typologie d'innovation proposée. La première édition de ce Manuel, publiée en 1992, visait à proposer une méthodologie permettant des études comparatives sur l'innovation. La

seconde édition, publiée en 1997, a permis, pour l'essentiel, d'actualiser les méthodes de collectes de données en fournissant des principes directeurs pour la création d'indicateurs d'innovation (OCDE, 1997 : 5). Finalement, la publication de la troisième édition du Manuel d'Oslo (OCDE, 2005) présente une évolution au concept d'innovation en mettant davantage l'accent sur l'importance des liens entre les entreprises et les institutions dans le processus d'innovation.

Pour déterminer si une firme est innovatrice ou non, le Manuel d'Oslo propose deux questions principales : « Au cours des trois dernières années, votre entreprise a-t-elle développé ou amélioré de façon significative les produits ou services offerts à ses clients? » et « Au cours des trois dernières années, votre entreprise a-t-elle introduit ou amélioré de façon significative les procédés de fabrication de ses produits ou services? ». La réponse "oui" à la première question signifie que l'entreprise est innovante en produits. La réponse "oui" à la deuxième question indique qu'elle est innovante en procédés de fabrication. La réponse "oui", simultanément aux deux questions, indique que l'entreprise est innovante en produits et en procédés. Finalement, la réponse "non" aux deux questions signifie que l'entreprise est non innovante.

La répartition des entreprises de notre échantillon, selon la propension à innover mesurée selon les principes directeurs du Manuel d'Oslo, indique que, dans l'ensemble, 70,2 % des PME ont réalisé des innovations de produits, des innovations de procédés ou des innovations de produits et de procédés simultanément au cours de la période des trois années qui ont précédé l'enquête (Tableau 15). Les résultats rapportés dans ce tableau montrent également qu'il y a proportionnellement plus d'établissements qui innovent en nouveaux produits et procédés simultanément (55,2 %) qu'il y en a qui innovent en produits seulement (10,9 %) ou en procédés de fabrication seulement (4,0 %). Finalement, 29,8 % des PME ont indiqué qu'elles n'avaient apporté aucun changement à leurs produits et procédés de fabrication au cours des trois années qui ont précédé l'enquête.

Tableau 15**L'innovation dans les entreprises**

Type d'innovation	Nombre	%
Total des entreprises innovantes	174	70,2
Aucune innovation	74	29,8
En produits seulement	27	10,9
En procédés seulement	10	4,0
En produits et procédés simultanément	137	55,2
Total	248	100,0

4.2.1.4. Les ressources dédiées à la R&D par les PME

Dans cette étude, la R&D est considérée comme un indicateur du niveau de professionnalisation de la création de connaissances des activités qui soutiennent l'innovation et l'intégration des technologies dans les entreprises. Elle indique les efforts déployés par l'entreprise pour améliorer sa capacité d'absorption des nouvelles connaissances, ressource critique dans les processus d'innovation et d'adoption des technologies de pointe.

Dans le cadre de la présente recherche, ce niveau de professionnalisation des PME a été appréhendé avec quatre indicateurs :

- Le pourcentage d'établissements qui réalisent des activités de R&D;
- Le pourcentage d'établissements qui réalisent des activités de R&D et obtiennent des crédits d'impôts à la R&D;
- Les ressources humaines affectées à la R&D;
- Les investissements dédiés à la R&D.

Le Tableau 4 illustre l'état de la situation en matière de R&D. Tout d'abord, on constate que 43,4 % des PME ont effectué des activités de R&D au cours des trois dernières années précédant l'enquête. De ces 43,4 %, moins de la moitié (46,3 %) ont obtenu des crédits d'impôts à la R&D. Le Tableau 16 rend également compte des ressources humaines dédiées à la R&D. Ainsi, on peut y voir que les PME de la région qui font de la R&D y consacrent en moyenne 2,71 personnes. Finalement, en ce qui a trait aux investissements affectés à la R&D, les résultats indiquent que les PME du Bas-Saint-Laurent investissent en moyenne à hauteur de 8,45 % de leur chiffre d'affaires à la R&D.

Tableau 16

Indicateurs de recherche et développement

	Oui		Non	
	<i>Nombre</i>	<i>%</i>	<i>Nombre</i>	<i>%</i>
L'établissement a-t-il réalisé des activités de R-D ?	108	43,4	140	56,6
L'établissement qui fait de la R-D a-t-il obtenu des crédits d'impôt à la R-D ?	50	46,3	58	53,7
Nombre moyen de personnes qui travaillent en R-D	2,71 (2,92) ^a			
Pourcentage moyen du chiffre d'affaires consacré à la R-D	8,45 (15,42)			

^a Les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts types.

4.2.1.5. Les réseaux d'idées et d'information des PME

Comme il a été abordé précédemment, les capacités d'innovation et d'adoption de nouvelles technologies des entreprises dépendent de sources externes d'idées et d'information que les experts qualifient de plus en plus couramment de capital de réseaux ou de capital social. Ce capital de réseaux ou capital social renvoie à la variété des sources externes d'idées et d'information qui soutiennent les projets et les activités des entreprises avec lesquelles elles entretiennent des relations d'échange de connaissances. Le capital de réseaux définit les possibilités sociales d'innovation dans les entreprises en indiquant la variété des relations d'échange d'idées et d'information des entreprises avec leur environnement. L'échange d'idées et d'information transite par des personnes et, ce faisant, devient incorporé dans des réseaux où circulent la connaissance codifiée, mais également la connaissance tacite qui est très sensible au contexte social de l'interaction, particulièrement à la confiance qui existe entre les personnes. Ces réseaux d'échange de connaissances permettent aux entreprises d'identifier des idées et des informations qui constituent des opportunités pour prendre des décisions stratégiques telles que l'innovation et l'adoption de technologies de pointe.

Dans la cadre de l'enquête à la base de la présente recherche, il a été d'abord demandé aux dirigeants des PME du Bas-Saint-Laurent d'indiquer quelles sources d'information et d'idées ils ont utilisées au cours des trois dernières années précédant l'enquête pour l'amélioration ou le développement de nouveaux produits et de nouveaux procédés de fabrication dans leur établissement. Principalement, trois groupes de sources ont été considérés : les clients, les fournisseurs et les établissements d'enseignement, de recherche et de transfert. Le Tableau 17 rapporte le pourcentage d'utilisation fréquente de ces sources. Il se dégage que les sept sources les plus fréquemment utilisées dans le Bas-Saint-Laurent sont les suivantes :

- Les fournisseurs d'ailleurs au Québec (58,6 %);
- Les clients d'ailleurs au Québec (55,7 %);

- Les clients situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise (50,6 %);
- Les fournisseurs situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise (49,4 %);
- Les clients d'ailleurs au Canada (33,3 %);
- Les fournisseurs d'ailleurs au Canada (25,3 %);
- Les clients des États-Unis (24,1 %).

Le Tableau 17 montre également que les établissements d'enseignement, de recherche et de transfert constituent des sources d'idées et d'information qui, en moyenne, sont moins fréquemment utilisées que les clients et fournisseurs locaux ou provinciaux (Tableau 17) :

- Les cégeps (18,4 %);
- Le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) (17,8 %);
- Les universités (16,7 %);
- Les centres collégiaux de liaison et de transfert de technologies (14,9 %);
- Le Conseil national de recherche du Canada (CNRC/PARI) (13,8 %).

Finalement, les résultats relatifs à l'utilisation des sources d'idées et d'information indiquent, comme on peut le voir au bas du Tableau 17, que les entreprises utilisent en moyenne 5,28 sources différentes d'idées et d'information au moment du développement ou de l'amélioration de leurs produits et procédés (médiane = 5 sources). Les résultats montrent aussi que le nombre de sources différentes d'idées et d'information que les entreprises utilisent est étroitement lié au nombre d'employés. En effet, tel qu'illustré à la Figure 4, les petites entreprises utilisent un plus petit nombre de sources d'idées et d'information de sources externes que les autres.

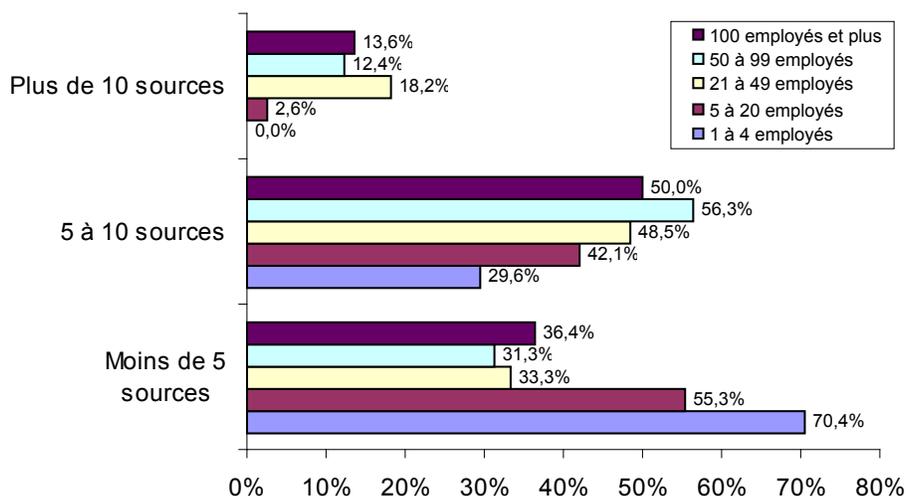
En guise de sommaire, notre analyse de la fréquence d'utilisation des sources externes d'idées et d'information corrobore ce qui est ressorti dans les travaux antérieurs à l'effet que les sources du marché, notamment les fournisseurs et les clients, sont les sources les plus fréquemment utilisées par les PME lorsqu'elles entreprennent des projets stratégiques tels que des projets d'innovation ou encore d'adoption de technologies de pointe.

Tableau 17
Fréquence d'utilisation des sources d'information utilisées pour le développement de l'innovation des entreprises

Sources d'information	Source utilisée ^a	Source non utilisée	NSP/NRP	Total
(En % des entreprises innovantes)				
Clients				
➤ Situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise	50,6	44,3	5,1	100,0
➤ D'ailleurs au Québec	55,7	37,4	6,9	100,0
➤ D'ailleurs au Canada	33,3	52,9	13,8	100,0
➤ Des États-Unis	24,1	58,6	17,3	100,0
➤ D'ailleurs dans le monde	11,5	64,4	24,1	100,0
Fournisseurs				
➤ Situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise	49,4	44,8	5,8	100,0
➤ D'ailleurs au Québec	58,6	36,2	5,2	100,0
➤ D'ailleurs au Canada	25,3	58,0	16,7	100,0
➤ Des États-Unis	17,8	64,9	17,3	100,0
➤ D'ailleurs dans le monde	10,3	66,7	23,0	100,0
Établissements d'enseignement, de recherche et de transfert				
➤ Universités	16,7	63,2	20,1	100,0
➤ Cégeps	18,4	63,2	18,4	100,0
➤ Centres collégiaux de liaison et de transfert de technologies	14,9	64,9	20,2	100,0
➤ Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)	17,8	6,2	19,0	100,0
➤ Conseil national de recherche du Canada (CNRC/PARI)	13,8	67,2	19,0	100,0
Nombre moyen de sources utilisées	5,28 sources			
Médiane du nombre de sources utilisées	5,0 sources			

^a Nous avons considéré qu'une PME utilise une source particulière d'information lorsqu'elle qualifie d'*importante*, de *très importante* ou encore d'*extrêmement importante* l'influence de cette source dans l'amélioration ou le développement de ses nouveaux produits et procédés.

Figure 4
Variété des sources d'information utilisées par les PME selon la taille



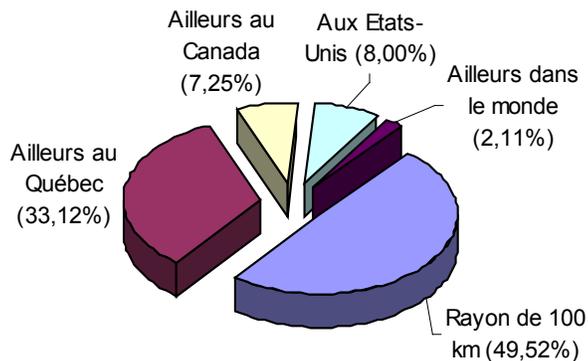
4.2.1.6. Les réseaux des ventes et des achats des PME

Au moment de la vente de leurs produits ou de l'achat des intrants nécessaires à la production, les entreprises échangent régulièrement des idées et des informations au sujet de leurs produits avec leurs clients, et de leurs besoins en intrants avec leurs fournisseurs. Ces échanges engendrent des connaissances très utiles pour décider ou non d'aller de l'avant avec des projets de développement ou d'amélioration de produits ou d'adoption de nouvelles technologies. Pour le cas des PME, ces échanges surviennent surtout avec les réseaux de clients et de fournisseurs situés dans la région où les entreprises opèrent (Becheikh, et al., 2006b).

Pour le cas des PME du Bas-Saint-Laurent, et comme on peut le voir au Tableau 18 ou à la Figure 5, ces PME réalisent 49,52 % de leurs ventes dans un rayon de 100 km de l'entreprise, 33,12 % ailleurs au Québec, 7,25 % ailleurs au Canada, 8,0 % aux États-Unis et 2,11 % ailleurs dans le monde. Le Tableau 18 rapporte aussi le pourcentage de ventes que représentent les trois plus importants clients. On peut constater que les ventes moyennes aux trois plus importants clients représentent 47,54 % des ventes totales.

Tableau 18**Répartition des entreprises selon les zones géographiques de la réalisation de leurs chiffres d'affaires et importance des trois plus importants clients**

Zones géographiques de la réalisation des ventes	% moyen ^a	Écart type
Dans un rayon de 100 km de l'entreprise	49,52	38,88
Ailleurs au Québec	33,12	31,12
Ailleurs au Canada	7,25	14,21
Aux États-Unis	8,00	21,25
Ailleurs dans le monde	2,11	11,48
Total	100,0	
% Moyen du chiffre de ventes que représentent les trois plus importants clients :		
% Moyen : 47,54		Écart type : 28,87

Figure 5**Répartition des entreprises selon les zones géographiques de la réalisation de leurs chiffres d'affaires**

Pour ce qui est de la répartition géographique des achats, les PME du Bas-Saint-Laurent réalisent 37,20 % de leurs achats dans un rayon de 100 km de l'entreprise, 52,53 % ailleurs au Québec, 7,05 % ailleurs au Canada, 2,17 % aux États-Unis et 1,05 % ailleurs dans le monde (Tableau 19 et Figure 6). Ces constats suggèrent que les entreprises du Bas-Saint-Laurent sont bien intégrées dans le marché de l'économie

québécoise, en y effectuant plus de la moitié de leurs achats. Pour ces PME, le pourcentage moyen des achats auprès des trois plus importants fournisseurs s'élève à 58 % des achats totaux.

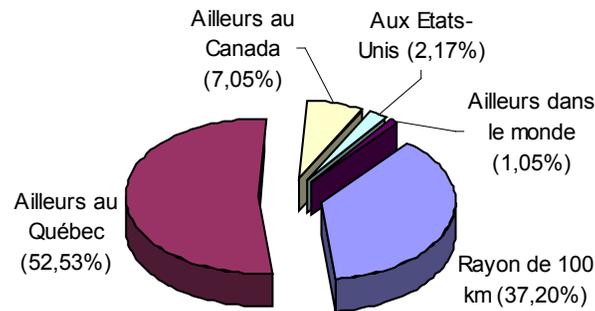
L'importance que revêtent les trois plus importants clients dans les ventes, ou encore les trois plus importants fournisseurs dans les achats, suggère que les PME du Bas-Saint-Laurent sont vulnérables. En effet, le pouvoir de négociation des trois clients les plus importants est élevé lorsqu'ils représentent une proportion élevée des ventes, comme c'est le cas des PME du Bas-Saint-Laurent. Comme ils représentent une source de revenus incontournable ou difficilement substituable pour l'entreprise vendeuse, ils sont en position de force et peuvent imposer des conditions commerciales très défavorables à l'entreprise vendeuse. De la même manière, l'importance que représentent les trois plus importants fournisseurs dans les achats des entreprises du Bas-Saint-Laurent place également les entreprises de cette région en situation de vulnérabilité. Des fournisseurs peu nombreux et importants dans la structure d'achat des entreprises peuvent imposer leurs conditions commerciales aux entreprises concernées.

Tableau 19

Répartition des entreprises selon les zones géographiques de la réalisation de leurs achats

Zones géographiques de la réalisation des achats	% moyen	Écart type
Dans un rayon de 100 km de l'entreprise	37,20	34,52
Ailleurs au Québec	52,53	46,68
Ailleurs au Canada	7,05	17,36
Aux États-Unis	2,17	9,44
Ailleurs dans le monde	1,05	5,77
Total	100,0	
% Moyen des achats que représentent les trois plus importants fournisseurs :		
% Moyen : 58,00		Écart type : 27,60

Figure 6
Répartition des entreprises selon les zones géographiques de la réalisation de leurs achats



4.2.2. Caractérisation de l'utilisation des technologies de pointe selon la taille, l'intensité technologique et la propension à innover

Nous procéderons maintenant à des analyses statistiques bivariées pour comparer l'utilisation des technologies de pointe par les PME en regard de trois variables : la taille de la PME, l'intensité du secteur technologique où elle opère et le fait qu'elle est une entreprise innovante ou non. Les définitions opérationnelles de toutes les variables utilisées dans ces analyses ont été présentées dans le chapitre consacré à la méthodologie.

4.2.2.1. L'utilisation des technologies de pointe selon la taille

Le Tableau 20 récapitule la distribution des PME entre utilisatrices et non utilisatrices des 15 technologies de pointe retenues dans notre étude selon la taille exprimée en nombre d'employés. Trois intervalles de taille ont été considérés : *moins de 10 employés*, *entre 10 et 49 employés*, et *50 employés et plus*. Le Tableau 20 rapporte également, pour chaque technologie, les résultats de tests de proportions (Chi-carré) pour établir la dépendance ou l'indépendance entre l'utilisation ou non d'une technologie de

pointe donnée et la taille de la PME. Les trois intervalles de taille ont été identifiés par les lettres a, b et c. Lorsque l'hypothèse d'indépendance entre deux groupes d'entreprises classées selon la taille n'est pas rejetée, le signe « = » est indiqué. Lorsque les PME appartenant à l'intervalle regroupant des PME de moins de 10 employés (groupe a) affichent un pourcentage moyen d'utilisation pour une technologie donnée supérieur au pourcentage affiché par les PME appartenant à l'intervalle regroupant des PME entre 10 et 49 employés (groupe b), alors le signe + est associé à la lettre b «+b», et ainsi de suite.

Les résultats rapportés dans le Tableau 20 permettent de dégager les faits saillants suivants :

- Pour les quatre technologies de conception et d'ingénierie, les PME de 50 employés et plus affichent des pourcentages d'utilisation plus élevés que les PME de plus petite taille. Pour leur part, les PME de 10 à 49 employés sont plus nombreuses à utiliser la technologie CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur, et la technologie d'échange électronique de fichiers, que les PME de moins de 10 employés;
- Pour les quatre technologies de traitement, fabrication et assemblage, les PME de 50 employés et plus affichent des pourcentages d'utilisation plus élevés que les PME de plus petite taille, à l'exception de la technologie de grande précision dimensionnelle. Pour cette dernière, les tests statistiques n'ont pas révélé de différences statistiquement significatives selon la taille. En outre, les entreprises de 10 à 49 employés sont plus nombreuses à utiliser les automates ou procédés programmables que les entreprises de moins de 10 employés;
- Pour les réseaux de communication, la hiérarchie selon la taille est respectée partout, sauf pour le cas du réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production. Pour cette technologie, aucune différence statistiquement significative n'a été détectée entre les PME de moins de 10 employés et celles comptant entre 10 et 49 employés;
- Finalement, pour quatre des technologies d'intégration et de contrôle, les résultats indiquent, de manière systématique, que plus la taille de l'entreprise augmente, plus la proportion d'utilisation de ces technologies de pointe augmente.

En guise de sommaire à cette analyse du pourcentage d'utilisation des technologies de pointe selon la taille, il se dégage clairement que plus l'entreprise est grande, plus elle a tendance à utiliser des technologies de pointe.

Pour pousser plus loin cette analyse, nous avons comparé les entreprises regroupées selon la taille en regard du nombre de technologies de pointe utilisées. Pour ce faire, nous avons effectué un test de comparaison des moyennes pour des échantillons indépendants en recourant au test d'ANOVA. La variable dépendante est opérationnalisée par le nombre total de technologies utilisées (ce nombre peut varier de 0 à 15), et la variable indépendante ou facteur est donné par la variable nominale qui renvoie aux trois groupes de taille (moins de 10 employés, entre 10 et 49 employés, 50 employés et plus). Ainsi, nous avons d'abord testé l'homogénéité des variances par le test de Levene. L'hypothèse nulle (H_0) du test de Levene est l'égalité des variances entre les groupes. Puisque les résultats du test de Levene ne sont pas significatifs au seuil 5 % (p-value > 0,05 (0,185)), nous ne pouvons rejeter H_0 et statuons ainsi de l'égalité des variances. Ce résultat nous permet d'utiliser le test de comparaison de moyennes de Duncan *Post Hoc* pour comparer les moyennes entre les groupes. L'hypothèse nulle du test d'ANOVA est l'égalité des moyennes entre les groupes. Puisque le test s'est avéré significatif au seuil de 1 % (p-value = 0,000), nous avons rejeté l'hypothèse nulle de l'égalité des moyennes et attestons par le fait même qu'il existe des différences de moyennes entre les groupes. Pour classer ces groupes dans des sous-ensembles homogènes, nous avons ensuite utilisé le test de Duncan dans une analyse *Post Hoc*. Les résultats rapportés à ce chapitre au Tableau 21 indiquent l'existence de trois groupes homogènes d'entreprises. Ainsi, nous avons trouvé que les entreprises de 50 employés et plus utilisent en moyenne un nombre plus élevé de technologies que les deux autres groupes d'entreprises de plus petite taille. Les résultats du test indiquent également que les entreprises de 10 à 49 employés utilisent plus de technologies de pointe que les entreprises de moins de 10 employés. Ces résultats corroborent ceux obtenus auparavant, tant dans cette recherche que dans plusieurs travaux antérieurs (Damanpour, 1987; Germain, 1993; Fichman, 2004), à l'effet qu'il existe une corrélation positive entre la taille et l'adoption des technologies de pointe.

Tableau 20
Distribution des technologies de pointe pour les trois types d'industries selon la taille de la PME

Taille de la PME en nombre d'employés	Toutes les PME		Moins de 10 employés [a]		Entre 10 et 49 employés [b]		50 employés et plus [c]	
	Utilisée	Non	Utilisée	Non	Utilisée	Non	Utilisée	Non
Types de technologies de pointe	En % des PME							
Conception et ingénierie								
➤ Conception/Ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	36.7	63.3	26.7 ^{=b-c}	73.3	36.7 ^{=a-c}	63.3	57.1 ^{+a+b}	42.9
➤ CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur (CFAO)	32.3	67.7	19.8 ^{=b-c}	80.2	30.6 ^{+a-c}	69.4	61.2 ^{+a+b}	38.8
➤ Technologie de modélisation ou de simulation	14.5	85.5	11.9 ^{=b-c}	88.1	13.3 ^{=a-c}	86.7	22.4 ^{+a+b}	77.6
➤ Échange électronique de fichiers	30.2	69.8	16.8 ^{=b-c}	83.2	32.7 ^{+a-c}	67.3	53.1 ^{+a+b}	46.9
Traitement, fabrication et assemblage								
➤ Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)	14.9	85.1	9.9 ^{=b-c}	90.1	12.2 ^{=a-c}	87.8	30.6 ^{+a+b}	69.4
➤ Automates ou procédés programmables	32.3	67.7	16.8 ^{=b-c}	83.2	30.6 ^{+a-c}	69.4	67.3 ^{+a+b}	32.7
➤ Usinage à grande vitesse	16.5	83.5	9.9 ^{=b-c}	90.1	11.2 ^{=a-c}	88.8	40.8 ^{+a+b}	59.2
➤ Technologie de grande précision dimensionnelle	14.9	85.1	13.9 ^{=b=c}	86.1	13.3 ^{=a=c}	86.7	20.4 ^{=a=b}	79.6
Réseaux de communication								
➤ Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	28.2	71.8	19.8 ^{=b-c}	80.2	26.5 ^{=a-c}	73.5	49.0 ^{+a+b}	51
➤ Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	27.8	72.2	15.8 ^{=b-c}	84.2	25.5 ^{+a-c}	74.5	57.1 ^{+a+b}	42.9
➤ Réseaux informatiques interentreprises (dont les extranets et l'échange de documents informatisés)	25	75	12.9 ^{=b-c}	87.1	24.5 ^{+a-c}	75.5	51.0 ^{+a+b}	49.0
Intégration et Contrôle								
➤ Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	30.6	69.4	17.8 ^{=b-c}	82.2	30.6 ^{+a-c}	69.4	57.1 ^{+a+b}	42.9
➤ Production assistée par ordinateur (PAO)	29.8	70.2	15.8 ^{=b-c}	84.2	29.6 ^{+a-c}	70.4	59.2 ^{+a+b}	40.8
➤ Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	32.3	67.7	14.9 ^{=b-c}	85.1	31.6 ^{+a-c}	68.4	69.4 ^{+a+b}	30.6
➤ Utilisation de données d'inspection pour le contrôle	34.3	65.7	16.8 ^{=b-c}	83.2	37.8 ^{+a-c}	62.2	63.3 ^{+a+b}	36.7

« a », « b » et « c » réfèrent aux trois groupes de taille. Les signes « + » et « - » indiquent que, pour chacune des technologies de pointe énumérées dans les lignes du tableau, la proportion des PME qui utilisent cette technologie est statistiquement et significativement ($p < .1$) supérieure ou inférieure pour l'intervalle de taille considéré dans les colonnes du tableau que les autres intervalles de taille selon des tests de Chi-carré. Le signe « = » indique l'absence de différences entre deux groupes de PME appartenant à deux intervalles de taille différents en ce qui a trait à l'utilisation d'une technologie de pointe donnée.

Tableau 21**Comparaison du nombre de technologies de pointe utilisées selon la taille de l'entreprise (Duncan Post Hoc Test)**

Nombre total de technologies de pointe utilisées				
		Sous-ensembles pour $\alpha = 0,05$		
Taille de l'entreprise	N	1	2	3
• Moins de 10 employés	101	2,396		
• Entre 10 et 49 employés	98		3,867	
• 50 employés et plus	49			7,592
Signification ^a		1,000	1,000	1,000
p-value pour le test d'égalité des variances de Levene	0,185			

Note : Les chiffres dans les colonnes correspondent aux moyennes du nombre de technologies de pointe utilisées par les PME selon la taille. Lorsque la signification du test est supérieure au seuil de $\alpha = ,05$, l'hypothèse nulle, soit l'égalité des moyennes des sous-ensembles, ne peut être rejetée.

4.2.2.2. L'utilisation des technologies de pointe selon le degré d'intensité technologique

L'utilisation des technologies de pointe par les PME du Bas-Saint-Laurent selon le degré d'intensité technologique du secteur où elles opèrent (intensité technologique faible, intensité technologique moyenne, intensité technologique élevée) est illustrée au Tableau 22. Plus spécifiquement, ce tableau rapporte, pour chaque technologie, les résultats de tests de proportions (Chi-carré) pour établir la dépendance ou l'indépendance entre l'utilisation ou non d'une technologie de pointe donnée et le degré d'intensité technologique du secteur où la PME opère. Il se dégage que :

- Pour les quatre technologies de conception et d'ingénierie, les PME de 50 employés et plus affichent des pourcentages d'utilisation plus élevés que les PME de plus petite taille, sauf pour le cas des technologies de modélisation ou de simulation où les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différences statistiquement significatives entre les PME opérant dans les industries à intensité technologique élevée et celles opérant dans les industries à intensité technologique moyenne;

- Pour les quatre technologies de traitement, fabrication et assemblage, le degré d'intensité technologique du secteur où la PME opère et l'utilisation de la technologie se sont avérés deux variables indépendantes pour deux de ces quatre technologies, en l'occurrence les automates ou procédés programmables et l'usinage à grande vitesse. Par ailleurs, les PME opérant dans les industries à intensité technologique moyenne sont moins nombreuses à utiliser les cellules ou systèmes à fabrication flexible (CFF) que les autres PME. Finalement, la technologie de grande précision dimensionnelle est plus utilisée par les PME opérant dans les industries à intensité technologique moyenne comparativement aux PME opérant dans les industries à intensité technologique faible;
- Concernant les réseaux de communication utilisés par les PME du Bas-Saint-Laurent, les résultats rapportés dans le Tableau 22 indiquent que les PME opérant dans les industries à faible intensité technologique utilisent moins les réseaux locaux pour les besoins de l'ingénierie ou de la production et les réseaux informatiques interentreprises que les autres PME, alors qu'il n'y a pas de différences entre les trois groupes de PME en ce qui a trait au pourcentage d'utilisation des réseaux informatiques élargis;
- Finalement, pour les quatre technologies d'intégration et de contrôle, les résultats indiquent que les PME opérant dans les industries à faible intensité technologique utilisent moins ces quatre technologies que les PME opérant dans des industries à moyenne et à haute intensité technologique.

Nous avons également comparé les trois groupes de PME (intensité technologique faible, intensité technologique moyenne, intensité technologique haute) en regard du nombre total de technologies de pointe utilisées. Pour ce faire, nous avons procédé à un test de comparaison des moyennes pour des échantillons indépendants en recourant au test d'ANOVA. Tout d'abord, nous avons testé l'homogénéité des variances avec le test de Levene. L'hypothèse nulle (H_0) du test de Levene est l'égalité des variances entre les groupes. Puisque les résultats du test de Levene ne sont pas significatifs au seuil 5 % (p-value > 0,05 (0,335), nous ne pouvons rejeter H_0 et statuons ainsi de l'égalité des variances. Ce résultat nous permet d'utiliser le test de comparaison de moyennes de

Duncan *Post Hoc* pour comparer les moyennes entre les groupes. Le test d'ANOVA d'égalité des moyennes entre les groupes c'est avérée significatif au seuil de 5 % (p-value = 0,013), ce qui permet de rejeter l'hypothèse nulle de l'égalité des moyennes. Les résultats du test de Duncan dans une analyse *Post Hoc* confirment ce dernier résultat puisque, comme on peut le constater au Tableau 23, deux groupes d'entreprises ne se distinguent pas les uns par rapport aux autres au chapitre du nombre de technologies de pointe utilisées. Plus spécifiquement, les résultats de ce test indiquent que les PME opérant dans des industries à faible intensité technologique recourent à un nombre plus faible de technologies que celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée (Tableau 23).

Tableau 22

Distribution des technologies de pointe selon le degré d'intensité technologique du secteur où la PME opère

	Toutes les PME		Industries à faible intensité technologique [a]		Industries à intensité technologique moyenne [b]		Industries à intensité technologique élevée [c]	
	Utilisée	Non	Utilisée	Non	Utilisée	Non	Utilisée	Non
Pour chacune des technologies de pointe énumérées ci-après, veuillez indiquer si vous utilisez présentement cette technologie dans votre usine.								
Types de technologies De pointe	En % des PME							
Conception et ingénierie								
↘ Conception/Ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	36.7	63.3	33.3 ^{=b-c}	66.7	32.7 ^{=a-c}	67.3	56.8 ^{+a+b}	43.2
↘ CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur (CFAO)	32.3	67.7	28.4 ^{=b-c}	71.6	36.7 ^{=a-c}	63.3	43.2 ^{+a+b}	56.8
↘ Technologie de modélisation ou de simulation	14.5	85.5	8 ^{=b-c}	92	28.6 ^{+a=c}	71.4	24.3 ^{+a=b}	75.7
↘ Échange électronique de fichiers	30.2	69.8	27.2 ^{=b-c}	72.8	28.6 ^{=a-c}	71.4	45.9 ^{+a+b}	54.1
Traitement, fabrication et assemblage								
↘ Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)	14.9	85.1	15.4 ^{+b=c}	84.6	6.1 ^{-a-c}	93.9	24.3 ^{+a+b}	75.7
↘ Automates ou procédés programmables	32.3	67.7	30.9 ^{=b=c}	69.1	32.7 ^{=a=c}	67.3	37.8 ^{=a=b}	62.2
↘ Usinage à grande vitesse	16.5	83.5	14.2 ^{=b=c}	85.8	20.4 ^{=a=c}	79.6	21.6 ^{=a=b}	78.4
↘ Technologie de grande précision dimensionnelle	14.9	85.1	12.3 ^{=b=c}	87.7	22.4 ^{+a=c}	77.6	16.2 ^{=a=b}	83.8
Réseaux de communication								
↘ Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	28.2	71.8	22.2 ^{=b-c}	77.8	34.7 ^{+a=c}	65.3	45.9 ^{+a=b}	54.1

➤ Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	27.8	72.2	27.2 ^{=b=c}	72.8	30.6 ^{=a=c}	69.4	27 ^{=a=b}	73.0
➤ Réseaux informatiques interentreprises (dont les extranets et l'échange de documents informatisés)	25	75	19.8 ^{-b=c}	80.2	34.7 ^{+a=c}	65.3	35.1 ^{+a=b}	64.9
Intégration et Contrôle								
➤ Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	30.6	69.4	26.5 ^{-b=c}	73.5	40.8 ^{+a=c}	59.2	35.1 ^{+a=b}	64.9
➤ Production assistée par ordinateur (PAO)	29.8	70.2	25.9 ^{-b=c}	74.1	38.8 ^{+a=c}	61.2	35.1 ^{+a=b}	64.9
➤ Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	32.3	67.7	29.0 ^{=b=c}	71.0	34.7 ^{=a=c}	65.3	43.2 ^{+a=b}	56.8
➤ Utilisation de données d'inspection pour le contrôle	34.3	65.7	27.8 ^{-b=c}	72.2	42.9 ^{+a=c}	57.1	51.4 ^{+a=b}	48.6

« a », « b » et « c » réfèrent aux trois groupes de secteurs selon leur degré d'intensité technologique. Les signes « + » et « - » indiquent que, pour chacune des technologies de pointe énumérées dans les lignes du tableau, la proportion des PME qui utilisent cette technologie est statistiquement et significativement ($p < .1$) supérieure ou inférieure pour le degré d'intensité technologique considéré dans les colonnes du tableau que les autres degrés d'intensité technologique selon des tests de Chi-carré. Le signe « = » indique l'absence de différences entre deux groupes de PME appartenant à deux degrés d'intensité technologique différents en ce qui a trait à l'utilisation d'une technologie de pointe donnée.

Tableau 23

Comparaison du nombre de technologies de pointe utilisées selon le degré d'intensité technologique du secteur où l'entreprise opère (Duncan Post Hoc Test)

Nombre total de technologies de pointe utilisées			
		Sous-ensembles pour $\alpha = 0,05$	
Degré d'intensité technologique	N	1	2
• Faible intensité technologique	162	3,481	
• Moyenne intensité technologique	49	4,653	4,653
• Intensité technologique élevée	37		5,432
Signification ^a		1,000	1,000
p-value pour le test d'égalité des variances de Levene	0,335		

Note : Les chiffres dans les colonnes correspondent aux moyennes du nombre de technologies de pointe utilisées par les PME selon le degré d'intensité technologique. Lorsque la signification du test est supérieure au seuil de $\alpha = .05$, l'hypothèse nulle, soit l'égalité des moyennes des sous-ensembles, ne peut être rejetée.

4.2.2.3. L'utilisation des technologies de pointe selon la propension à innover

La littérature consultée dans le cadre de cette recherche a montré l'existence d'une relation positive entre l'utilisation des technologies et l'innovation (Becheikh et al., 2006a; Amara et al., 2010). Nous avons alors effectué des tests de proportion (Chi-carré)

pour établir l'existence ou non d'une relation de dépendance entre la propension des PME à innover et leur utilisation des technologies de pointe. La distribution des PME utilisatrices et non utilisatrices des quinze technologies retenues dans notre recherche, selon qu'elles sont innovantes ou non, est présentée au Tableau 24. Ce tableau rapporte également les résultats des tests de proportion pour chaque technologie. Il se dégage qu'à l'exception d'une seule technologie appartenant au groupe traitement, fabrication et assemblage, soit les ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine, pour laquelle l'hypothèse nulle d'indépendance n'a pu être rejetée, les PME innovantes sont plus nombreuses à utiliser les 14 autres technologies de pointe que les PME non innovantes. Ces résultats sont corroborés par ceux du test de comparaisons de moyennes sur deux échantillons indépendants rapportés au Tableau 25. En effet, nous avons comparé le nombre total de technologies utilisées par les PME selon qu'elles sont innovantes ou non. En assumant l'égalité des variances pour chacun des deux groupes (le test de Levene ne permettant pas de rejeter l'hypothèse H_0 stipulant l'égalité des variances, car $p\text{-value} = 0,191 > 0,050$), les résultats du test t indiquent que les PME innovantes utilisent en moyenne un plus grand nombre de technologies de pointe (4,68 technologies) que les PME non innovantes (2,40 technologies).

Tableau 24

Distribution des technologies de pointe pour les trois types d'industries selon l'innovation

Types de technologies de pointe	Toutes les PME		PME NON INNOVANTES		PME INNOVANTES	
	Utilisée	Non utilisée	Utilisée	Non utilisée	Utilisée	Non utilisée
<i>Depuis trois ans, votre entreprise a-t-elle offert des produits (biens ou services) ou nouveaux ou sensiblement améliorés à sa clientèle, et/ou a-t-elle introduit des procédés de production/fabrication nouveaux ou sensiblement améliorés?</i>						
En % des PME						
Conception et ingénierie						
↘ Conception/Ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	36.7	63.3	18.9	81.1	44.3***	55.7
↘ CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur (CFAO)	32.3	67.7	20.3	79.7	37.4***	62.6
↘ Technologie de modélisation ou de simulation	14.5	85.5	9.5	90.5	16.7*	83.3
↘ Échange électronique de fichiers	30.2	69.8	18.9	81.1	35.1***	64.9
Traitement, fabrication et assemblage						
↘ Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)	14.9	85.1	9.5	90.5	17.2*	82.8
↘ Automates ou procédés programmables	32.3	67.7	20.3	79.7	37.4***	62.6
↘ Usinage à grande vitesse	16.5	83.5	8.1	91.9	20.1***	79.9

↘ Technologie de grande précision dimensionnelle	14.9	85.1	6.8	93.2	18.4***	81.6
Réseaux de communication						
↘ Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	28.2	71.8	14.9	85.1	33.9***	66.1
↘ Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	27.8	72.2	16.2	83.8	32.8***	67.2
↘ Réseaux informatiques interentreprises (dont les extranets et l'échange de documents informatisés)	25	75	12.2	87.8	30.5***	69.5
Intégration et Contrôle						
↘ Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	30.6	69.4	25.7	74.3	32.8	67.2
↘ Production assistée par ordinateur (PAO)	29.8	70.2	20.3	79.7	33.9**	66.1
↘ Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	32.3	67.7	21.6	78.4	36.8***	63.2
↘ Utilisation de données d'inspection pour le contrôle	34.3	65.7	17.6	82.4	41.4***	58.6

*, ** et *** indiquent que nous pourrions rejeter l'hypothèse nulle (indépendance entre les deux variables) au seuils 10 %, 5 %, et 1 %, respectivement.

Tableau 25

Comparaison de moyennes des nombres de technologies de pointe utilisées selon la propension à innover (Test t pour échantillons indépendants)

	PME innovantes	PME non innovantes	t-test d'égalité des moyennes ^a
<i>Nombre d'observations</i>	174	74	
<i>Moyennes</i>	4,68	2,40	-4,214***
<i>Écart types</i>	3,99	3,64	
<i>p-value pour le test d'égalité des variances de Levene</i>	0,191		

^a*, **, et *** indiquent que le test d'égalité de moyennes est significatif aux seuils de 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

4.2.3. Synthèse des analyses relatives au portrait des entreprises

Le portrait que nous venons d'établir dresse la table pour les prochaines analyses que nous conduirons pour identifier les différents déterminants susceptibles d'expliquer l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières de la région du Bas-Saint-Laurent. Également, plusieurs des variables qui ont fait l'objet des analyses

effectuées dans ce portrait constitueront des variables explicatives ou de contrôle dans les modèles explicatifs de l'adoption des technologies que nous envisageons d'estimer dans ce travail.

Le portrait a permis de dégager que les entreprises de notre échantillon sont assez petites, ce qui n'est pas une surprise puisque, selon Statistique Canada, «*près des trois quarts des entreprises du Québec emploient moins de cinq personnes, et plus de 98 % des entreprises de la province comptent moins de 100 employés—la limite maximale souvent utilisée pour définir la petite et moyenne entreprise.*»⁴ Pour le cas spécifique des entreprises de notre étude, 61,7 % des entreprises ont 20 employés et moins, cette proportion atteignant 80,2 % si l'on considère les entreprises qui ont moins de 50 employés. Les résultats relatifs au degré d'intensité technologique des secteurs d'activité où opèrent les entreprises confirment les attentes à l'effet que les entreprises des secteurs à vocation scientifique, tels que ceux de la production de produits informatiques et électroniques, du matériel, appareils et composants électriques, et de la fabrication de machines, sont plus concentrées dans les secteurs à haute intensité technologique que les entreprises des secteurs industriels plus traditionnels, tels que ceux des aliments et boissons, des produits en bois, et des meubles et produits connexes, qui se retrouvent surtout dans la catégorie des secteurs à faible intensité technologique.

Étant de petite taille, ces entreprises opèrent dans un contexte désavantageux par rapport aux grandes entreprises qui ont plus de facilité à acquérir de nouvelles technologies, peuvent consacrer plus de ressources aux activités de recherche-développement, peuvent réaliser des économies d'échelle, jouissent d'un plus grand pouvoir de négociation avec les fournisseurs, et sont mieux nanties pour absorber les coûts liés aux échecs de leurs projets d'innovation et d'adoption de technologies de pointe (van de Vrande et al., 2009; Veer et al., 2013). Dans cet ordre d'idées, Bougrain et Haudeville (2002 : 746) ont insisté sur le fait que les petites entreprises, contraintes par la rareté des ressources, sont constamment en mode rattrapage pour ce qui est de

⁴ Statistique Canada (2002). *Variations de l'emploi 1983-1999*. Cité par Pierre Emmanuel Paradis (2003), FCEI. Disponible à : http://www.cfib-fcei.ca/cfib-documents/Qc_Primer_04_f.pdf (Consulté le 29 avril 2010).

l'acquisition de nouvelles technologies : «*SMEs are increasingly dependent on external sources of technical activity because the process which generates new technologies is becoming more complex.*»

Le portrait a également montré que 70,2 % de ces PME sont innovantes et que 43,4 % d'entre elles ont réalisé des activités de R&D au cours des trois années qui ont précédé l'enquête. De ces 41,4 %, environ la moitié a réussi à obtenir des crédits d'impôt à la R&D. Ces PME affectent en moyenne 2,71 employés à la R&D et consacrent en moyenne 8,45 % de leur chiffres d'affaires à la R&D.

Comparativement à d'autres régions du Québec, d'autres études effectuées par Landry et Amara indiquent que les entreprises de la région du Bas-Saint-Laurent sont moins innovantes que d'autres régions du Québec, à l'exception de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (voir Encadré 2). Il faut cependant mentionner que les années des enquêtes qui ont permis de compiler les taux d'innovation diffèrent d'une région à l'autre.

De la même manière, les Encadrés 3 et 4 montrent que les PME du Bas-Saint-Laurent réalisent des activités de R&D dans de plus faibles proportions que les entreprises des autres régions et qu'elles performant également moins bien que les quatre autres régions au chapitre du nombre d'employés affectés à la R&D.

Encadré 2

Pourcentage d'entreprises innovantes pour différentes régions du Québec

Régions	Année de l'enquête	Pourcentage d'entreprises innovantes
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	75,1 %
<i>Laval</i>	2003	74,9 %
<i>Les Laurentides</i>	2003	81,5 %
<i>Lanaudière</i>	2003	77,4 %
<i>Saguenay—Lac-Saint-Jean</i>	2001	86,6 %
<i>Montérégie</i>	2000	68,10 %
<i>Mauricie</i>	2000	81,5 %

Source : Landry et Amara (2005)

Encadré 3

Pourcentages des entreprises qui ont réalisé des activités de R-D au cours des trois dernières années qui ont précédé l'enquête pour différentes régions du Québec

Régions	Année de l'enquête	Pourcentage des entreprises qui ont réalisé de la R-D*
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	52,0 %
<i>Laval</i>	2003	56,4 %
<i>Les Laurentides</i>	2003	57,6 %
<i>Lanaudière</i>	2003	55,5 %
<i>Saguenay—Lac-Saint-Jean</i>	2001	48,1 %
<i>Montérégie</i>	2000	54,5 %
<i>Mauricie</i>	2000	55,0 %

Source : Landry et Amara (2005)

Encadré 4

Nombre moyen de personnes affectées à la R-D pour différentes régions du Québec

Régions	Année de l'enquête	Nombre moyen de personnes affectées à la R-D
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	2,04
<i>Laval</i>	2003	4,47
<i>Les Laurentides</i>	2003	4,86
<i>Lanaudière</i>	2003	3,01
<i>Saguenay—Lac-Saint-Jean</i>	2001	2,86
<i>Montérégie</i>	2000	4,37

Source : Landry et Amara (2005)

Le portrait a également permis d'illustrer l'importance des réseaux d'idées et d'information, ainsi que les réseaux des ventes et des achats des PME de cette région. Il se dégage que, tel que suggéré par plusieurs études antérieures (Romijn et Albaladejo, 2002; Becheikh, et al., 2006; Amara et al., 2010), les sources du marché, notamment les fournisseurs et les clients, sont les celles les plus fréquemment utilisées par les PME lorsqu'elles entreprennent des projets stratégiques tels que des projets d'innovation ou encore d'adoption de technologies de pointe. Ces PME réalisent environ la moitié de leurs ventes à l'intérieur de la région où elles sont localisées (dans un rayon de 100 km de l'entreprise). Ce pourcentage, sauf pour le cas de la région de Chaudière-Appalaches, est moins élevé que ceux des autres régions présentés à l'Encadré 5 qui récapitule les résultats de plusieurs études sur l'innovation dans le secteur manufacturier réalisées par Landry et Amara dans différentes régions du Québec. Donc, les PME du Bas-Saint-Laurent réalisent une part plus importante de leur chiffre d'affaires en dehors de leur région immédiate que les entreprises dans d'autres régions du Québec.

Concernant la répartition des PME du Bas-Saint-Laurent selon les zones géographiques de la réalisation de leurs achats, les analyses descriptives effectuées ont montré que ces PME réalisent l'essentiel de leurs achats à l'intérieur de leur région (37,20 %), et ailleurs au Québec (52,53 %). À titre comparatif, Landry et Amara (2005)

ont trouvé que les entreprises de la région de Chaudière-Appalaches effectuent 42,80 % de leurs achats à l'intérieur de leur région et 37,33 %, ailleurs au Québec.

Finalement, les analyses descriptives ont montré que les trois plus importants clients et les trois plus importants fournisseurs revêtent une importance cruciale pour les PME du Bas-Saint-Laurent. En effet, les trois plus importants clients représentent 47,54 % des ventes totales des PME, alors que les trois plus importants fournisseurs accaparent 58 % de leurs achats. Cette situation de vulnérabilité à l'endroit de quelques clients et quelques fournisseurs n'est pas unique aux entreprises du Bas-Saint-Laurent, comme on peut le constater aux Encadrés 6 et 7 issus d'une étude régionale sur l'innovation au Québec réalisée par Landry et Amara (2006).

Encadré 5

Pourcentage moyen des ventes des entreprises à l'intérieur de la région

Régions	Année de l'enquête	Pourcentage moyen des ventes à l'intérieur de la région
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	47 %
<i>Laval</i>	2003	62 %
<i>Les Laurentides</i>	2003	58 %
<i>Lanaudière</i>	2003	58 %
<i>Saguenay—Lac-Saint-Jean</i>	2001	74 %
<i>Montérégie</i>	2000	62 %

Source : Landry et Amara (2006)

Encadré 6**Pourcentage moyen des ventes provenant des trois plus importants clients**

Régions	Année de l'enquête	Pourcentage moyen des ventes provenant des trois plus importants clients ^{††}
<i>Côte-Nord</i>	2006	66,07 %
<i>Bas-Saint-Laurent</i>	2005	52,47 %
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	47,41 %
<i>Laval</i>	2003	45,74 %
<i>Les Laurentides</i>	2003	47,82 %
<i>Lanaudière</i>	2003	48,19 %

Source : Landry et Amara (2006)

Encadré 7**Pourcentage moyen des achats provenant des trois plus importants fournisseurs**

Régions	Année de l'enquête	Pourcentage moyen des achats provenant des trois plus importants fournisseurs ^{††}
<i>Côte-Nord</i>	2006	58,71 %
<i>Bas-Saint-Laurent</i>	2005	58,00 %
<i>Chaudière-Appalaches</i>	2003	58,44 %
<i>Laval</i>	2003	59,78 %
<i>Les Laurentides</i>	2003	56,12 %
<i>Lanaudière</i>	2003	61,09 %

Source : Landry et Amara (2006)

La caractérisation de l'adoption des technologies de pointe par les PME de la région du Bas-Saint-Laurent selon la taille, l'intensité technologique du secteur d'activité où elles opèrent et leur propension à innover, a permis de dégager les points suivants :

- Il existe une corrélation positive entre la taille et l'utilisation des technologies de pointe par les PME du Bas-Saint-Laurent. En effet, nous avons trouvé que les entreprises de 50 employés et plus utilisent en moyenne un nombre plus élevé de technologies que les deux autres groupes d'entreprises de plus petite taille. Pour leur part, les PME de 10 à 49 employés utilisent plus de technologies de pointe que les entreprises de moins de 10 employés;
- Les PME opérant dans des industries à faible intensité technologique recourent à un nombre plus faible de technologies de pointe que celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée. Les analyses n'ont pas montré de différences significatives à ce chapitre entre les PME opérant dans les industries à faible intensité technologique et celles opérant dans des industries à moyenne intensité technologique, ni entre ces dernières et celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée;
- Finalement, les PME innovantes utilisent en moyenne un plus grand nombre de technologies de pointe (4,68 technologies) que les PME non innovantes (2,40 technologies).

Dans la prochaine section qui constitue le cœur des analyses prévues dans la présente recherche, nous spécifierons et nous estimerons 15 modèles explicatifs de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent, un modèle par technologie de pointe. Nous estimerons aussi une régression linéaire pour expliquer la variété d'utilisation des technologies de pointe par ces PME.

4.3. Estimation des modèles explicatifs de l'adoption des technologies de pointe

Dans cette section, nous présenterons les résultats obtenus de l'estimation des modèles économétriques explicatifs de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent. Deux types de modèles seront utilisés.

Premièrement, 15 régressions logistiques binaires, une pour chaque technologie, seront estimées, mettant en relation la variable dépendante qui renvoie à l'adoption ou non des technologies de pointe et les variables indépendantes retenues dans le cadre opératoire (Chapitre 3). Deuxièmement, une régression linéaire multiple reliant la variété d'utilisation des technologies de pointe mesurée par le nombre total de technologies utilisées, au moment de l'enquête, par la PME et les mêmes variables explicatives que pour les régressions binaires logistiques, à l'exception de la variable qui renvoie aux ressources technologiques de la PME et qui est mesurée, pour chaque technologie de pointe considérée comme variable dépendante par le nombre total des autres technologies de pointe utilisées par les PME, sera estimée. Cette dernière variable ne fera pas partie des variables indépendantes puisqu'elle correspond en partie à la variable dépendante.

Les variables indépendantes qui sont retenues dans les modèles économétriques et qui ont été présentées dans le cadre opératoire (Chapitre 3) sont de nouveau récapitulées et définies opérationnellement dans le Tableau 26.

Tableau 26

Définitions opérationnelles de la variable dépendante et des variables indépendantes			
Mesure	Items	Type de variable	
VARIABLE DÉPENDANTE [ADOPTION]			
Variable binaire pour chaque technologie de pointe : - codée '1' si la PME a déclaré qu'elle utilise cette technologie, et '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)	
VARIABLES INDÉPENDANTES			
Facteurs organisationnels			
Indice Stratégie domination par les coûts [STRDC]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Fortement en désaccord</i>) à 5 (<i>Fortement d'accord</i>) les quatre énoncés suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Nos coûts de production et d'opération sont plus faibles que la majorité de nos concurrents; • Nous accordons une importance majeure au contrôle de nos coûts d'opération; • Nous exerçons une pression pour surveiller de près nos coûts d'opération et nos frais de gestion afin de les garder à un niveau inférieur à celui de nos concurrents; • Nous visons à avoir les coûts de production les plus bas de l'industrie. 	Moyenne (1 à 5)

Indice Stratégie de différenciation [STRD]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Fortement en désaccord</i>) à 5 (<i>Fortement d'accord</i>) les quatre énoncés suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Nous offrons à nos clients des produits uniques ou différenciés, ce qui nous permet d'appliquer des prix plus élevés que la concurrence; • Nous mettons un accent particulier sur l'aspect unique et distinctif de nos produits dans nos communications avec nos clients; • L'information sur la performance de nos produits est considérée comme plus importante que celle sur le contrôle des coûts; • Nous visons à offrir toujours des produits meilleurs que ceux de nos concurrents. 	Moyenne (1à 5)
Taille de l'entreprise [LnTAILLE]	Mesurée par le nombre total d'employés		Nombre (Ratio)
Disponibilité des capitaux [CAPIT]	Codée '1' si la PME a déclaré qu'au cours de la dernière année, elle a tenté de réunir des capitaux pour des fins d'expansion, de développement ou d'amélioration de produits, ou encore, d'achat de technologies de pointe, et '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
Le personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	Mesuré par le nombre d'employés affectés à la R&D par rapport au nombre total d'employés.		Nombre (Ratio)

Tableau 26 (Suite 1)**Définitions opérationnelles de la variable dépendante et des variables indépendantes**

Les ressources technologiques [RESTECH]	Captées par une variable qui calcule, pour chaque technologie de pointe considérée comme variable dépendante, le nombre total des autres technologies de pointe utilisées par les PME.		Nombre (Ratio)
Indice des formations privilégiées [FORMA]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Absolument pas intéressé</i>) à 5 (<i>Très intéressé</i>) les trois types de formation suivantes :	<ul style="list-style-type: none"> • Offrir une formation aux employés avant l'implantation; • Offrir une formation aux employés pendant l'implantation; • Accompagnement par un expert externe à l'entreprise pendant l'implantation. 	Moyenne (1 à 5)
Facteurs individuels			
L'utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	Codée '0' si le répondant a déclaré que l'adoption de technologie de pointe a été, sérieusement retardée ou rendue impossible par l'incapacité de la PME à évaluer son apport et donc sa plus-value, et '1' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
La facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	% de techniciens, ingénieurs, et scientifiques à l'emploi de l'entreprise par rapport au nombre total d'employés.		% (1 à 100)
La résistance au changement [RESIS]	Codée '0' si le répondant a déclaré que l'adoption des technologies de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par la résistance au changement manifestée par les employés à leur égard, et '1' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
Facteurs technologiques			
Les coûts d'acquisition [CTACQ]	Codés '1' si le répondant a déclaré que l'adoption des technologies de pointe a été modérément retardée, sérieusement retardée ou rendue impossible par les coûts élevés des technologies, et '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
Les coûts d'intégration [CTINTE]	Codés '1' si le répondant a déclaré que l'adoption des technologies de pointe a été sérieusement retardée ou rendue impossible par les coûts élevés d'intégration des technologies de pointe, et '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
L'incertitude liée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	Codée '1' si le répondant au nom de la PME a déclaré qu'il est d'accord ou fortement d'accord avec l'énoncé suivant : les changements les plus importants que l'entreprise a apportés à ses produits ou procédés de fabrication au cours des trois dernières années comportaient l'utilisation de technologies qu'elle n'utilise pas auparavant, '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)

Tableau 26 (Suite 2)

Définitions opérationnelles de la variable dépendante et des variables indépendantes

Indice de la complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Aucun retard</i>) à 5 (<i>A été rendue impossible</i>) les trois obstacles suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté à recruter des personnes qualifiées; • Manque de qualification du personnel interne; • Difficulté à former les travailleurs dans les délais requis. 	Moyenne (1 à 5)
Facteurs liés à l'environnement			
Les réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	Codés '1' si le répondant qualifie les fournisseurs situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise de source d'idées ou d'informations <i>Importante, Très importante</i> ou <i>Extrêmement importante</i> pour le développement et l'amélioration de produits ou de procédés de production, et '0' autrement :		Binaire (Oui ou Non)
Indice des réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSELO]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Source pas du tout importante</i>) à 5 (<i>Source extrêmement importante</i>) les quatre items suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Les fournisseurs d'ailleurs au Québec; • Les fournisseurs d'ailleurs au Canada; • Les fournisseurs des États-Unis; • Les fournisseurs d'ailleurs dans le monde. 	Moyenne (1 à 5)
Les réseaux locaux de clients [CLLOC]	Codés '1' si le répondant qualifie les clients situés dans un rayon de 100 km de l'entreprise de source d'idées ou d'informations <i>Importante, Très importante</i> ou <i>Extrêmement importante</i> pour le développement et l'amélioration de produits ou de procédés de production, et '0' autrement.		Binaire (Oui ou Non)
Indice des réseaux éloignés des clients [LnCLELO]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Source pas du tout importante</i>) à 5 (<i>Source extrêmement importante</i>) les quatre items suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Les clients d'ailleurs au Québec; • Les clients d'ailleurs au Canada; • Les clients des États-Unis; • Les clients d'ailleurs dans le monde. 	Moyenne (1 à 5)
Indice des réseaux de recherche [LnRESRECH]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Source pas du tout importante</i>) à 5 (<i>Source extrêmement importante</i>) les cinq sources suivantes :	<ul style="list-style-type: none"> • Les Universités; • Les Cégeps; • Les centres collégiaux de liaison et de transfert de technologies; • Le Centre de recherche industrielle de Québec (CRIQ); • Le Conseil National de Recherche du Canada (CNRC/PARI). 	Moyenne (1 à 5)
Indice des réseaux de participation [LnRESPAR]	Indice pondéré qui correspond à la moyenne des réponses des répondants qui ont été invités à qualifier sur une échelle d'accord variant de 1 (<i>Jamais</i>) à 5 (<i>Très fréquemment</i>) les quatre niveaux de participation suivants :	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau régional; • Le niveau provincial; • Le niveau national; • Le niveau international. 	Moyenne (1 à 5)

Tableau 26 (Suite 3)**Définitions opérationnelles de la variable dépendante et des variables indépendantes**

<i>Variable de contrôle</i>		
Degré d'intensité technologique	Mesuré avec une série de variables binaires définies comme suit : <ul style="list-style-type: none"> Faible intensité technologique [INTFAIB] : - codée '1' si l'entreprise opère dans un secteur à faible intensité technologique, et '0' autrement. Moyenne intensité technologique [INTMOYE] : - codée '1' si l'entreprise opère dans un secteur à moyenne intensité technologique, et '0' autrement. Haute intensité technologique [INTHAUT] : - codée '1' si l'entreprise opère dans un secteur à haute intensité technologique, et '0' autrement. 	Binaire (0 ou 1)
<i>INTHAUTE est la catégorie de référence</i>		

4.3.1. Spécification du modèle explicatif de l'adoption/non-adoption des technologies de pointe

Pour chaque technologie, le modèle de régression formulé pour examiner les déterminants de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent est de forme logistique binaire. De façon plus spécifique, ce modèle s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Log} (P_i/1-P_i) = & \beta_0 + \beta_1 \text{STRDC} + \beta_2 \text{STRD} + \beta_3 \text{LnTAILLE} + \beta_4 \text{CAPIT} + \\ & \beta_5 \text{LnPERRD} + \beta_6 \text{RESTECH} + \beta_7 \text{FORMA} + \beta_8 \text{UTILE} + \beta_9 \text{LnFACILE} + \beta_{10} \\ & \text{RESIS} + \beta_{11} \text{CTACQ} + \beta_{12} \text{CIINTE} + \beta_{13} \text{INCERT} + \beta_{14} \text{LnCOMPLEX} \\ & + \beta_{15} \text{FSSLOC} + \beta_{16} \text{LnFSSELO} + \beta_{17} \text{CLLOC} + \beta_{18} \text{LnCLELO} \\ & + \beta_{19} \text{LnRESRECH} + \beta_{20} \text{LnRESPAR} + \beta_{21} \text{INTFAIB} + \beta_{22} \text{INTMOY} + \varepsilon \end{aligned}$$

où,

- β_i ($i = 1 \dots 22$) sont les coefficients rattachés aux différentes variables explicatives;
- $\text{Log} (P_i/1-P_i)$ correspond au Logit de la variable Adoption / Non-adoption, soit le logarithme du ratio de la probabilité qu'une entreprise adopte une technologie de pointe donnée par rapport à la probabilité que la même entreprise n'adopte pas cette technologie;
- ε est le terme d'erreur.

4.3.1.1. Validation des construits : unidimensionnalité et consistance interne

Avant de procéder à l'estimation des modèles logistiques binaires, nous allons, dans un premier temps, vérifier l'unidimensionnalité et la consistance interne des variables indépendantes composées de plusieurs items, et dans un deuxième temps, vérifier que les données dont nous disposons satisfont les postulats sous-jacents à la régression logistique binaire.

Vérification de l'unidimensionnalité des variables à items multiples

Parmi les variables indépendantes retenues dans la présente recherche, huit sont mesurées par des indices pondérés de plusieurs items. Ces variables sont : la stratégie de domination par les coûts, la stratégie de différenciation, les formations privilégiées, la complexité de la technologie, les réseaux éloignés des fournisseurs, les réseaux éloignés des clients, les réseaux de recherche et les réseaux de participation. Pour pouvoir utiliser ces indices en tant que variables explicatives, il est impératif de vérifier leur unidimensionnalité et leur consistance interne. L'analyse de l'unidimensionnalité indique si tous les items d'un même construit contribuent à appréhender une seule dimension. L'analyse de consistance interne (*reliability analysis*) indique, quant à elle, le degré auquel une échelle de mesure reflète le construit qu'elle mesure (Thornhill et White, 2007; Field, 2009).

Pour chacune des huit variables, une analyse factorielle exploratoire avec la rotation orthogonale de type Varimax a été effectuée pour vérifier que tous les items s'agglomèrent en un seul facteur. Comme on peut le voir au Tableau 15, pour les huit variables, une seule valeur propre (Eigenvalue) supérieure à 1 a été obtenue. Donc, il est possible d'affirmer que les huit construits sont unidimensionnels.

Vérification de la consistance interne des variables à items multiples

Nous avons ensuite effectué des tests de consistance interne sur chacune des huit variables. Dans notre étude, nous avons utilisé l'Alpha de Cronbach pour mesurer la consistance interne des construits répertoriés. Les analyses effectuées à ce chapitre et rapportées au Tableau 27 révèlent respectivement, pour les huit facteurs, des coefficients de consistance interne de 0,65, 0,65, 0,81, 0,89, 0,77, 0,75, 0,82 et 0,73. Ahire et Devaray (2001) recommandent un seuil minimum de 0,50 pour les construits émergents et 0,70 pour les construits déjà éprouvés dans d'autres recherches. Donc, les coefficients obtenus dans notre étude pour les huit construits sont très acceptables et témoignent d'une bonne consistance interne de ces construits.

Tableau 27 : Analyse de l'unidimensionnalité et de la consistance interne des variables indépendantes à Multi-items

Stratégie de domination par les coûts [STRDC]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Nos coûts de production et d'opération sont plus faibles que la majorité de nos concurrents	0.40	0.634
Item 2: Nous accordons une importance majeure au contrôle de nos coûts d'opération	0.44	0.666
Item 3: Nous exerçons une pression pour surveiller de près nos coûts d'opération et nos frais de gestion afin de les garder à un niveau inférieur à celui de nos concurrents	0.64	0.803
Item 4: Nous visons à avoir les coûts de production les plus bas de l'industrie	0.54	0.737
Variance expliquée		50.85 %
Eigenvalue (valeur propre)		2.03
Consistance interne (α de Cronbach)		0.65
Stratégie de différenciation [STRD]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Nous offrons à nos clients des produits uniques ou différences, ce qui nous permet d'appliquer des prix plus élevés que la concurrence	0.47	0.686
Item 2: Nous mettons un accent particulier sur l'aspect unique et distinctif de nos produits dans nos communications avec nos clients	0.55	0.741
Item 3: L'information sur la performance de nos produits est considérée comme plus importante que celle sur le contrôle des coûts	0.44	0.667
Item 4: Nous visons à offrir toujours des produits meilleurs que ceux de nos concurrents	0.51	0.719
Variance expliquée		49.54 %
Eigenvalue (valeur propre)		1.98
Consistance interne (α de Cronbach)		0.65
Formations privilégiées [FORMA]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Offrir une formation aux employés avant l'implantation	0.82	0.908
Item 2: Offrir une formation aux employés pendant l'implantation	0.85	0.926
Item 3: Accompagnement par un expert externe à l'entreprise pendant l'implantation	0.85	0.926
Variance expliquée		84.69 %
Eigenvalue (valeur propre)		2.54
Consistance interne (α de Cronbach)		0.81
Complexité de la technologie [COMPLEX]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Difficulté à recruter des personnes qualifiées	0.84	0.917
Item 2: Manque de qualification du personnel interne	0.81	0.903
Item 3: Difficulté à former les travailleurs dans les délais requis	0.84	0.917
Variance expliquée		83.24 %
Eigenvalue (valeur propre)		2.49
Consistance interne (α de Cronbach)		0.89
Réseaux éloignés des fournisseurs [FSSELO]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Les fournisseurs d'ailleurs au Québec	0.49	0.703
Item 2: Les fournisseurs d'ailleurs au Canada	0.69	0.831
Item 3: Les fournisseurs des États-Unis	0.70	0.841
Item 4: Les fournisseurs d'ailleurs dans le monde	0.58	0.767
Variance expliquée		62.02 %
Eigenvalue (valeur propre)		2.48
Consistance interne (α de Cronbach)		0.77

Tableau 27 (Suite): Analyse de l'unidimensionnalité et de la consistance interne des variables indépendantes à Multi-items

Réseaux éloignés des clients [CLIELO]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Les clients d'ailleurs au Québec	0.51	0.721
Item 2: Les clients d'ailleurs au Canada	0.74	0.865
Item 3: Les clients des États-Unis	0.63	0.797
Item 4: Les clients d'ailleurs dans le monde	0.43	0.657
Variance expliquée		58.36 %
Eigenvalue (valeur propre)		2.33
Consistance interne (α de Cronbach)		0.75
Réseaux de recherche [RESRECH]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Les Universités	0.54	0.735
Item 2: Les Cégep	0.59	0.771
Item 3: Les centres collégiaux de liaison et de transfert de technologies	0.56	0.753
Item 4: Le Centre de recherche industrielle de Québec (CRIQ)	0.56	0.752
Item 5: Le Conseil National de Recherche du Canada (CNRC/PARI)	0.65	0.810
Variance expliquée		58.46%
Eigenvalue (valeur propre)		2.92
Consistance interne (α de cronbach)		0.82
Réseaux de participation [RESPAR]		
Items:	Communalities	Factor loadings
Item 1: Le niveau regional	0.36	0.603
Item 2: Le niveau provincial	0.66	0.813
Item 3: Le niveau national	0.72	0.849
Item 4: Le niveau international	0.64	0.804
Variance expliquée		59.79%
Eigenvalue (valeur propre)		2.39
Consistance interne (α de cronbach)		0.73

4.3.1.2. Vérification des postulats de la régression logistique binaire

Selon Field (2009), avant d'interpréter les résultats de l'estimation d'un modèle de régression logistique binaire, il est recommandé de vérifier les postulats sous-jacents à ce type de modèle. Ces postulats sont au nombre de trois : i) l'indépendance des erreurs; et ii) l'absence de multicollinéarité entre les variables explicatives; et iii) la normalité des variables indépendantes continues. Dans ce qui suit, nous procéderons à la vérification de ces trois postulats pour le cas des données colligées dans le cadre de l'enquête utilisée dans cette recherche.

Indépendance des erreurs

D'après Field (2009 : 273), ce postulat «*means that cases of data should not be related; for example, you cannot measure the same people at different points of time. Violating this assumption produces overdispersion*». Pour le vérifier, il s'agit de tester la corrélation entre les valeurs prédites et les résidus standardisés. Les erreurs sont jugées indépendantes s'il y a absence de corrélation (corrélation tend vers 0) entre les valeurs prédites et les résidus standardisés. Pour le cas de notre étude, ces deux variables, qui font partie des options offertes par SPSS, ont été créées, pour chaque variable dépendante, au moment de l'exécution de la régression. Par la suite, nous avons procédé à des tests de corrélation bivariée dont les résultats font l'objet du Tableau 28. Il s'y dégage que la corrélation entre les deux variables tend vers 0 pour les 15 modèles de régression estimés. Donc, le postulat de l'indépendance des erreurs est vérifié.

Absence de multicollinéarité entre les variables explicatives

Tel que mentionné par Stafford et Bodson (2007 : 181), «*la vérification de la multicollinéarité permet «de saisir la relation multiple qui unit une variable explicative aux autres variables explicatives. C'est ce type de relation qui peut menacer la précision de certains résultats estimés*». Pour effectuer ce diagnostic, deux mesures sont généralement utilisées : la mesure de la tolérance et le coefficient d'inflation des données (VIF). Ces deux mesures font partie des options qui peuvent être obtenues en même temps que l'estimation du modèle de régression. Il est généralement admis qu'un niveau de tolérance inférieur à 0,20 indique un problème potentiel de multicollinéarité qui risque d'affecter la précision des estimations des coefficients associés aux variables explicatives (Bodson, 2007 : 181). Field (2009 : 297) mentionne qu'un *VIF* supérieur à 10 est une indication quant à la présence de problème de multicollinéarité.

Pour le cas de notre étude, les résultats des tests de tolérance et de VIF indiquent que la plus petite valeur observée pour la tolérance est de 0,393 et que la plus grande

valeur du VIF est de 2,544, ce qui suggère l'absence de multicollinéarité entre les variables explicatives retenues dans nos modèles économétriques (Tableau 29).

Normalité des variables indépendantes continues

Nous avons vérifié la normalité des onze variables indépendantes continues (indice ou ratio) avec l'analyse graphique *Q-Q plot*. Pour huit de ces onze variables, en l'occurrence la complexité de la technologie, les réseaux éloignés de fournisseurs, les réseaux éloignés de clients, la taille de la PME, le pourcentage des employés affectés à la R&D, le pourcentage des employés qui sont des ingénieurs ou des techniciens, les réseaux de recherche et les réseaux de participation, nous avons utilisé la transformation logarithmique pour améliorer la normalité. Les résultats de cette analyse graphique font l'objet de la Figure 1.

Dans cette section, nous avons évalué l'indépendance des erreurs, la multicollinéarité des variables indépendantes et la normalité des variables indépendantes continues. Ces postulats étant vérifiés, nous allons procéder maintenant à l'interprétation des résultats issus de l'estimation des modèles explicatifs de l'adoption des technologies de pointe spécifiés à la section 4.3.1.

Tableau 28**Vérification de l'indépendance des erreurs**

Types de technologies de pointe	Corrélation entre les valeurs prédites et les résidus standardisés	
	Coefficient de corrélation de Pearson	P-value
Conception et ingénierie		
↘ Conception/Ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	-,012	,851
↘ CAO appliquée/fabrication assistée par ordinateur (CFAO)	,022	,731
↘ Technologie de modélisation ou de simulation	,016	,803
↘ Échange électronique de fichiers	-,005	,939
↘ Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)	,002	,971
↘ Automates ou procédés programmables	-,008	,906
↘ Usinage à grande vitesse	,016	,804
↘ Technologie de grande précision dimensionnelle	,015	,810
↘ Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	-,002	,972
↘ Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	-,003	,957
↘ Réseaux informatiques interentreprises (dont les extranets et l'échange de documents informatisés)	,010	,876
↘ Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	,015	,814
↘ Production assistée par ordinateur (PAO)	,035	,592
↘ Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	,022	,737
↘ Utilisation de données d'inspection pour le contrôle	-,058	,368

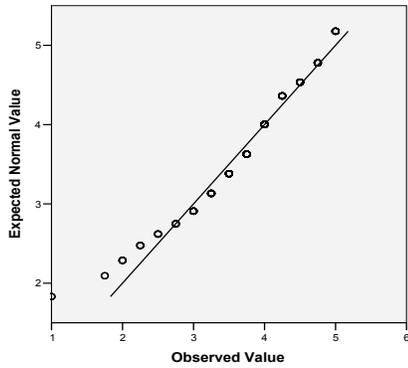
Tableau 29
Diagnostic de la multicollinéarité entre les variables explicatives

	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
↘ Indice stratégie domination par les coûts	,798	1,253
↘ Indice stratégie de différenciation	,833	1,200
↘ Taille	,622	1,608
↘ Disponibilité des capitaux	,855	1,170
↘ Personnel dédié à la R&D	,666	1,501
↘ Indice des formations privilégiées	,603	1,658
↘ Utilité perçue de la technologie (Utile=1)	,546	1,830
↘ Facilité perçue d'utilisation des technologies	,822	1,217
↘ Résistance au changement (Forte = 1)	,657	1,523
↘ Binaire coûts d'acquisition (Élevé = 1)	,662	1,511
↘ Binaire coûts d'intégration (Élevé = 1)	,602	1,660
↘ Indice de la complexité de la technologie	,393	2,544
↘ Réseaux locaux fournisseurs (Important = 1)	,686	1,457
↘ Indice des réseaux éloignés des fournisseurs	,407	2,457
↘ Réseaux clients locaux (Important = 1)	,688	1,454
↘ Indice des réseaux éloignés des clients	,414	2,417
↘ Indice des réseaux de recherche	,543	1,842
↘ Indice des réseaux de participation	,616	1,625
↘ Binaire Faible intensité technologique (Faible=1) †	,444	2,254
↘ Binaire Moyenne intensité technologique (Moyenne=1) †	,470	2,130

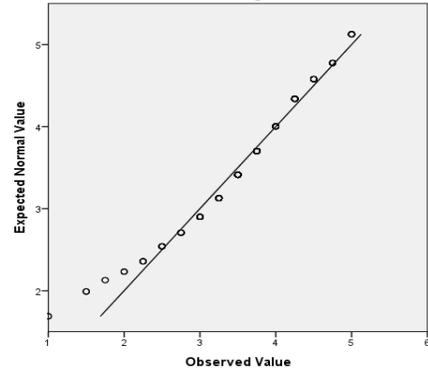
† La catégorie de référence est *haute intensité technologique*.

Figure 7 :
Analyse graphique de la normalité de variables indépendantes continues (Q-Q plot)

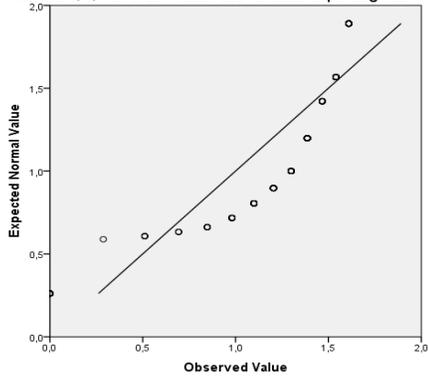
Normal Q-Q Plot of Indice stratégie domination par les coûts



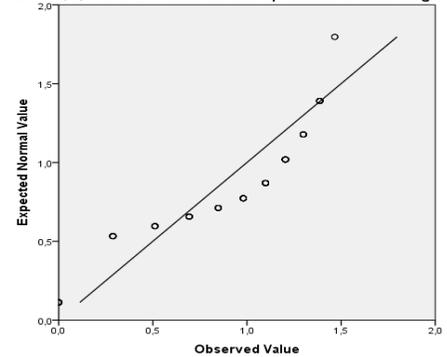
Normal Q-Q Plot of Indice stratégie de différenciation



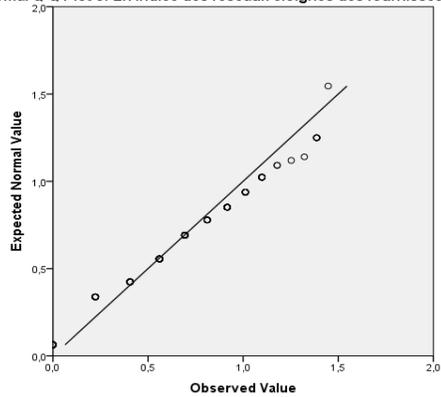
Normal Q-Q Plot of Ln indice des formations privilégiées



Normal Q-Q Plot of Ln indice de la complexité de la technologie



Normal Q-Q Plot of Ln indice des réseaux éloignés des fournisseurs



Normal Q-Q Plot of Ln indice des réseaux éloignés des clients

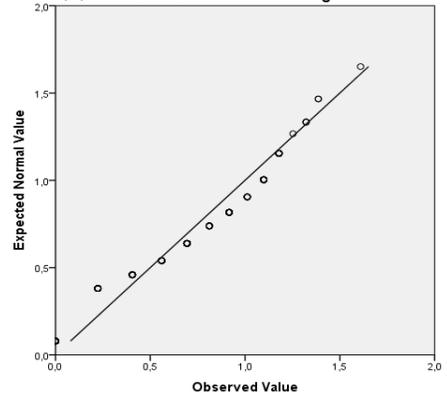
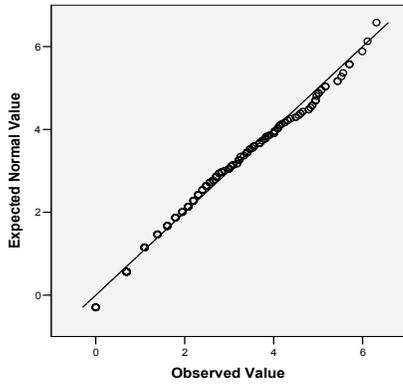
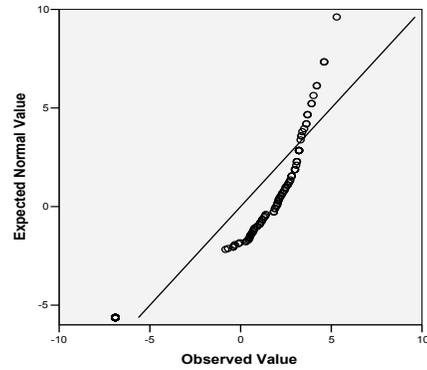


Figure 7 (suite) : Analyse graphique de la normalité de variables indépendantes continues (Q-Q plot)

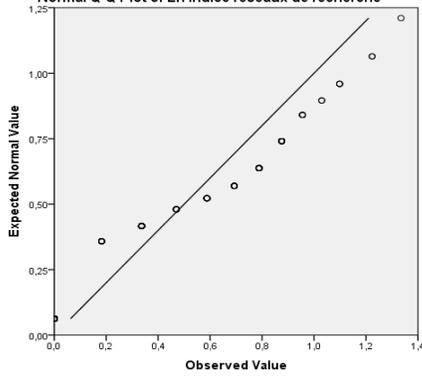
Normal Q-Q Plot of LnTaille



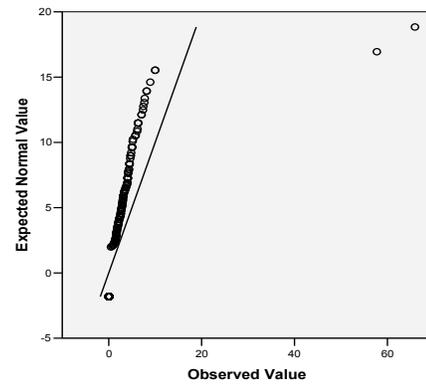
Normal Q-Q Plot of Ln pourcentage des employés affectés à la R&D



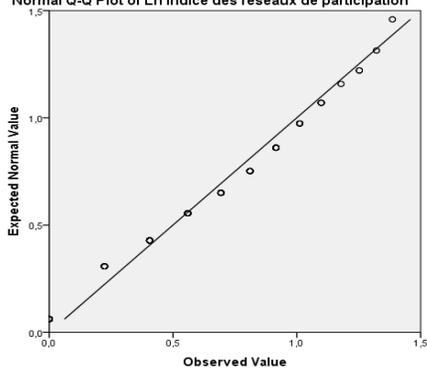
Normal Q-Q Plot of Ln Indice réseaux de recherche



Normal Q-Q Plot of Ln Pourcentage des employés qui sont des ingénieurs et des techniciens



Normal Q-Q Plot of Ln indice des réseaux de participation



4.3.1.3. Résultats des régressions logistiques binaires

Les résultats issus des estimations des régressions logistiques binaires seront présentés dans quatre tableaux successifs (Tableaux 30 (a), (b), (c) et (d)) qui renvoient aux quatre groupes de technologies de pointe retenus dans la présente recherche : i) conception et ingénierie; ii) traitement, fabrication et assemblage; iii) réseaux de communication; et iv) intégration et contrôle.

Résultats relatifs aux modèles explicatifs de l'adoption des technologies de conception et ingénierie

Les résultats de l'estimation des régressions logistiques binaires pour les quatre technologies de conception et d'ingénierie sont présentés dans le Tableau 30(a). L'interprétation de ces résultats se fera en trois étapes : i) l'évaluation du pouvoir explicatif des modèles estimés; ii) la vérification de la signification des régressions dans leur ensemble; et iii) la vérification de la signification des différentes variables explicatives.

En ce qui a trait au pouvoir explicatif, il se dégage que les modèles sont significatifs et performent de manière acceptable. Plus spécifiquement, les valeurs des Nagelkerke R^2 (Pseudo R^2) de 374, 579, 31.9 %, ,464 et ,503, associées respectivement à la conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO), la conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO), la technologie de modélisation ou de simulation et l'échange électronique de fichiers CAO, sont très acceptables pour des modèles à variables dépendantes qualitatives (Amara et al., 2010; D'Este et al., 2012; Landry et al., 2012b). De plus, les pourcentages de prédictions correctes associés à ces modèles sont assez élevés. Ils varient de 76,1 % pour la conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO), à 88,1 % pour le cas de la technologie de modélisation ou de simulation. Les modèles performent bien en termes de classement des PME dans la bonne catégorie de la variable dépendante (Adopte vs N'Adopte pas).

La statistique Chi-carré associée à ces modèles varie de 77,86 pour la conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO) à 130,14 pour la conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO) et est significative au seuil de 1 % pour les quatre modèles. Cela suggère que, pour chaque modèle, l'hypothèse nulle qui signifie que tous les paramètres des modèles estimés (sauf les constantes) équivalent à zéro, est fortement rejetée. Les modèles sont donc significatifs dans leur ensemble au seuil de 1 %.

Pour ce qui est de la signification des variables explicatives, l'essentiel des résultats est résumé dans les points suivants :

- De sept à treize variables se sont avérées significatives pour expliquer l'adoption des quatre technologies de conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO);
- Trois variables se sont avérées significatives pour expliquer la probabilité d'adoption pour les quatre technologies. Il s'agit du personnel dédié à la R&D, des ressources technologiques et du fait que la PME opère dans une industrie à faible intensité technologique. Les deux premières variables affectent positivement la probabilité d'adoption, alors que les PME opérant dans les industries à faible intensité technologique semblent être moins enclines à adopter ces quatre technologies que celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée;
- Le recours à une stratégie de domination par les coûts diminue la probabilité d'adoption pour les quatre technologies, sauf l'échange électronique de fichiers CAO. Pour cette dernière technologie, la variable est non significative;
- Plus la taille de la PME augmente, plus la probabilité qu'elle adopte les technologies de conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO) ou de conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO) augmente. Par contre, la taille est négativement associée à cette probabilité pour le cas des technologies de modélisation ou de simulation;

- Pour les facteurs individuels, seulement la variable qui renvoie à la perception de la facilité d'utilisation de la technologie s'est avérée significative pour trois technologies sur quatre. En effet, cette variable est positivement associée à la probabilité d'adoption pour les quatre technologies, sauf l'échange électronique de fichiers CAO;
- Pour ce qui est des facteurs technologiques, les résultats indiquent que des coûts d'acquisition élevés diminuent la probabilité d'adoption des technologies de conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO), des technologies de modélisation ou de simulation et de l'échange électronique de fichiers CAO, alors que des coûts d'intégration élevés ou encore des niveaux d'incertitude élevés diminuent cette probabilité pour les technologies de conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO), les technologies de conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO) et l'échange électronique de fichiers CAO. Finalement, plus la technologie est complexe, moins la PME aura tendance à adopter l'échange électronique de fichiers CAO;
- Lorsque l'on considère maintenant les facteurs liés à l'environnement externe de la PME, les résultats rapportés au Tableau 30(a) indiquent que les PME qui entretiennent des liens forts avec leurs réseaux de fournisseurs locaux sont moins portées à adopter l'échange électronique de fichiers CAO, alors que des réseaux de clients locaux forts augmentent la probabilité d'adoption de cette technologie. Finalement, une implication forte de la PME dans des réseaux de participation augmente la probabilité qu'elle adopte les technologies de conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO) et l'échange électronique de fichiers CAO.

Tableau 30(a)

Estimation des modèles Logit établissant les facteurs qui influencent la probabilité d'adopter les technologies de conception et d'ingénierie

Technologies de conception et ingénierie	Conception/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)		Conception/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO)		Technologie de modélisation ou de simulation		Échange électronique de fichiers CAO	
Variables indépendantes	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value
Intercept	-2,550		-5,792		-5,796		-2,100	
FACTEURS ORGANISATIONNELS								
↳ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	-,307**	,015	-,859***	,007	-,669**	,040	,226	,227
↳ Stratégie de différenciation [STRD]	,261**	,013	,091	,376	,090	,393	-,072	,390
↳ Taille [LnTAILLE]	,021**	,025	,194**	,044	-,415**	,038	,137	,213
↳ Disponibilité des capitaux [CAPIT]	-,278	,213	,181**	,040	-,511	,165	,567*	,079
↳ Personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	,024**	,028	,052**	,015	,034**	,029	,074*	,067
↳ Ressources technologiques [RESTECH]	,331***	,000	,555***	,000	,439***	,000	,466***	,000
↳ Formations privilégiées [FORMA]	-,090	,261	,231**	,040	-,005	,491	,027	,432
FACTEURS INDIVIDUELS								
↳ Utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	-,408	,205	-,264	,329	,251	,357	-,683	,110
↳ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	,015**	,028	,015**	,029	,040***	,009	-,038	,141
↳ Résistance au changement [RESIS]	,267	,300	,369	,265	-,679	,176	-,293	,309
FACTEURS TECHNOLOGIQUES								
↳ Coûts d'acquisition [CTACQ]	-,148	,361	-,765**	,021	-1,236**	,046	-,451**	,025
↳ Coûts d'intégration [CTINTE]	-,642**	,021	-,717**	,011	-,433	,262	-,623**	,011
↳ Incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	-,634*	,059	-1,414***	,002	-,526	,192	-,561**	,012
↳ Complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	,254	,291	,736	,104	,215	,373	-,858**	,029
FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT								
↳ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	,204	,304	,149	,379	,099	,432	-,832**	,040
↳ Réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSSELO]	-,013	,491	,288	,338	,845	,154	,573	,192
↳ Réseaux locaux de clients [CLLOC]	-,087	,412	,075	,438	-,671	,149	1,184***	,004
↳ Réseaux éloignés des clients [LnCLIELO]	,098	,428	-,441	,251	,258	,379	-,289	,318
↳ Réseaux de recherche [LnRESRECH]	-,245	,343	-,814	,141	,473	,293	,150	,417
↳ Réseaux de participation [LnRESPAR]	-,236	,322	,978*	,063	-,933	,115	,135**	,047
VARIABLE DE CONTRÔLE								
↳ Faible intensité technologique [INTFAIBLE]	-,625**	,019	-,046**	,047	-,746**	,014	-,217**	,034
↳ Moyenne intensité technologique [INTMOYEN]	-1,290**	,015	-,046**	,047	,624	,197	-1,029*	,059
↳ Haute intensité technologique [INTHAUTE]								
	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE	
Nombre de cas : (Total = 248)	91/157		80/168		36/212		75/173	
Chi-carré (df) :	77,86 (22)		130,14 (22)		74,39 (22)		107,15 (22)	
Nagelkerke R ² (Pseudo R ²) :	,374		,579		,464		,503	
Pourcentage des prédictions correctes :	76,1 %		81,5 %		88,1 %		81,5 %	

a*, ** et *** indiquent que la variable est significative au seuil de 10 %, 5 % et 1 %, respectivement.

a Ln indique la transformation logarithmique de la variable.

Résultats relatifs aux modèles explicatifs de l'adoption des technologies de traitement, fabrication et assemblage

Les résultats relatifs aux régressions logistiques binaires pour les quatre technologies de traitement, fabrication et assemblage sont présentés dans le Tableau 30(b).

Le pouvoir explicatif des quatre modèles est très satisfaisant comme en témoignent les valeurs des Nagelkerke R^2 (Pseudo R^2) qui varient de ,403 pour la technologie de grande précision dimensionnelle à ,496 pour la technologie d'usinage à grande vitesse. Ces valeurs sont très acceptables pour des modèles du type logistique binaire. De plus, la statistique Chi-carré associée à ces modèles varie de 68,80 pour la technologie de grande précision dimensionnelle à 97,95 pour les automates ou procédés programmables, et est significative au seuil de 1 % pour les quatre modèles. Les modèles sont donc significatifs dans leur ensemble au seuil de 1 %. Finalement, les pourcentages de prédictions correctes associés à ces modèles sont très élevés. Ils varient de 78,6 % pour les automates ou procédés programmables à 90,1 % pour l'usinage à grande vitesse. Ceci indique que les modèles classent correctement les PME dans la bonne catégorie de la variable dépendante (Adopte vs N'Adopte pas).

Les résultats relatifs à la signification des variables indépendantes sont résumés dans les points suivants :

- La variable ressources technologiques, qui renvoie au nombre des autres technologies de pointe utilisées par la PME, s'est avérée significative et est positivement associée à la probabilité d'adoption dans les quatre modèles;
- Deux variables organisationnelles, la taille et les formations privilégiées, affectent de manière significative et positive la probabilité d'adoption des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF), des automates ou procédés programmables et des technologies de grande précision dimensionnelle;

- Le personnel dédié à la R&D est positivement associé à l'adoption des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF) et de l'usinage à grande vitesse, alors que le recours de la PME à une stratégie de différenciation des produits accroît sa probabilité d'adopter les technologies à grande précision dimensionnelle;
- Pour ce qui est des variables individuelles, l'utilité perçue de la technologie et la facilité perçue de son utilisation augmentent la probabilité d'adoption des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF), alors que la résistance au changement diminue la probabilité d'adoption de ce type de technologie;
- Concernant les facteurs technologiques, des coûts d'acquisition élevés diminuent la probabilité d'adoption de trois des quatre technologies considérées : les cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF), les automates ou procédés programmables et les technologies de grande précision dimensionnelle. Pour leur part, des coûts d'intégration élevés diminuent la probabilité d'adoption des automates ou procédés programmables et des technologies d'usinage à grande vitesse. Finalement, la complexité de la technologie est négativement associée à la probabilité d'adoption des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF) et des automates ou procédés programmables;
- Pour les facteurs de l'environnement externe, les résultats du Tableau 30(b) indiquent que les PME qui tissent des liens forts avec leurs réseaux locaux de fournisseurs et de clients sont plus enclines à adopter des cellules ou systèmes de fabrications flexibles (CFF), des automates ou procédés programmables et des technologies d'usinage à grande vitesse. De plus, l'implication de la PME dans des réseaux de participation augmente la probabilité qu'elle adopte des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF) ou encore des automates ou procédés programmables. Finalement, la variable qui renvoie aux réseaux éloignés de clients est négativement associée à l'adoption des cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)

et positivement associée à l'adoption des technologies d'usinage à grande vitesse;

- Les résultats indiquent aussi que les PME qui opèrent dans des industries à faible ou moyenne intensité technologique sont moins portées à adopter des cellules ou systèmes de fabrications flexible (CFF) que celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée.

Tableau 30(b)

Estimation des modèles Logit établissant les facteurs qui influencent la probabilité d'adopter les technologies de traitement, fabrication et assemblage

Traitement, fabrication et assemblage	Cellule ou systèmes de fabrication flexibles (CFF)		Automates ou procédés programmables		Usinage à grande vitesse		Technologie de grande précision dimensionnelle	
Variables indépendantes	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value
Intercept	-6,066		-3,146		-4,857		-5,800	
FACTEURS ORGANISATIONNELS								
↳ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	-,022	,477	-,044	,438	-,009	,491	-,092	,404
↳ Stratégie de différenciation [STRD]	-,128	,342	,021	,468	,179	,286	,376**	,032
↳ Taille [LnTAILLE]	,075**	,037	,259*	,059	,155	,244	,421**	,028
↳ Disponibilité des capitaux [CAPIT]	,334	,253	-,125	,373	,212	,335	,059	,453
↳ Personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	,039**	,026	,030	,252	,086*	,067	,021	,365
↳ Ressources technologiques [RESTECH]	,306***	,000	,281***	,000	,426***	,000	,356***	,000
↳ Formations privilégiées [FORMA]	,619***	,007	,154**	,015	,017	,468	,358*	,059
FACTEURS INDIVIDUELS								
↳ Utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	1,823***	,005	-,354	,253	-,687	,142	,004	,497
↳ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	,144**	,034	-,009	,370	,034**	,022	-,037	,251
↳ Résistance au changement [RESIS]	-,868**	,041	,025	,481	,126	,425	,540	,188
FACTEURS TECHNOLOGIQUES								
↳ Coûts d'acquisition [CTACQ]	-,885**	,018	-,161**	,036	,388	,239	-,650**	,049
↳ Coûts d'intégration [CTINTE]	-,025	,484	-,850**	,043	-,874**	,037	,093	,435
↳ Incertitude liée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	-1,286**	,019	,101	,412	,709	,110	,037	,473
↳ Complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	-1,511***	,007	-,532*	,065	-,181	,388	,142	,406
FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT								
↳ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	,466**	,019	1,176***	,003	,645**	,046	-,200	,347
↳ Réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSELO]	,624	,205	-,202	,376	-,820	,152	,423	,278
↳ Réseaux locaux de clients [CLLOC]	,391**	,026	1,192***	,004	,332**	,028	,066	,453
↳ Réseaux éloignés des clients [LnCLIELO]	-1,259*	,061	,269	,330	1,472**	,028	,401	,297
↳ Réseaux de recherche [LnRESRECH]	,335	,322	1,080*	,055	1,457**	,038	-,157	,416
↳ Réseaux de participation [LnRESPAR]	1,067*	,072	,902*	,055	-,725	,162	-,613	,204
VARIABLE DE CONTRÔLE								
↳ Faible intensité technologique [INTFAIBLE]	-,471**	,023	,440	,206	,266	,351	,592	,198
↳ Moyenne intensité technologique [INTMOYEN]	-2,374***	,009	,184	,383	-,008	,496	,965	,107
↳ Haute intensité technologique [INTHAUTE]								
	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE	
Nombre de cas : (Total = 248)	37/211		80/168		41/207		37/211	
Chi-carré (df) :	79,50 (22)		97,949 (22)		84,403 (22)		68,803 (22)	
Nagelkerke R ² (Pseudo R ²) :	,486		,462		,496		,403	
Pourcentage des prédictions correctes :	87,7 %		78,6 %		90,1 %		88,1 %	

a*, ** et *** indiquent que la variable est significative au seuil de 10 %, 5 % et 1 %, respectivement.

a Ln indique la transformation logarithmique de la variable..

Résultats relatifs aux modèles explicatifs de l'adoption des réseaux de communication

Les résultats issus des estimations des régressions logistiques binaires pour les trois types de réseaux de communication sont présentés dans le Tableau 30(c). Il se dégage que le pouvoir explicatif pour les trois modèles est très bon. En effet, les valeurs des Nagelkerke R^2 (Pseudo R^2) qui varient de ,478 à ,538 sont très acceptables pour des modèles du type logistique binaire. La statistique Chi-carré associée à ces modèles varie de 98,02 pour les réseaux informatiques élargis à 111,91 pour les réseaux locaux pour les besoins de l'ingénierie ou de la production. Les modèles sont donc significatifs dans leur ensemble au seuil de 1 %. Finalement, les pourcentages de prédictions correctes associés à ces modèles sont très élevés. Ils s'élèvent 80,7 % pour les réseaux locaux pour les besoins de l'ingénierie ou de la production, à 81,5 % pour les réseaux informatiques élargis et à 82,3 % pour les réseaux informatiques interentreprises. Ces résultats indiquent que les modèles classent correctement les PME dans la bonne catégorie de la variable dépendante (Adopte vs N'Adopte pas).

Les résultats relatifs à la signification et au sens de l'impact des variables indépendantes permettent de dégager les constats suivants :

- Cinq variables se sont avérées significatives et positivement associées à la probabilité d'adoption pour les trois types de réseaux de communication : la taille de l'entreprise, les ressources technologiques, la facilité perçue d'utilisation de la technologie, l'importance accordée par la PME à son réseau de client locaux et son implication dans les réseaux de participation;
- Le recours de la PME à une stratégie de domination par les coûts diminue la probabilité qu'elle adopte des réseaux informatiques élargis ou encore des réseaux informatiques interentreprises;
- Les formations du personnel privilégiées pour favoriser l'implantation réussie des technologies par les PME et le personnel qu'elles affectent à la R&D

augmentent la probabilité qu'elles adoptent, respectivement, des réseaux informatiques élargis et des réseaux informatiques interentreprises;

- Un autre facteur individuel, soit la résistance au changement de la part des employés, affecte à la baisse la probabilité d'adoption des réseaux informatiques élargis et des réseaux informatiques interentreprises;
- Concernant les facteurs technologiques, les résultats indiquent que l'incertitude est négativement associée à la probabilité d'adoption des réseaux informatiques élargis et des réseaux informatiques interentreprises, alors que la variable qui réfère aux coûts d'intégration des technologies est négativement associée à la probabilité d'adoption des réseaux locaux pour les besoins de l'ingénierie ou de la production;
- L'importance accordée par la PME aux réseaux locaux et éloignés de fournisseurs est positivement associée à la probabilité d'adoption des technologies des réseaux locaux pour les besoins de l'ingénierie ou de la production.
- Plus la PME est impliquée dans des réseaux locaux de fournisseurs ou dans des réseaux de recherche, plus elle aura tendance à adopter les technologies des réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux et les réseaux à grande distance);
- Finalement, les PME qui opèrent dans des industries à faible intensité technologique sont moins portées à adopter des technologies de réseaux informatiques élargis et des technologies de réseaux informatiques interentreprises, comparativement aux PME qui opèrent dans des industries à intensité technologique élevée.

Tableau 30(c)

Estimation des modèles Logit établissant les facteurs qui influencent la probabilité d'adopter les réseaux de communication

Réseaux de communication	Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production		Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux et les réseaux à grande distance)		Réseaux informatiques interentreprises (dont extranets et l'échange de documents informatisés)	
Variables indépendantes	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value
Intercept	-2,041		-4,390		-3,337	
FACTEURS ORGANISATIONNELS						
→ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	-,151	,318	-,455*	,067	-,377**	,031
→ Stratégie de différenciation [STRD]	-,095	,366	,074	,392	-,194	,256
→ Taille [LnTAILLE]	,099**	,030	,177**	,015	,328**	,047
→ Disponibilité des capitaux [CAPIT]	,545	,038	,648**	,049	,400	,177
→ Personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	-,068	,113	-,054	,141	,135***	,008
→ Ressources technologiques [RESTECH]	,401***	,000	,314***	,000	,368***	,000
→ Formations privilégiées [FORMA]	-,136	,218	,309**	,035	,094	,297
FACTEURS INDIVIDUELS						
→ Utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	,126	,415	,454	,206	,926*	,072
→ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	,171**	,019	,024**	,019	,147**	,034
→ Résistance au changement [RESIS]	,166	,396	-,884*	,071	-1,043*	,073
FACTEURS TECHNOLOGIQUES						
→ Coûts d'acquisition [CTACQ]	,351	,233	,445	,171	-,435	,221
→ Coûts d'intégration [CTINTE]	-,974**	,031	,459	,184	,536	,179
→ Incertitude liée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	,072	,443	-,600*	,062	-,810*	,074
→ Complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	-,039	,472	-,075	,442	-,092	,440
FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT						
→ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	,503**	,015	,223*	,073	,261	,298
→ Réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSSELO]	,292**	,033	-,323	,313	-,074	,458
→ Réseaux locaux de clients [CLLOC]	,335**	,023	,821**	,040	,897**	,038
→ Réseaux éloignés des clients [LnCLIELO]	-,198	,382	,252	,346	,171	,396
→ Réseaux de recherche [LnRESRECH]	,646	,194	1,566**	,012	,831	,132
→ Réseaux de participation [LnRESPAR]	,365***	,003	,978**	,049	1,679***	,005
VARIABLE DE CONTRÔLE						
→ Faible intensité technologique [INTFAIBLE]	-,898*	,055	,706	,116	-1,404***	,010
→ Moyenne intensité technologique [INTMOYEN]	-,533	,211	,414	,271	-,002	,498
→ Haute intensité technologique [INTHAUTE]	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE	
Nombre de cas : (Total = 248)	70/178		69/179		62/186	
Chi-carré (df) :	111,912 (22)		98,019 (22)		109,267 (22)	
Nagelkerke R ² (Pseudo R ²) :	,530		,478		,538	
Pourcentage des prédictions correctes :	80,7		81,5%		82,3%	

a*, ** et *** indiquent que la variable est significative au seuil de 10 %, 5 % et 1 %, respectivement.

a Ln indique la transformation logarithmique de la variable..

Résultats relatifs aux modèles explicatifs de l'adoption des technologies d'intégration et de contrôle

Le Tableau 30(d) rapporte les résultats relatifs aux estimations des quatre régressions logistiques binaires pour les quatre types de technologies d'intégration et de contrôle retenus dans la présente recherche. Les quatre modèles performant de manière très satisfaisante comme on peut le constater avec les valeurs élevées des Nagelkerke R^2 (ces Pseudo R^2 varient de ,536 à ,613). Les quatre modèles sont significatifs dans leur ensemble au seuil de 1 % (la statistique Chi-carré varie de 134,03 à 169,88). Finalement, les modèles classent correctement les PME dans la bonne catégorie de la variable dépendante (Adopte vs N'Adopte pas), comme en témoigne le pourcentage des prédictions correctes qui varie de 84,0 % à 87,7 %.

Les résultats relatifs à la signification et au sens de l'impact des variables indépendantes sont résumés dans les points suivants :

- Quatre variables se sont avérées significatives et positivement associées à la probabilité d'adoption pour les quatre types de technologies d'intégration et de contrôle : la taille de l'entreprise, les ressources technologiques, la facilité perçue d'utilisation de la technologie et le fait que la PME opère dans une industrie à intensité technologique élevée au lieu d'une industrie à faible intensité technologique;
- La variable qui renvoie aux formations du personnel privilégiées par les PME est positivement associée à la probabilité d'adoption de trois technologies sur quatre : les ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine, les systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SACD), et l'utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production;
- Les PME qui recourent à une stratégie de domination par les coûts sont moins portées à adopter les systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SACD) et utilisent moins les données d'inspection pour le contrôle de la production, alors que celles qui recourent à une stratégie de différenciation sont

plus enclines à utiliser des ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine;

- La disponibilité des capitaux affecte à la hausse la probabilité d'adopter la production assistée par ordinateur et d'utiliser les données d'inspection pour le contrôle de la production;
- Pour ce qui est des facteurs individuels, outre la facilité perçue d'utilisation de la technologie, l'utilité perçue des technologies à adopter s'est avérée significative et positivement associée à la probabilité d'adopter la production assistée par ordinateur et d'utiliser les données d'inspection pour le contrôle de la production;
- Pour les facteurs technologiques, les résultats indiquent que des coûts d'acquisition élevés de la technologie affectent à la baisse la probabilité d'utiliser des ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine. Pour sa part, l'incertitude est négativement associée à la probabilité d'adopter les technologies de production assistée par ordinateur et celles des systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SACD). Finalement, plus la technologie à adopter est complexe, moins les PME auront tendance à adopter les technologies de production assistée par ordinateur et à utiliser les données d'inspection pour le contrôle de la production;
- Au niveau des facteurs liés à l'environnement externe, les résultats montrent que les PME qui tissent des liens forts avec les réseaux de recherche sont plus enclines à adopter les quatre types de technologies, sauf celle concernant l'utilisation des données d'inspection pour le contrôle de la production. L'implication des PME dans des réseaux de participation est aussi favorable à l'adoption de deux types de technologies : la production assistée par ordinateur et l'utilisation des données d'inspection pour le contrôle de la production. Finalement, la variable qui réfère aux réseaux des fournisseurs éloignés s'est avérée significative et positivement associée à la probabilité d'adopter des systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SACD).

Tableau 30 (d)

Estimation des modèles Logit établissant les facteurs qui influencent la probabilité d'adopter les technologies d'intégration et contrôle

Intégration et contrôle	Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine		Production assistée par ordinateur (PAO)		Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)		Utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production	
	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value	Coeff. (β)	P-value
Variabiles indépendantes								
Intercept	-2,868		-5,807		-3,177		-1,438	
FACTEURS ORGANISATIONNELS								
→ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	,382	,120	,083	,419	-,361*	,063	-,590**	,029
→ Stratégie de différenciation [STRD]	,714***	,007	,388	,137	,429	,123	-,054	,426
→ Taille [LnTAILLE]	,044**	,041	,080**	,036	,529***	,004	,305*	,054
→ Disponibilité des capitaux [CAPIT]	-,161	,348	,655*	,098	-,034	,468	,983***	,007
→ Personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	-,025	,313	,006	,456	,080*	,075	,012	,402
→ Ressources technologiques [RESTECH]	,374***	,000	,788***	,000	,498***	,000	,340***	,000
→ Formations privilégiées [FORMA]	,401***	,010	,117	,280	,252**	,028	,375**	,012
FACTEURS INDIVIDUELS								
→ Utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	-,460	,212	1,234**	,041	,982*	,064	,860*	,061
→ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	,045**	,011	,020**	,025	,069***	,008	,050**	,042
→ Résistance au changement [RESIS]	,403	,241	-,076	,457	-,944*	,063	,575	,163
FACTEURS TECHNOLOGIQUES								
→ Coûts d'acquisition [CTACQ]	-,495*	,065	,473	,218	-,588	,141	,210	,330
→ Coûts d'intégration [CTINTE]	,308	,277	-,332	,303	,071	,449	-,210	,341
→ Incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	,156	,376	-,1458**	,013	-,747**	,039	,216	,330
→ Complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	,084	,441	-,258**	,035	,270	,329	-,957**	,042
FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT								
→ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	-,424	,186	-,435	,226	-,505	,155	,063	,444
→ Réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSSELO]	-,102	,439	-,896	,141	,864**	,036	-,812	,119
→ Réseaux locaux de clients [CLLOC]	-,014	,488	-,336	,284	,553	,126	,119	,395
→ Réseaux éloignés des clients [LnCLIELO]	-,345	,301	-,841	,158	,186	,389	-,304	,322
→ Réseaux de recherche [LnRESRECH]	1,356**	,021	1,738**	,031	,494**	,025	,765	,147
→ Réseaux de participation [LnRESPAR]	,990*	,067	1,811**	,013	-,769	,117	2,079***	,000
VARIABLE DE CONTRÔLE								
→ Faible intensité technologique [INTFAIBLE]	-,287**	,030	-,366**	,030	-,408**	,025	-,860*	,063
→ Moyenne intensité technologique [INTMOYEN]	,908	,133	,886	,153	-,928	,114	-,225	,372
→ Haute intensité technologique [INTHAUTE]	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE		CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE	
Nombre de cas : (Total = 248)	76/172		74/174		80/168		85/163	
Chi-carré (df) :	116,39 (22)		169,88 (22)		138,39 (22)		134,03 (22)	
Nagelkerke R ² (Pseudo R ²) :	,536		,613		,606		,585	
Pourcentage des prédictions correctes :	82,7 %		87,7 %		84,0 %		84,0 %	

a*, ** et *** indiquent que la variable est significative au seuil de 10 %, 5 % et 1 %, respectivement.

a Ln indique la transformation logarithmique de la variable..

4.3.2. Modèle explicatif de la variété d'utilisation des technologies de pointe

Après avoir estimé un modèle explicatif de l'adoption pour chacune des quinze technologies de pointe, il sera question maintenant d'un modèle plus global, explicatif de la variété des technologies adoptées par les PME. Ce modèle permettra d'avoir une idée plus globale sur les capacités technologiques des PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent. La littérature consultée et nos résultats empiriques obtenus dans la section précédente illustrent fortement l'importance de la compatibilité et de la complémentarité entre les différentes technologies utilisées par l'entreprise. L'identification des principaux facteurs susceptibles d'expliquer la capacité des PME à utiliser simultanément plusieurs technologies sera certainement d'un grand intérêt, notamment en termes de pistes d'action pour améliorer la gestion des technologies dans les entreprises. Ainsi, la variable dépendante dans ce modèle est donnée par le nombre total de technologies adoptées par la PME. Ce nombre peut varier de 0 à 15.

Le modèle de régression adéquat dans ce cas est la régression linéaire multiple puisque la variable dépendante peut être considérée comme une variable du type ratio (continue). De façon plus spécifique, ce modèle s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned} \text{NBTECH} = & \beta_0 + \beta_1 \text{STRDC} + \beta_2 \text{STRD} + \beta_3 \text{LnTAILLE} + \beta_4 \text{CAPIT} + \beta_5 \text{LnPERRD} + \\ & \beta_6 \text{FORMA} + \beta_7 \text{UTILE} + \beta_8 \text{LnFACILE} + \beta_9 \text{RESIS} + \beta_{10} \text{CTACQ} + \\ & \beta_{11} \text{CIINTE} + \beta_{12} \text{INCERT} + \beta_{13} \text{LnCOMPLEX} + \beta_{14} \text{FSSLOC} + \\ & \beta_{15} \text{LnFSSELO} + \beta_{16} \text{CLLOC} + \beta_{17} \text{LnCLELO} + \beta_{18} \text{LnRESRECH} \\ & + \beta_{19} \text{LnRESPAR} + \beta_{20} \text{INTFAIB} + \beta_{21} \text{INTMOY} + \varepsilon \end{aligned}$$

où,

- β_i ($i = 1 \dots 21$) sont les coefficients rattachés aux différentes variables explicatives;
- NBTECH correspond au nombre total de technologies de pointe adoptées par la PME;
- ε est le terme d'erreur.

Il importe de mentionner que les variables indépendantes dans ce modèle sont les mêmes que celles retenues pour les régressions logistiques binaires, en excluant la variable ressources technologiques qui est mesurée par le nombre total des technologies duquel nous avons soustrait la technologie qui constitue la variable dépendante.

Avant de procéder à l'estimation de cette régression par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO), il est important de s'assurer que les postulats préliminaires associés à cette méthode sont respectés.

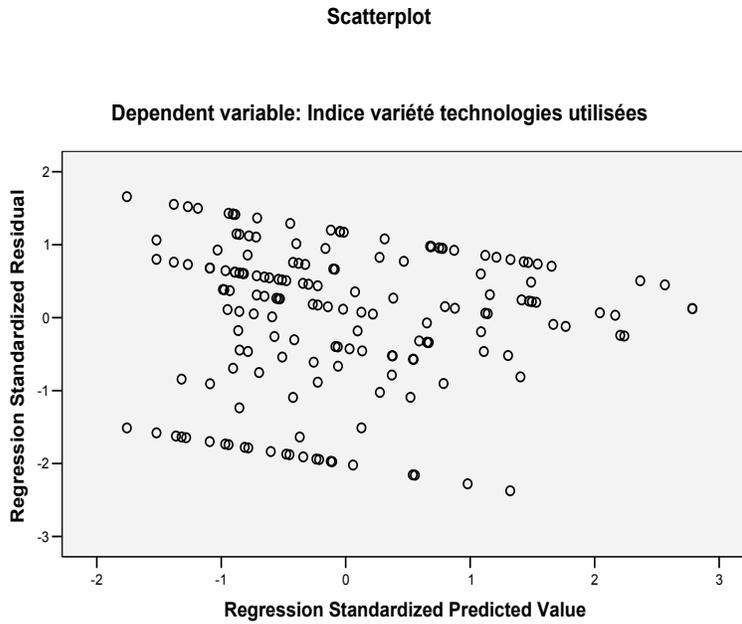
4.3.2.1. Vérification des postulats pour les régressions linéaires multiples

Avant d'utiliser la MCO, cinq postulats sont à vérifier : i) les résidus doivent être indépendants; ii) ils doivent être normalement distribués; iii) la variance des résidus doit être égale pour toutes les observations; iv) la linéarité de la relation entre la variable dépendante et les variables indépendantes, et l'absence de données extrêmes; et v) l'absence de multicollinéarité entre les variables indépendantes.

Indépendance entre les résidus

L'indépendance des résidus (absence de corrélation entre les résidus) peut être analysée à partir du graphique mettant en relation les résidus standardisés et les valeurs prédites standardisées. L'indépendance des résidus est satisfaite lorsque ces derniers sont dispersés plus ou moins au hasard autour de 0 sur l'axe horizontal et sur l'axe vertical (Figure 8). Aussi, il est possible de vérifier l'indépendance des résidus en testant leur corrélation avec les valeurs prédites. Cette corrélation doit être très faible et se rapprocher le plus de 0. L'examen de cette corrélation pour le cas de notre étude révèle un coefficient de corrélation nulle (Tableau 31). Donc, le postulat d'indépendance des résidus est vérifié.

**Figure 8 : Distribution
des résidus standardisés et des valeurs prédites standardisées**



**Tableau 31
Vérification de l'indépendance des erreurs**

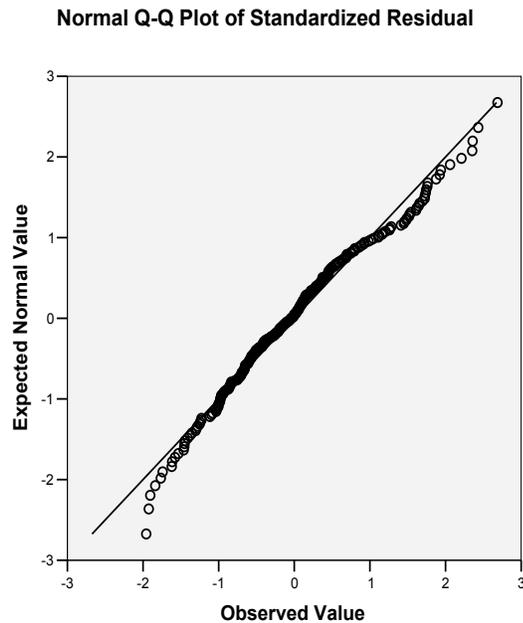
Correlations

		Standardized Predicted Value	Standardized Residual
Standardized Predicted Value	Pearson Correlation	1	,000
	Sig. (2-tailed)		1,000
	N	243	243
Standardized Residual	Pearson Correlation	,000	1
	Sig. (2-tailed)	1,000	
	N	243	243

Distribution normale des résidus

La normalité des résidus est confirmée lorsqu'un pourcentage élevé de résidus est compris dans l'intervalle entre -2 et +2 du graphique mettant en relation les résidus standardisés et les valeurs prédites standardisées, indiquant que ceux-ci suivent une distribution normale. En se référant à la Figure 8, ceci semble être le cas. De plus, le graphique de normalités Q-Q-Plot (Figure 9) suggère une distribution normale des résidus. Donc, le postulat de la normalité des résidus est vérifié.

Figure 9 : Normalité des résidus standardisés



Égalité de la variance des résidus pour toutes les observations

Ce postulat de la régression linéaire multiple suppose que la variance des résidus (ou erreurs) soient homogène sur toute l'étendue de la variable dépendante, c'est-à-dire que le principe d'homoscédasticité soient respecté. Le diagramme des résidus doit avoir une forme rectangulaire uniforme et non une forme d'entonnoir, symptomatique de la violation du postulat d'homogénéité de la variance des résidus. L'analyse de ce diagramme illustré à la Figure 7 confirme que l'homocédasticité est observée. Nous avons également effectué un test d'homogénéité des variances (Levene test) pour comparer l'égalité des variances de trois groupes de résidus. Pour ce faire, nous avons subdivisé la variable résidus standardisés en trois groupes après l'avoir ordonnée en ordre croissant.

Les résultats du test d'homogénéité des variances rapportés au Tableau 32 ne permettent pas de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des variances entre les 3 groupes de résidus (p-value = ,556). Donc, le postulat d'homocédasticité des erreurs est vérifié.

Tableau 32
Test d'homogénéité des variances

Test of Homogeneity of Variances			
Standardized Residual			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,825	2	240	,556

Linéarité de la relation entre Y et X, et l'absence de données extrêmes

L'examen du diagramme des résidus permet également de vérifier si la droite de régression s'ajuste bien aux données. Cela se fait par l'examen des tendances graphiques des résidus par rapport aux valeurs prédites. La relation entre Y (la variable dépendante) et les X (les variables explicatives) doit avoir une forme linéaire et non curviligne par exemple. Ceci semble être le cas dans la Figure 2.

Quant à l'absence des valeurs extrêmes, elle peut être vérifiée en s'assurant qu'aucune valeur résiduelle transformée en score (z) standardisé n'est pas plus petite que la valeur -3,29 ou plus grande que la valeur 3.29 (score z qui correspond à une probabilité de 0.001). L'examen de ce score n'a révélé aucune valeur supérieure ou inférieure à ces seuils.

Absence de multicollinéarité entre les variables indépendantes

Le postulat relatif à l'absence de multicollinéarité entre les variables indépendantes sous-entend que les corrélations entre elles doivent être très faibles. Ce postulat a été vérifié en effectuant le test de tolérance, lequel doit révéler des valeurs supérieures à 0,2 ou encore des coefficients d'inflation des données (VIF) inférieurs à 10 (Field 2009; Menard, 1995). Les résultats de ce test, qui sont indépendants de la variable dépendante considérée, sont les mêmes que pour le cas des régressions logistiques binaires. Donc, la plus petite valeur observée pour la tolérance est de 0,393 et la plus grande valeur du VIF est de 2,544. Ceci suggère l'absence de multicollinéarité entre les variables explicatives retenues dans ce modèle (Tableau 29).

Maintenant que les postulats de base relatifs au modèle de régression linéaire multiple sont observés, nous allons interpréter les résultats issus de l'estimation par la méthode des MCO de ce modèle.

4.3.2.2. Résultats de l'estimation de la régression linéaire multiple

Les résultats du modèle de régression linéaire explicatif de la variété d'adoption des technologies de pointe sont présentés dans le Tableau 33. On peut y constater que 11 des 21 variables explicatives introduites dans ce modèle expliquent de façon significative la variété d'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières de la région du Bas-Saint-Laurent.

Le modèle dans son ensemble donne un R^2 ajusté de 0.532, ce qui est très acceptable et est significatif au seuil de 1 % (F calculé = 8,674 > F théorique (21, 227) = 1,936 au seuil 1 %). Il se dégage aussi du Tableau 33 que le nombre de technologies adoptées par les PME augmente avec la pratique d'une stratégie de différenciation, avec la taille, avec la formation des employés pour favoriser l'implantation réussie des technologies, avec la facilité perçue d'utilisation des technologies, avec l'importance accordée aux réseaux locaux des fournisseurs et avec l'implication dans des réseaux de participation. En revanche, ce nombre diminue avec la pratique d'une stratégie de domination par les coûts, avec des coûts d'intégration de la technologie élevés, avec l'accroissement du niveau d'incertitude relié à l'adoption des technologies, et avec l'appartenance des PME à des industries à faible intensité technologique au lieu d'industries à intensité technologique élevée.

Dans le but d'évaluer l'ampleur de l'impact des variables explicatives significatives sur le nombre total de technologies de pointe adoptées par les PME, nous avons calculé les coefficients d'élasticité pour les variables explicatives continues et l'impact marginal pour les variables explicatives dichotomiques.

Les élasticités partielles et les impacts marginaux ont été calculés à l'aide du logiciel Limdep (version 8.0). Les résultats de ces calculs présentés au Tableau 34 montrent que le coefficient d'élasticité le plus élevé est celui correspondant à

l'implication des PME dans des réseaux de participation. Ce coefficient a une valeur de 2,94, ce qui signifie qu'un changement relatif positif de 10 % de la valeur de l'indice mesurant l'implication dans des réseaux de participation accroît, en moyenne, le nombre de technologies de pointe adoptées par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent de 2,94 %. Le coefficient d'élasticité des réseaux de participation est suivi de près par celui relatif à la stratégie de domination par les coûts. En effet, un changement relatif positif de 10 % de la valeur de l'indice mesurant le recours des PME à ce type de stratégie décroît le nombre de technologies de pointe adoptées de 2,12 %. Les coefficients d'élasticité partielle pour les autres variables explicatives continues s'élèvent à 1,99 pour la taille, 1,44 pour la facilité perçue d'utilisation des technologies, 1,33 pour la pratique d'une stratégie de différenciation et 1,04 pour l'indice qui reflète les formations des employés privilégiées par les PME.

Quant aux impacts marginaux des variables dichotomiques, les résultats rapportés dans le Tableau 34 indiquent que l'impact marginal le plus élevé correspond à la variable qui renvoie aux coûts d'intégration des technologies. Cet impact s'élève à -3,10, ce qui signifie que si toutes les PME, qui avaient déclaré que les coûts d'acquisition des technologies constituaient un problème qui a sérieusement retardé ou rendu impossible l'adoption de ces technologies, n'avaient pas éprouvé un tel problème, le nombre de technologies de pointe adoptées par les PME manufacturières aurait augmenté de 3,10 %. L'interprétation est la même pour les trois autres variables explicatives binaires : incertitude reliée à l'adoption des technologies de pointe (impact marginal = 1,90), réseaux locaux de fournisseurs (impact marginal = 2,20) et disponibilité des capitaux (impact marginal = 1,14).

Dans la dernière section de ce chapitre consacré aux résultats empiriques de notre recherche, nous allons discuter des principaux résultats obtenus à la lumière des écrits recensés dans notre revue de littérature. On y tentera aussi de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de recherche énoncées au Chapitre 3.

Tableau 33

Estimation du modèle de régression établissant les facteurs qui influencent la variété d'adoption des technologies de pointe

Variable dépendante : Nombre total de technologies de pointe adoptées [NBTECH]		
Variables indépendantes	Coeff. (β)	P-value
Intercept	1,378	,386
FACTEURS ORGANISATIONNELS		
↘ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	-,050***	,002
↘ Indice Stratégie de différenciation [STRD]	,662**	,011
↘ Taille [LnTAILLE]	,873***	,000
↘ Disponibilité des capitaux [CAPIT]	,673*	,062
↘ Personnel dédié à la R&D [LnPERRD]	,017	,378
↘ Formations privilégiées [FORMA]	,736***	,000
FACTEURS INDIVIDUELS		
↘ Utilité perçue des technologies à adopter [UTILE]	-,315	,314
↘ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	,017**	,032
↘ Résistance au changement [RESIS]	,079	,453
FACTEURS TECHNOLOGIQUES		
↘ Coûts d'acquisition [CTACQ]	-,293	,294
↘ Coûts d'intégration [CTINTE]	-1,150**	,029
↘ Incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe [INCERT]	-1,172**	,013
↘ Complexité de la technologie [LnCOMPLEX]	,278	,323
FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT		
↘ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	,161**	,049
↘ Réseaux éloignés des fournisseurs [LnFSSELO]	,552	,235
↘ Réseaux locaux de clients [CLLOC]	-,432	,197
↘ Réseaux éloignés des clients [LnCLIELO]	-,709	,159
↘ Réseaux de recherche [LnRESRECH]	,278	,361
↘ Réseaux de participation [LnRESPAR]	,745***	,010
VARIABLE DE CONTRÔLE		
↘ Faible intensité technologique [INTFAIBLE]	-1,032**	,051
↘ Moyenne intensité technologique [INTMOYEN]	,257	,362
↘ Haute intensité technologique [INTHAUTE]	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE	CATÉGORIE DE RÉFÉRENCE

Nombres de cas : 248

R² ajusté : .532

F calculé = 8,674 ; F théorique (21; 227) = 1,936 à 1 %

a*, ** et *** indiquent que la variable est significative au seuil 10 %, 5 % et 1 % (one tail), respectivement.

^b LN indique la transformation logarithmique de la variable correspondante.

Tableau 34
Impact des variables statistiquement significatives sur la variété d'adoption des technologies de pointe

(A) Variables continues	Élasticité partielle ^{a,b}
➤ Stratégie domination par les coûts [STRDC]	-2,12
➤ Indice Stratégie de différenciation [STRD]	1,31
➤ Taille [LnTAILLE]	1,99
➤ Formations privilégiées [FORMA]	1,04
➤ Facilité perçue d'utilisation des technologies [LnFACILE]	1,44
➤ Réseaux de participation [LnRESPAR]	2,94
(B) Variables binaires	Impact marginal ^c
➤ Disponibilité des capitaux (YES = 1) [CAPIT]	1,14
➤ Coûts d'intégration (YES = 1) [CTINTE]	3,10
➤ Réseaux locaux de fournisseurs [FSSLOC]	2,20
➤ Incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe (YES = 1) [INCERT]	1,90

^{a, c} Les élasticités partielles et l'impact marginal ont été calculés à l'aide du logiciel Limdep (version 8.0).

^b Les élasticités sont rapportées pour une augmentation de 10 % de la variable correspondante.

4.3.2.3. Synthèse et discussion des analyses multivariées

Pour expliquer l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières de la région du Bas-Saint-Laurent, nous avons procédé en trois étapes. Dans une première partie, nous avons estimé des modèles de régression logistique binaires pour identifier les facteurs susceptibles d'expliquer l'adoption (versus la non-adoption) de 15 technologies de pointe réparties selon quatre groupes fonctionnels qui correspondent à l'étape du processus de fabrication où chacune est employée : quatre technologies de conception et d'ingénierie, quatre technologies de traitement de fabrication et d'assemblage, trois technologies de communication, et quatre technologies d'intégration et de contrôle. Cette taxonomie est fréquemment utilisée dans la littérature (Baldwin et Diverty, 1995; Becheikh et al., 2006b; Statistique Canada, 2007). Les variables indépendantes retenues sont soutenues par la recension des écrits réalisée dans le chapitre II de cette recherche. Cette recension a permis de dégager quatre groupes de facteurs explicatifs de l'adoption des technologies par les entreprises : les facteurs organisationnels, les facteurs

individuels, les facteurs technologiques et les facteurs liés à l'environnement externe des entreprises. Les quinze modèles estimés ont globalement bien performé en termes de pouvoir explicatif (Pseudo R² et pourcentage des prédictions correctes), de signification (chi-carré du ratio du maximum de vraisemblance), et de signification et des signes attendus des variables explicatives.

Concernant les facteurs organisationnels, les résultats issus de l'estimation de ces modèles ont montré que la taille de la PME s'est avérée significative et positivement associée à l'adoption dans 13 modèles sur 15. Ce résultat corrobore grandement les résultats de plusieurs travaux antérieurs qui suggèrent que la taille est un bon prédicteur de la capacité des entreprises à adopter de nouvelles technologies, notamment en raison des économies d'échelle dont jouissent les grandes entreprises (Blau et al., 1976; Zmud, 1982; Damanpour 1987; Germain; 1993). En effet, les grandes entreprises sont généralement plus diversifiées, sont dotées d'une plus grande expertise technique, sont généralement dirigées par des gestionnaires favorables aux nouvelles technologies, et opèrent dans des contextes plus concurrentiels qui créent des pressions en faveur de l'adoption de nouvelles technologies plus performantes (Fichman, 2004).

En conformité avec plusieurs travaux antérieurs, les stratégies pratiquées par les PME se sont également avérées importantes pour expliquer l'adoption de certains types de technologies de pointe. Nos résultats indiquent que la PME qui poursuit une stratégie de domination par les coûts aura moins tendance à adopter des technologies de conception et d'ingénierie, et de mettre en place des réseaux de communication. Ce résultat est justifié dans plusieurs études précédentes par le fait qu'afin de contrôler leurs coûts et les maintenir au minimum, les entreprises qui adoptent cette stratégie choisissent souvent de ne pas s'engager dans des projets coûteux et risqués tels que l'adoption d'une nouvelle technologie ou le développement d'un nouveau produit (Zahra, 1993; Coulter, 2002; Becheikh et al., 2006b).

Les ressources organisationnelles tangibles et intangibles se sont avérées significatives et positivement associées à l'adoption de plusieurs technologies de pointe

parmi celles considérées dans notre étude. Ainsi, la variable qui renvoie aux ressources technologiques de l'entreprise, et qui cherche à appréhender la notion de compatibilité technologique ou encore de l'expérience antérieure de l'entreprise avec des technologies reliées ou connexes avec celle qu'elle envisage d'adopter, s'est avérée significative et positivement associée à l'adoption dans les 15 modèles sans exception. Plusieurs auteurs ont montré que les entreprises détenant plus de ces ressources sont plus susceptibles d'adopter de nouvelles technologies en combinant mieux les nouvelles technologies avec les technologies déjà implantées (Scannell et al., 2012; Gomez et Vargas, 2012). Pour sa part, le personnel affecté à la R&D s'est avéré significatif et positivement associé à l'adoption des technologies de pointe pour 8 des 15 modèles, dont les quatre technologies de conception et d'ingénierie. Ce résultat est conforme avec les résultats obtenus par plusieurs autres chercheurs à l'effet que ce personnel contribue à l'amélioration de la capacité d'absorption de l'entreprise en lui permettant de mieux exploiter les connaissances incorporées dans les nouvelles technologies (Kash et Rycott, 2000; Romijn et Albaladejo, 2002). En lien avec ce dernier résultat, nous avons également dégagé l'importance de la formation en tant que facteur favorable à l'adoption réussie des technologies de pointe, particulièrement les technologies de traitement, fabrication et assemblage, et celles d'intégration et contrôle.

Concernant les facteurs individuels, les résultats issus de l'estimation de ces modèles ont montré que la facilité perçue d'utilisation de la technologie s'est avérée significative et positivement associée à l'adoption dans 12 modèles sur 15. C'est le cas des quatre technologies d'intégration et de contrôle considérées dans notre étude. À ce chapitre, plusieurs chercheurs ont montré que la facilité perçue d'utilisation d'une technologie donnée augmente la propension des entreprises à l'adopter (Venkatesh et Davis, 2000; Davis et al., 1989; Calisir et al., 2009; Scannell et al., 2012). Cette facilité perçue a été appréhendée dans notre recherche par la proportion des employés qui sont des ingénieurs et des techniciens. Tel que discuté précédemment dans ce mémoire, le savoir incorporé dans les employés, notamment les employés qualifiés, contribue à accroître les opportunités d'apprentissage de l'entreprise et lui permet d'envisager avec plus de confiance des projets d'adoption de technologies de pointe, généralement

sophistiquées et complexes (Amara et Landry, 2005; Zahra et George, 2002; Vinding, 2006; Calisir et al., 2009; Scannell et al., 2012). Pour sa part, l'utilité perçue de la technologie ne ressort pas suffisamment de nos analyses puisque cette variable s'est avérée significative et positivement associée à l'adoption de seulement trois technologies de pointe : les réseaux informatiques interentreprises, les cellules ou systèmes de fabrication flexibles et les systèmes de données d'inspection pour le contrôle de la production. Ces résultats corroborent partiellement ceux obtenus par d'autres chercheurs qui ont trouvé que l'utilité perçue d'une technologie donnée augmente la propension des entreprises à l'adopter (Venkatesh et Davis, 2000; Calisir et al., 2009; Scannell et al., 2012). Il faut cependant mentionner que dans ces dernières études, un nombre très restreint, souvent un seul, de technologies a été considéré.

Pour les facteurs technologiques, les coûts d'acquisition et d'intégration ressortent comme un frein important à l'adoption, notamment pour les technologies de conception et d'ingénierie, et pour celles de traitement, de fabrication et d'assemblage. Ces technologies sont très coûteuses, ce qui expliquerait la réticence des entreprises du Bas-Saint-Laurent, qui sont particulièrement petites, à les adopter. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par d'autres auteurs dont Oh et al. (2012) qui ont trouvé que les coûts liés à l'acquisition et à l'intégration des technologies peuvent constituer des obstacles à leur adoption par les entreprises.

L'autre facteur technologique qui s'est avéré significatif pour expliquer l'adoption de certaines technologies parmi celles considérées dans cette recherche est l'incertitude reliée à l'adoption d'une nouvelle technologie. À l'instar de plusieurs études antérieures (Brian, 1996; Katz et Shapiro, 1986; Ravichandran, 2005), nous avons trouvé que l'incertitude qui accompagne l'adoption des technologies de pointe, notamment celles de conception et d'ingénierie, et celles de traitement, de fabrication et d'assemblage, est négativement corrélée à la décision d'adoption.

Passons maintenant aux facteurs reliés à l'environnement externe de l'entreprise et qui renvoient, dans notre recherche, à l'étendue du réseau social qu'elle a avec ses

fournisseurs, ses clients, les institutions de recherche et les différents réseaux de participation. À ce chapitre, nos résultats suggèrent, pour l'essentiel, que l'importance accordée par la PME aux réseaux locaux de fournisseurs et de clients affecte positivement sa propension à adopter des technologies de pointe, notamment les technologies relatives aux réseaux de communication. L'importance accordée par la PME aux réseaux de recherche semble quant à elle favoriser l'adoption des technologies d'intégration et de contrôle. Les résultats indiquent également que l'implication des entreprises dans des réseaux de participation aux niveaux régional, provincial, national, et international, influence positivement leur propension à adopter plusieurs technologies de pointe considérées dans la présente étude, notamment les réseaux de communication, et les technologies de traitement, fabrication et assemblage. Ces résultats rejoignent à plusieurs égards ceux de diverses autres études qui ont montré que ces réseaux permettent d'instaurer un climat de confiance et de développer un capital social entre l'entreprise et ses principaux partenaires. Ceci peut ainsi réduire les coûts des transactions et créer un climat favorable à l'intégration réussie de nouvelles technologies (Kash et Rycott, 2000; Landry et al., 2002; Romijn et Albaladejo, 2002; Becheikh et al., 2006b; Amara et al., 2010).

Dans la deuxième partie des analyses multivariées, nous avons estimé une régression linéaire multiple mettant en relation le nombre total de technologies adoptées par la PME (variable dépendante) et les mêmes variables indépendantes utilisées dans les modèles de régression logistique. Cette régression linéaire multiple nous a permis d'identifier les principaux déterminants de la variété d'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent. Cette variété est importante puisque tant la littérature que nos résultats issus de l'estimation des régressions logistiques binaires suggèrent fortement que les entreprises ont tendance à adopter un «portefeuille» de technologies compatibles les unes avec les autres et complémentaires. Plus spécifiquement, nos résultats indiquent que le nombre de technologies de pointe adoptées par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent est positivement influencé par la pratique d'une stratégie de différenciation par la PME, sa taille, la disponibilité des capitaux pour acquérir la technologie, le pourcentage d'employés affectés à la R&D, la

formation des employés, la facilité perçue d'utilisation de la technologie, l'importance accordée aux réseaux locaux de fournisseurs et aux réseaux de participation. En revanche, le nombre de technologies de pointe adoptées est négativement associé à la pratique d'une stratégie de domination par les coûts par la PME, à des coûts élevés d'intégration de la technologie, à l'incertitude reliée à l'adoption de la technologie, et au fait que la PME opère dans une industrie à faible intensité technologique au lieu d'une industrie à intensité technologique élevée. Comme on le constate donc, plusieurs des variables indépendantes qui se sont avérées significatives pour expliquer l'adoption des technologies, prises une à une, le sont aussi lorsque le portefeuille global de technologies adoptées est considéré comme la variable dépendante.

Finalement, dans la dernière partie des analyses que nous avons effectuées dans le cadre de cette recherche, nous avons tenté de hiérarchiser les impacts des variables indépendantes significatives. Pour ce faire, nous avons calculé les élasticités partielles pour les variables indépendantes significatives continues et les impacts marginaux pour les variables indépendantes significatives dichotomiques. Nous avons procédé au calcul des élasticités partielles et des impacts marginaux seulement pour le cas de la régression linéaire multiple. Il aurait été très exigeant en termes de temps d'envisager le même calcul pour les 15 modèles de régression logistique binaire.

Les résultats obtenus à ce chapitre montrent que le coefficient d'élasticité le plus élevé est celui correspondant à l'implication des PME dans des réseaux de participation. Donc, cette variable est celle qui a le plus d'impact sur la variable dépendante. La taille de la PME et la variable qui renvoie à la pratique de la stratégie de domination par les coûts par les PME suivent de près en termes d'impact sur la variable dépendante.

Quant aux variables dichotomiques, les résultats indiquent que l'impact marginal le plus élevé correspond à la variable qui renvoie aux coûts d'intégration des technologies. Cet impact est négatif, ce qui signifie que si toutes les PME, qui avaient déclaré que les coûts d'acquisition des technologies constituaient un problème qui a sérieusement retardé ou rendu impossible l'adoption de ces technologies, n'avaient pas éprouvé un tel

problème, le nombre de technologies de pointe adoptées par les PME manufacturières aurait substantiellement augmenté (de 3,10 %). Les réseaux locaux de fournisseurs (impact marginal = 2,20) et l'incertitude liée à l'adoption des technologies de pointe (impact marginal = 1,90) arrivent au deuxième et au troisième rang en termes d'impact marginal.

4.3.2.4. Vérification des hypothèses de recherche

Dans la dernière section de ce chapitre, nous allons reprendre les hypothèses de recherche énoncées au chapitre 3 pour voir si elles ont été confirmées ou infirmées par les résultats de nos analyses.

La confrontation de nos hypothèses de recherche avec les résultats des analyses est présentée au Tableau 35. Étant donné le nombre élevé de modèles explicatifs estimés, nous avons indiqué, pour chaque modèle, le nombre de fois que l'hypothèse a été confirmée.

Tableau 35

Vérification des hypothèses de recherche

Hypothèses	Modèles logistiques binaires	Régression linéaire multiple
↘ H1. L'adoption d'une stratégie de domination par les coûts diminue la propension des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe	CONFIRMÉE 7 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H2. L'adoption d'une stratégie de différenciation augmente la capacité des PME à adopter des technologies manufacturières de pointe	CONFIRMÉE 3 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H3. La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec l'accroissement de la taille	CONFIRMÉE 13 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H4. La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec la disponibilité des capitaux financiers	CONFIRMÉE 5 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H5. Plus la PME affecte de ressources humaines à la R&D, plus sa propension à adopter des technologies manufacturières de pointe augmente	CONFIRMÉE 8 fois sur 15	NON CONFIRMÉE
↘ H6. Plus la PME détient des technologies de pointe compatibles avec la nouvelle technologie qu'elle envisage d'adopter, plus la probabilité d'adoption de cette nouvelle technologie est élevée	CONFIRMÉE 15 fois sur 15	---
↘ H7. Les PME qui sont intéressées par les formations favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe sont plus portées à adopter de telles technologies	CONFIRMÉE 8 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H8. La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de l'utilité de ces technologies	CONFIRMÉE 4 fois sur 15	NON CONFIRMÉE
↘ H9. La propension à adopter des technologies manufacturières de pointe des PME augmente avec leur perception de la facilité d'utilisation de ces technologies	CONFIRMÉE 12 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H10. La résistance au changement des employés à l'endroit d'une technologie de pointe diminue la probabilité de son adoption	CONFIRMÉE 3 fois sur 15	NON CONFIRMÉE
↘ H11. Plus les coûts d'acquisition d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue	CONFIRMÉE 7 fois sur 15	NON CONFIRMÉE
↘ H12. Plus les coûts d'intégration d'une technologie de pointe sont élevés, plus la probabilité de son adoption diminue	CONFIRMÉE 6 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H13. Plus l'incertitude reliée à l'adoption d'une technologie de pointe est élevée, plus la probabilité de son adoption diminue	CONFIRMÉE 5 fois sur 15	CONFIRMÉE
↘ H14. Plus une technologie de pointe est complexe, plus la probabilité de son adoption diminue	CONFIRMÉE 5 fois sur 15	NON CONFIRMÉE
↘ H15. Les réseaux de collaboration de l'entreprise augmentent sa capacité à adopter des technologies de pointe - Réseaux locaux de fournisseurs : - Réseaux éloignés de fournisseurs : - Réseaux locaux de clients : - Réseaux éloignés de clients : - Réseaux de recherche : - Réseaux de participation :	CONFIRMÉE 6 fois sur 15 CONFIRMÉE 2 fois sur 15 CONFIRMÉE 7 fois sur 15 CONFIRMÉE 2 fois sur 15 CONFIRMÉE 6 fois sur 15 CONFIRMÉE 9 fois sur 15	CONFIRMÉE NON CONFIRMÉE NON CONFIRMÉE NON CONFIRMÉE NON CONFIRMÉE CONFIRMÉE
↘ H16. La propension des PME à adopter des technologies de pointe augmente avec l'accroissement de l'intensité technologique de l'industrie dans laquelle elles se trouvent - Faible vers élevée - Moyenne vers élevée	CONFIRMÉE 11 fois sur 15 CONFIRMÉE 4 fois sur 15	CONFIRMÉE NON CONFIRMÉE

CHAPITRE 5 : CONCLUSION ET SYNTHÈSE GÉNÉRALE

Dans ce dernier chapitre, un résumé général de la recherche sera d'abord présenté. Ensuite, les implications dégagées des principaux résultats seront discutées et serviront à formuler des pistes d'interventions en vue de la gestion des technologies dans les PME manufacturières. Finalement, les limites de l'étude seront abordées et quelques pistes de recherche futures seront suggérées.

5.1. Résumé général

La compétition entre les entreprises sur les marchés nationaux et internationaux est souvent liée, dans la littérature économique et en gestion, à leur capacité d'innovation. Cette capacité dépend, entre autres, de l'arsenal technologique utilisé par les entreprises et qui est constamment porté à être renouvelé. Cependant, l'adoption de nouvelles technologies fait en sorte que les entreprises se trouvent confrontées à deux enjeux paradoxaux. D'une part, contraintes par la nécessité d'innover, elles sont, en pratique, obligées d'adopter régulièrement de nouvelles technologies afin de rester compétitives sur le marché et de répondre aux demandes de plus en plus changeantes et sophistiquées des consommateurs. D'autre part, ce faisant, elles s'exposent aux risques et aux incertitudes liés à une telle décision.

Les problèmes d'ordres financier, organisationnel ou encore individuel liés à l'adoption des technologies sont plus fréquents et plus contraignants dans le cas des PME. Ce type d'entreprise opère généralement dans un contexte désavantageux par rapport aux grandes entreprises qui ont plus de facilité à recruter du personnel, peuvent consacrer plus de ressources aux activités de recherche et de développement (R&D) et au renouvellement des technologies et de la machinerie, peuvent réaliser des économies

d'échelle, sont dans de meilleures positions pour négocier avec les fournisseurs, et sont plus capables d'absorber les coûts reliés aux échecs de leurs projets d'innovation ou d'implantation de nouvelles technologies.

Il se dégage donc que si les PME manufacturières, qui sont le moteur de la croissance des emplois dans la plupart des économies industrialisées dont celle du Québec, ne sont pas capables d'adopter efficacement les technologies de pointe, cela se répercutera négativement sur toute l'économie québécoise tributaire de la performance de ses PME.

L'objectif général de cette recherche est de mieux comprendre le processus d'adoption des nouvelles technologies de pointe par les PME manufacturières au Québec, et de formuler des pistes d'actions pour une meilleure gestion du processus d'adoption des technologies manufacturières de pointe par les gestionnaires des PME et par les décideurs politiques concernés par le soutien et la promotion du développement économique et de l'innovation dans le secteur manufacturier. De façon plus spécifique, après avoir développé, à partir de la littérature, un cadre conceptuel intégrateur explicatif de la décision des PME manufacturières à adopter des technologies de pointe, les principaux facteurs susceptibles de catalyser ou d'inhiber leur décision à adopter ou non des technologies de pointe ont été empiriquement identifiés. Ces facteurs ont été également hiérarchisés selon l'ampleur de leur impact sur la variété d'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières.

Cette recherche a permis, dans un premier temps, de dresser un portrait et de caractériser les PME manufacturières d'une région du Québec, le Bas-Saint-Laurent, selon leur taille, l'intensité technologique du secteur d'activité où elles opèrent, leur propension à innover, les ressources qu'elles affectent à la R&D, leurs réseaux d'idées et d'informations, et leurs réseaux de ventes et d'achats. La propension de ces PME à adopter des technologies de pointe a fait l'objet de comparaisons, notamment selon la taille de la PME et l'intensité technologique du secteur d'activité où elle opère.

Quinze technologies de pointe réparties selon quatre groupes fonctionnels qui correspondent à l'étape du processus de fabrication où chacune est employée, ont été retenues : les technologies de conception et d'ingénierie (4 technologies); les technologies de traitement de fabrication et d'assemblage (4 technologies); les technologies de communication (3 technologies); et les technologies d'intégration et de contrôle (4 technologies).

Les données utilisées proviennent d'une étude sur l'innovation technologique dans la région du Bas-Saint-Laurent, réalisée en 2004 par trois chercheurs, Réjean Landry, Nabil Amara et Luc Desaulniers, pour le compte du Réseau d'innovation et de développement économique (RIDE) du Bas-Saint-Laurent. L'enquête réalisée dans le cadre de cette étude par voie téléphonique a généré 249 questionnaires utilisables, ce qui correspond à un taux de réponse de 77,57 %. De ces 249 observations, une a été écartée de l'échantillon puisqu'elle correspondait à une grande entreprise (1200 employés), alors que notre étude s'intéresse aux PME.

La stratégie d'analyse préconisée est structurée en quatre parties. Premièrement, nous avons exposé les caractéristiques des entreprises pour dresser un portrait des entreprises de notre échantillon. Des analyses bivariées ont également été effectuées pour caractériser ces entreprises, notamment selon la taille de l'entreprise et le degré d'intensité technologique de l'industrie où elle opère. La deuxième partie des analyses a porté sur l'identification des déterminants associés à l'adoption ou non de quinze technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent. Plus spécifiquement, des régressions logistiques binaires ont été estimées, mettant chacune en relation une variable expliquée, Adoption / Non-adoption d'une série de 15 technologies de pointe, et des facteurs explicatifs regroupés en quatre groupes : les facteurs organisationnels, les facteurs individuels, les facteurs technologiques et les facteurs de l'environnement externe de l'entreprise. Dans la troisième partie des analyses, une régression linéaire multiple a été estimée pour expliquer de manière globale la variété des technologies de pointe adoptées par les PME. Ce modèle a permis d'identifier les prédicteurs de la capacité des PME à utiliser simultanément plusieurs technologies de

pointe. Finalement, dans la dernière partie des analyses, les variables explicatives significatives ont été hiérarchisées selon l'ampleur de leurs impacts sur la variété des technologies de pointe adoptées par les PME du Bas-Saint-Laurent. Pour ce faire, les élasticités partielles des variables explicatives continues significatives et les impacts marginaux des variables explicatives dichotomiques significatives ont été calculés.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les entreprises de notre échantillon sont assez petites. En effet, environ 62 % d'entre elles comptent 20 employés et moins. Cette proportion dépasse 80 % si l'on considère les entreprises qui ont moins de 50 employés. Ceci les place dans un contexte désavantageux par rapport aux grandes entreprises qui ont plus de facilité à recruter du personnel, peuvent consacrer plus de ressources aux activités de recherche-développement, peuvent réaliser des économies d'échelle, jouissent d'un plus grand pouvoir de négociation avec les fournisseurs, et sont mieux nanties pour absorber les coûts reliés aux échecs de leurs projets d'innovation et d'adoption des technologies de pointe, généralement très onéreux.

Le portrait dressé a aussi permis de constater qu'environ les deux tiers des PME opèrent dans des secteurs à faible intensité technologique. Il se dégage également du portrait que les entreprises manufacturières de la région du Bas-Saint-Laurent sont moins innovantes que les entreprises manufacturières dans la plupart des régions du Québec et qu'elles réalisent des activités de R&D dans de plus faibles proportions que les entreprises des autres régions.

Les analyses descriptives ont aussi permis d'illustrer l'importance des réseaux d'idées et d'information, ainsi que les réseaux de ventes et d'achats des PME de cette région. Ainsi, les sources du marché, notamment les fournisseurs et les clients, ressortent comme les sources les plus fréquemment utilisées par les PME lorsqu'elles entreprennent des projets stratégiques tels que des projets d'innovation ou encore d'adoption de technologies de pointe.

Les résultats concernant la répartition géographique des ventes et des achats des

entreprises ont montré qu'il existe des liens commerciaux privilégiés entre les entreprises sondées et leur milieu régional et provincial. En effet, plus de 80 % de leurs ventes et près de 90 % des achats se réalisent dans un rayon de 100 km de l'entreprise ou ailleurs au Québec. Il existe donc une marge d'amélioration des capacités des entreprises en matière de ventes dans d'autres provinces canadiennes et sur des marchés d'exportation.

Les résultats dégagés dans le portrait ont montré également la dépendance des entreprises à l'endroit d'un nombre restreint de clients et de fournisseurs. En effet, environ 48 % des ventes et 58 % des achats sont réalisés auprès des trois plus importants clients et des trois plus importants fournisseurs, respectivement.

Dans un deuxième temps, nous avons caractérisé l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent en regard de trois variables : la taille de la PME, l'intensité technologique du secteur où elle opère et sa propension à innover. Cette caractérisation, qui a fait appel à des analyses bivariées, a montré que l'adoption des technologies de pointe est fortement corrélée avec la taille des PME. En effet, nous avons trouvé que les entreprises de 50 employés et plus utilisent en moyenne un nombre plus élevé de technologies que les deux autres groupes d'entreprises de plus petite taille. Elle a également montré que les PME opérant dans des industries à faible intensité technologique recourent à un nombre plus faible de technologies de pointe que celles opérant dans des industries à intensité technologique élevée. Finalement, les PME innovantes utilisent en moyenne un plus grand nombre de technologies de pointe que les PME non innovantes.

Les résultats issus de l'estimation des régressions logistiques binaires explicatives de l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent ont permis de constater que certaines variables se sont avérées significatives pour expliquer l'adoption de plusieurs technologies de pointe, alors que d'autres semblent plutôt spécifiques à quelques technologies de pointe. En effet, les ressources technologiques de la PME, sa taille, sa perception de la facilité d'utilisation de la technologie à adopter, son implication dans des réseaux de participation aux niveaux

régional, provincial, national et international, la formation favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe, et la part de ses ressources humaines qu'elle affecte à la R&D interne, expliquent l'adoption de plusieurs technologies (8 à 15 technologies). En revanche, l'importance accordée par les PME aux réseaux locaux de fournisseurs et de clients semble affecter positivement l'adoption de certaines technologies, notamment celles relatives aux réseaux de communication. Ces résultats indiquent aussi que les stratégies pratiquées par les entreprises influent sur leur propension à adopter certains groupes de technologies de pointe. Ainsi, nous avons trouvé que les PME qui poursuivent une stratégie de domination par les coûts vont être moins enclines à adopter des technologies de conception et d'ingénierie et de mettre en place des réseaux de communication. Pour leur part, les coûts d'acquisition et d'intégration, et l'incertitude qui accompagne l'adoption des nouvelles technologies, ressortent comme des entraves importantes à l'adoption, particulièrement pour les technologies de conception et d'ingénierie, et celles de traitement, de fabrication et d'assemblage.

Les résultats des analyses, qui ont porté sur l'identification des facteurs explicatifs de la variété d'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent, ont montré que le nombre de technologies adoptées par les PME est positivement affecté par la pratique d'une stratégie de différenciation, la taille, la formation favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe, la facilité perçue d'utilisation des technologies, l'importance accordée aux réseaux locaux des fournisseurs et l'implication dans des réseaux de participation. En revanche, ce nombre diminue avec la pratique d'une stratégie de domination par les coûts, avec des coûts d'intégration de la technologie élevés, avec l'accroissement du niveau d'incertitude reliée à l'adoption des technologies, et avec l'appartenance des PME à des industries à faible intensité technologique au lieu d'industries à intensité technologique élevée.

La dernière analyse effectuée dans cette étude visait à hiérarchiser l'ampleur de l'impact des variables explicatives significatives sur la variété d'adoption des technologies de pointe telle que mesurée par le nombre total de technologies adoptées par l'entreprise. Pour ce faire, nous avons calculé les coefficients d'élasticité pour les

variables explicatives continues et l'impact marginal pour les variables explicatives dichotomiques. Les résultats de ces calculs indiquent que la variable qui renvoie aux réseaux de participation de la PME est celle qui a le plus d'impact sur le nombre de technologies de pointe adoptées par la PME. La taille de la PME et la variable qui renvoie à la pratique de la stratégie de domination par les coûts par les PME suivent de près en termes d'impact sur ce nombre.

5.2. Implications des résultats

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente recherche permettent de dégager plusieurs suggestions en vue d'améliorer la gestion des technologies de pointe par les entreprises manufacturières, particulièrement les petites et moyennes entreprises (PME), et par les décideurs impliqués dans le développement des politiques publiques de support à l'adoption et à l'intégration des technologies de pointe dans le secteur manufacturier. Elles sont formulées ci-dessous :

1. Les résultats obtenus montrent que, pour favoriser l'adoption des technologies de pointe, les entreprises doivent intégrer les aspects auxquels réfèrent les différents facteurs qui influent positivement sur cette adoption, dans leurs stratégies et pratiques de gestion quotidiennes. La prise en compte de l'importance de ces facteurs est de nature à assurer de meilleures conditions de succès à leurs projets d'adoption de technologies de pointe;
2. La formation favorisant l'implantation réussie des technologies de pointe, le personnel qualifié, notamment les ingénieurs et les techniciens, et le personnel dédié à la R&D interne, l'implication dans des réseaux de marché, de participation et de recherche, et le choix de technologies compatibles avec celles déjà en utilisation dans l'entreprise, sont autant de prérequis pour l'adoption réussie de nouvelles technologies;

3. Les résultats de cette recherche montrent que l'amélioration de la capacité des PME à adopter des technologies de pointe passe, entre autres, par l'amélioration de leur capacité d'absorption des connaissances incorporées dans ces technologies. Ceci peut être atteint en recrutant du personnel qualifié, notamment des ingénieurs et des techniciens, et en encourageant les formations qui favorisent l'implantation réussie des nouvelles technologies;
4. Partageant les conclusions de plusieurs chercheurs dont Yap et Souder (1994), nous croyons que la petite taille des entreprises de notre enquête, et des entreprises du Québec et du Canada en général, rend impératif que ces entreprises adoptent des stratégies en matière d'adoption des technologies de pointe qui tiennent compte de leurs spécificités. Entre autres, elles doivent se préparer aux coûts d'acquisition et d'intégration de ces technologies qui sont généralement très élevés, pour ne pas compromettre la santé financière de leurs entreprises;
5. Les PME qui pratiquent une stratégie de domination par les coûts doivent s'attendre à ce que le processus d'adoption d'une nouvelle technologie soit plus compliqué que pour les PME qui penchent plus vers une stratégie de différenciation de leurs produits;
6. Notre étude a montré que l'adoption d'une technologie de pointe dépend de sa compatibilité avec les autres technologies déjà utilisées par l'entreprise. Donc, une gestion intégrée des différentes technologies ne peut qu'améliorer l'adoption réussie de nouvelles technologies;
7. Les enseignements de la littérature réalisée dans le cadre de la présente recherche et les résultats empiriques obtenus suggèrent fortement aux entreprises de privilégier une stratégie basée sur le diagnostic et la gestion des déterminants facilitants de l'adoption des technologies de pointe au lieu d'une stratégie d'évitement des obstacles à l'adoption;

8. Les résultats obtenus montrent que l'adoption des technologies de pointe par les PME manufacturières du Bas-Saint-Laurent diffère selon l'intensité technologique du secteur où elles opèrent. Si, par son intervention, le secteur public vise l'intensification de l'effort d'adoption des technologies de pointe, il gagnerait à cibler les secteurs à moyenne et haute intensité technologique;

9. Nos résultats montrent qu'environ un tiers des PME du Bas-Saint-Laurent n'utilise aucune technologie de pointe parmi les 15 considérées dans cette étude. Ces PME sont généralement de très petite taille. La littérature est très claire à l'effet que la survie des entreprises dans le contexte actuel très concurrentiel dépend de leur productivité, laquelle dépend grandement de leur arsenal de technologies de pointe. Donc, l'amélioration des capacités technologiques de ces PME passe par des mesures de soutien qui ciblent les petites entreprises qui n'ont pas les ressources nécessaires pour adopter des technologies de pointe. De telles mesures auront aussi des effets à moyen et à long termes sur l'innovation dans ces PME puisque nos résultats ont clairement illustré la corrélation positive entre la capacité technologique des PME et leur propension à innover. Parmi ces mesures, mentionnons l'organisation de démonstrations d'équipement, notamment dans les centres de recherche et de transfert de technologies, et l'organisation de visites d'usines dans le but de démontrer concrètement les bénéfices découlant de l'utilisation de technologies de pointe. Il serait aussi judicieux de soutenir des missions à des foires d'équipement organisées selon les besoins des secteurs où les PME opèrent.

5.3. Limites et avenues futures de recherche

Certains facteurs explicatifs, notamment les coûts d'acquisition, les coûts d'intégration et l'utilité perçue de la technologie à adopter, ont été mesurés de manière indirecte en se référant à leur conséquence, en tant qu'obstacle, sur la propension à

innover des PME manufacturières. Dans une future recherche, il serait pertinent de développer des indicateurs qui appréhendent directement ces facteurs.

Cette recherche s'est concentrée sur les entreprises d'une seule région du Québec. Ceci a fait en sorte que les différences reliées aux contextes géographique et régional ont été considérablement atténuées. Une future recherche qui prendrait en considération des entreprises localisées dans différentes régions pourrait permettre de dégager des éléments reliés à l'impact de la proximité des centres urbains sur la gestion de la technologie dans les entreprises.

Bien que le questionnaire utilisé dans cette recherche soit basé sur des questionnaires déjà éprouvés (questionnaires de Statistique Canada) et des outils de mesure adoptés par des auteurs qui font autorité sur notre thématique de recherche, il demeure pertinent, dans des recherches futures, de personnaliser davantage certaines questions au contexte des PME. En effet, nous avons constaté, dans les réponses obtenues, que certains aspects reliés notamment à la formation privilégiée pour une implantation réussie des technologies de pointe, ou encore aux efforts déployés pour améliorer la capacité d'absorption des connaissances, ne semblent pas faire partie de la réalité quotidienne d'une partie des entreprises sondées.

Le degré de maturité de l'entreprise en matière d'adoption de technologies de pointe a été pris en compte dans cette recherche de manière indirecte par le nombre de technologies de pointe déjà utilisées par l'entreprise. Il serait intéressant, dans une recherche future de voir si les facteurs explicatifs influent sur l'adoption des technologies selon le degré de maturité de l'entreprise en gestion de la technologie.

Les données disponibles nous ont contraints à ne pas considérer certains facteurs explicatifs de l'adoption des technologies identifiés dans la revue de littérature tels que le timing d'adoption de la technologie et l'influence d'un champion. Dans des recherches futures, des questions spécifiques peuvent être posées pour capter ces facteurs.

La taille de notre échantillon est assez petite (248 observations). Ceci nous a privé de procéder à certaines analyses plus fines, notamment au niveau des secteurs manufacturiers. Nous étions contraint de regrouper les entreprises dans trois grandes catégories au regard de l'intensité technologique de ces secteurs.

Finalement, les données utilisées dans cette recherche proviennent d'une étude portant sur l'innovation dans le secteur manufacturier au Bas-Saint-Laurent réalisée en 2004. Des changements dans les structures industrielles et institutionnelles se sont certainement opérés depuis ce temps, d'où l'importance d'interpréter et d'utiliser avec prudence les résultats obtenus et les constats dégagés dans cette recherche.

Bibliographie

- Agarwal, R., et J. Prasad. 1997. "The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies". *Decision Sciences* 28 (3): 557-582.
- Ahire, S. L., et S. Devaray. 2001. "An Empirical Comparison of Statistical Construct Validation Approaches". *IEEE Transactions on Engineering Management* 48 (3): 319-329.
- Ajzen, I. 1991. "The theory of planned behavior". *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2): 179-211.
- Ajzen, I. 2011. "The theory of planned behaviour: Reactions and reflections". *Psychology and Health* 26 (9): 1113-1127.
- Ajzen, I., et M. Fishbein. 1980. *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Alexis, L. 2008. *Enterprise Resource Planning*. Tata McGraw-Hill, New Delhi.
- Amara, N., et R. Landry. 2005. "Sources of Information as Determinants of Novelty of Innovation in Manufacturing Firms: Evidence from the 1999 Statistics Canada Innovation Survey". *Technovation* 25 (1): 245-259.
- Amara, N., R. Landry., N. Becheikh et M. Ouimet. 2008. "Learning and Novelty of Innovation in Established Manufacturing SMEs". *Technovation* 28 (7): 450-463.
- Amara, N., R. Landry., N. Halilem et N. Traoré. 2010. "Patterns of Innovation Capabilities in KIBS Firms: Evidence from the 2003 Statistics Canada Innovation Survey on services". *Industry & Innovation* 17 (2): 163-192.
- Annamalai, C., et T. Ramayah. 2011. "Enterprise resource planning (ERP) benefits survey of Indian manufacturing firms An empirical analysis of SAP versus Oracle package". *Business Process Management Journal* 17 (3): 495-509.
- Ant'onio Soares-Aguiar and Ant'onio Palma-dos-Reis, (2008). By Lawrence Chui, CPA, and Mary B. Curtis, CPA, CISA, (2010),
- Arfaoui, A., J. galli., A. Guerry., B. Keita., G. Parent et G. Ozouian. 2009. Quel sera l'avenir des industries manufacturières du Canada et du Québec», Communication dans le cadre du Colloque : Crise économique mondiale et positionnement des entreprises manufacturières québécoises et canadiennes : Quelles stratégies post-crise? 7 décembre 2009. Disponible sur :

http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/econm_finnc/sectr_manfc/profil_secteur/pme_2010r_scian3_actman.htm
(Consulté le 25 décembre 2013).

- Armstrong, C.P., et V. Sambamurthy. 1999. "Information technology assimilation in firm: The influence of senior leadership and IT infrastructures". *Information Systems Research* 10 (4): 304-327.
- Attewell, P. 1992. "Technology diffusion and organizational learning: The case of business computing". *Organization Science* 3 (1): 1-19.
- Baldwin, J., et B. Diverty. 1995. "Utilisation des technologies de pointe dans les établissements de fabrication". document de travail 85, division de l'analyse micro-économique, Statistique Canada, Ottawa.
- Baldwin, J. R., et D. Sabourin. 2002. "Advanced technology use and firm performance in Canadian manufacturing in the 1990's". *Industrial and Corporate Change* 11 (4): 761-789.
- Baldwin, J., et Z. Lin. 2002. "Impediments to advanced technology adoption for Canadian manufacturers". *Research Policy* 31 (1): 1-18.
- Becheikh, N., R. Landry et N. Amara. 2006a. "Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993-2003". *Technovation* 26 (5/6): 644-664.
- Becheikh N., R. Landry et N. Amara. 2006b. "Les facteurs stratégiques affectant l'innovation technologique dans les PME manufacturières". *Revue canadienne des sciences de l'administration* 23 (4): 275-300.
- Beneito, P. 2003. "Choosing among alternative technological strategies: an empirical analysis of formal sources of innovation". *Research Policy* 32 (4): 693-713.
- Blau, P. M., C.M. Falbe., C. Mchugh., M. William et K. T. Phelps. 1976. "Technology and Organization in Manufacturing". *Administrative Science Quarterly* 21 (1) : 20-40.
- Bougrain, F., et B. Haudeville. 2002. "Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities". *Research Policy* 31 (5): 735-747.
- Bradford, M., et J. Florin. 2003. "Examining the role of innovation diffusion factors on the implementation success of enterprise resource planning systems". *Information Systems* 4 (3): 205-225.
- Calisir, F., A. Gumussoy et A. Bayram. 2009. "Predicting behavioral intention to use enterprise resource planning systems: an exploratory extension of the technology acceptance model". *Management Research News* 32 (7): 597-613.

- Caloghirou, Y., I. Kastelli et A. Tsakanikas. 2004. "Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance?". *Technovation* 24: 29-39.
- Chau, P.Y.K., et K. Y. Tam. 1997. "Factors affecting the adoption of Open Systems: an exploratory study". *MIS Quarterly* 21 (1): 1-24.
- Cheng, S., et V. Cho. 2010. "An integrated model of employees' behavioral intention toward innovative information and communication technologies in travel agencies". *Journal of Hospitality & Tourism Research* 35 (4): 488-510.
- Chui, L., et Curtis, M.B. 2010. "Intrepreneurs and Innovation: Here's a new approach to the adoption of continuous monitoring" Working paper, Institute of Management Accountants, Cengage Learning, November, 20, 2010. Disponible sur: <http://www.thefreelibrary.com/Intrepreneurs+and+innovation%3A+Here's+a+new+ap+proach+to+the+adoption...-a0242305265> (consulté le 15 février 2014).
- Cohen, W.M., et D. A. Levinthal. 1990. "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation". *Administrative Science Quarterly* 35 (1): 128-152.
- Cooper, R. B., et R.W. Zmud. 1990. "Information technology implementation research: a technological diffusion approach". *Management Science* 36 (2): 123-139.
- Coulter, M. 2002. *Strategic Management in Action* (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Damanpour, F. 1987. "The Adoption of Technological, Administrative, and Ancillary Innovations: Impact of Organizational Factors". *Journal of Management* 13(4): 675-688.
- Damapour, F. 1991. "Organizational innovation: A meta analysis of effects of determinants and moderators" . *The Academy of Management Journal* 34 (3): 555-591.
- Da Silveria, G., et F.S. Fogliatto. 2005. "Effects of Technology Adoption on Mass Customisation Ability of Broa Narrow Market Firms". *Gestão & Produção* 12 (3): 347-359.
- Darroch, J., et R. McNaughton. 2002. "Examining the link between knowledge management practices and types of innovation". *Journal of Intellectual Capital* 3 (3): 210-222.
- Davis, F. D. 1989. "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology". *MIS Quarterly* 13 (3): 319-340.

- Debackere, K., B. Clarysse et M. A. Rappa. 1996. "Dismantling the ivory tower: the influence of networks on innovative output in emerging technologies". *Technological Forecasting and Social Change* 53 (2): 139-154.
- Denrell, J., C. Fang et S. G. Winter. 2003. "The economics of strategic opportunity". *Strategic Management Journal* 24: 977-990.
- D'Este, P., S. Iammarino., M. Savona et N. von Tunzelmann. 2012. "What hampers innovation? Revealed barriers versus deterring barriers". *Research Policy* 41: 482-488.
- Dierickx, I., et K. Cool. 1989. "Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage". *Management Science* 35 (12): 1504-1511.
- Dolage, D. A. R., et A. B. Sade. 2012. "A Frontier Approach to Measuring Impact of Adoption of Flexible Manufacturing Technology on Technical Efficiency of Malaysian Manufacturing Industry". *Technology and Investment* 3 (4): 266-275.
- Dwivedi, Y.K., B. Lal et M.D. Williams. 2009. "Managing consumer adoption of broadband: examining drivers and barriers". *Industrial Management & Data Systems* 109 (3): 357-369.
- Easingwood, C., et C. Beard . 1989. "High technology launch strategies in the U.K". *Industrial Marketing Management* 18 (2): 125-138.
- EDC Canada. 2012. Performance commerciale du Canada Examen de huit indicateurs, Document de travail des Services de recherche, Disponible sur : <http://www.edc.ca/FR/Knowledge-Centre/Economic-Analysis-and-Research/Documents/canadian-integrative-trade-performance.pdf> (consulté le 25 décembre, 2013).
- Edwards, T., R. Delbridge et M. Munday. 2005. "Understanding innovation in small and medium-sized enterprises: a process manifest". *Technovation* 25: 1119-1127.
- Elliot, S., et C. Loebbecke. 2000. "Interactive, inter-organizational innovations in electronic commerce". *Information Technology & People* 13 (1): 46-66.
- Fang, X., S. Chan, S., J. Brzezinski et S. Xu. 2005. "Moderating effects of task type on wireless technology acceptance". *Journal of Management Information Systems* 22 (3): 123-157.
- Fichman, R.G. 2004. "Going beyond the dominant paradigm for information technology innovation research: Emerging concepts and methods". *Journal of the Association for Information Systems* 5 (8): 314-355.
- Fichman, R. G., et C.F. Kemerer. 1999. "The illusory diffusion of innovation: an examination of assimilation gaps". *Information Systems Research* 10 (3): 255-275.

- Field, A. 2009. *Discovering statistics using SPSS*. Thousand Oaks, London: Sage.
- Fishbein, M., et I. Ajzen. 1975. *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. MA: Addison-Wesley.
- Frambach, R. T. 1993. "An integrated model of organizational adoption and diffusion of Innovations". *European Journal of Marketing* 27 (5): 22-41.
- Frambach, R. T., H. G. Barkema., B. Nooteboom et M. Wedel. 1998. "Adoption of a service innovation in the business market: the influence of supplier variables". *Journal of Business Research* 41: 161-174.
- Frambach, R.T., et N. Schillewaert. 2002. "Organizational innovation adoption A multi-level framework of determinants and opportunities for future research". *Journal of Business Research* 55 (2): 163-176.
- Frohlich, M. 1998. "How Do You Successfully Adopt an Advanced Manufacturing Technology?". *European Management Journal* 16 (2): 151-159.
- Frohlich, M., et J. R. Dixon. 1999. "Information systems adaptation and the successful implementation of advanced manufacturing technologies". *Decision Sciences* 30 (4): 921- 957.
- Galende, J., et J. M. De la Fuente. 2003. "Internal factors determining a firm's innovative behaviour". *Research Policy* 32 (5): 715-736.
- Gallivan, M. J. 2001. "Organizational adoption and assimilation of complex technological innovations: development and application of a new framework". *ACM SIGMIS Database* 32 (3): 51-85.
- Garcia-Vega, M., et A. Lopez. 2010. "Determinants of abandoning innovative activities: Evidence from Spanish firms". *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* 13 (45): 69-91.
- Gatignon, H., et T. S. Robertson. 1989. "Technology diffusion: an empirical test of competitive Effects". *Journal of Marketing* 53 (1): 35-49.
- Germain, R. 1993. "The Adoption of Logistics Process Technology by Manufacturers". *Journal of Business Research* 27 (1): 51-63.
- Gómez, J., et P. Vargas. 2012. "Intangible resources and technology adoption in manufacturing firms", *Research Policy* 41 (9): 1607-1619.

- Greis, N. P. 1995. "Technology Adoption, Product Design, and Process Change: A Case Study in the Machine Tool Industry". *IEEE Transactions on Engineering Management* 42 (3): 192-202.
- Griffin, A. 1997. "PDMA Research on New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices". *Journal of Product Innovation Management* 14 (6): 429-458.
- Gupta, Y., et T. S. Raghunathan. 1988. "Organizational Adoption of MIS Planning as an Innovation". *The International Journal of Management Science* 16 (5): 383-392.
- Hartwick, J., et H. Barki. 1994. "Explaining the role of user participation in information system use". *Management Science* 40 (4): 440-465.
- Hatzichronoglou, T. 1997. "Revision of the High-Technology Sector and Product Classification". STI Working Papers 1997/2, OCDE, Paris.
- Hayashi, F., et E. Klee. 2003. "Technology Adoption and Consumer Payments: Evidence from Survey Data". *Review of Network Economics* 2 (2): 175-190.
- Hidalgo, A., et J. Albors. 2008. "Innovation management techniques and tools: a review from theory and practice". *R&D Management* 38 (2): 113-127.
- Higgins, M. J., et D. Rodriguez. 2006. "The outsourcing of R&D through acquisitions in the pharmaceutical industry". *Journal of Financial Economics* 80(2): 351-383.
- Hoppe, H.C. 2000. "Second-mover advantages in the strategic adoption of new technology under uncertainty". *International Journal of Industrial Organization*, 18(2): 315-338.
- Howard, G. S., et C. P. Ruppel. 1998. "Facilitating innovation adoption and diffusion: the case of telework". *Information Resources Management Journal* 11(3): 5-15.
- Hu, P.J., P. Y. K. Chau., Y. K. Chan et J.C. Kowk. 2001. "Investigating technology implementation in A neurosurgical teleconsultation program : A case study in Hong Kong". 34th Hawaii International Conference on System Sciences, Computer, Hawaii, 03-06 Jan.
- Industrie Canada. 2011. L'état du secteur manufacturier de pointe : Perspective canadienne ». 2011. Disponible sur : [http://www.ic.gc.ca/eic/site/mfg-fab.nsf/vwapj/state-etat_fra.pdf/\\$file/state-etat_fra.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/mfg-fab.nsf/vwapj/state-etat_fra.pdf/$file/state-etat_fra.pdf) (Consulté le 5 février 2014).
- Industrie Canada. 2012. L'état du secteur manufacturier de pointe: Perspective canadienne. Registration no IC : 60956. Disponible sur :

[http://www.ic.gc.ca/eic/site/mfg-fab.nsf/vwapj/state-etat_fra.pdf/\\$file/state-etat_fra.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/mfg-fab.nsf/vwapj/state-etat_fra.pdf/$file/state-etat_fra.pdf)

(Consulté le 29 décembre 2013).

Industrie Canada. 2013. Définition de la PME. Disponible sur :

<http://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/02834.html>.

(Consulté le 20 février 2014).

Institut de la statistique du Québec. 2010. section : statistiques principales du secteur de la fabrication, pour l'activité totale, par sous-secteur du SCIAN, Québec. Disponible sur :

<http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/secteur-manufacturier/index.html>

(Consulté le 10 février 2014).

Institut de la statistique du Québec. 2010a. Disponible sur :

http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/secteurmanufacturier/pme/pme_2010r_scian3_acttot.htm

(Consulté le 5 février 2014).

Institut de la statistique du Québec. 2011. Les technologies de pointe dans le secteur de la fabrication au Québec en 2007 : Rapport d'enquête. Disponible sur :

<http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/technologie-pointe/technologies-pointe-fabrication.pdf>

(Consulté le 5 février 2014).

Jaiswal, M., et G. Vanapalli. 2008. *Enterprise Resource Planning*. Chennai : Macmillan Publishing.

Kash, D.E., et R. W. Rycroft. 2000. "Patterns of innovating complex technologies: a framework for adaptive network strategies". *Research Policy* 29 (7-8): 819-831.

Katerattanakul, P., S. Hong et J. Lee. 2006. "Enterprise resource planning survey of Korean manufacturing firms". *Management Research News* 29 (12): 820-837.

Katz, M.L. et C. Shapiro. 1985. "Network externalities, competition and compatibility". *The American Economic Review* 75 (3): 424-440.

Katz, M. L., et C. Shapiro. 1986. "Technology adoption in the presence of network externalities". *Journal of Political Economy* 94 (4): 822-841.

Kaufmann, A., et F. Tödtling. 2002. How effective is innovation support for SMEs? An analysis of the region of Upper Austria. *Technovation* 22 (3): 147-159.

Keizer, J.A., J. P. Vos et I. M. Halman. 2005. "Risks in New Product Development: Devising a Reference Tool". *R&D Management* 35 (3): 297-309.

- Kim, H. W. 2011. "The Effects of Switching Costs on User Resistance to Enterprise Systems Implementation". *IEEE Transactions on Engineering Management* 58 (3): 471-482.
- Kimerly, J. R., et M. J. Evanisko. 1981. "Organizational Innovation: The Influence of Individual, Organizational, and Contextual Factors on Hospital Adoption of Technological Innovations". *Academy of Management Journal* 24 (4): 689-713.
- Koenig-Lewis, N., A. Palmer et A. Moll. 2010. "Predicting young consumers' take up of mobile banking services". *International Journal of Bank Marketing* 28 (5): 410-432.
- Kumar, P., et S. G. Deshmukh. 2006. "A Model for Flexible Supply Chain through Flexible Manufacturing," *Global Journal of Flexible Systems Management* 7 (3): 17-24.
- Kwon, T.H., R. W. Zmud. 1987. *Unifying the fragmented models of information systems implementation*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Landry, R. et Amara, N. 2003. *L'innovation de produits et de procédés de fabrication dans les entreprises de la zone métropolitaine de Laval, des Laurentides et de Lanaudière*. Étude réalisée pour l'Observatoire de Développement Économique Canada, bureau de Laval, Laurentides et Lanaudière.
- Landry, R., et Amara, N. 2004. *Valorisation et transfert de connaissances dans les entreprises manufacturières du Québec : Comparaisons régionales*. Rapport réalisée pour le compte du Ministère du Développement Économique et Régional et de la Recherche, Novembre 2004.
- Landry, R., et N. Amara. 2005. Enquête 2003-2004 sur l'innovation dans les entreprises manufacturières de Chaudière-Appalache. Rapport réalisée pour le compte de la Conférence Régionale de Élus de la Chaudière-Appalaches et ses partenaires, Février 2005. Disponible sur : http://www.chaudiere-appalaches.qc.ca/upload/chaudiere-appalaches/editor/asset/Enquete_innovation_Les_clusters_dynamiques_en_CA.pdf
- Landry, R., et N. Amara,. 2006. "Bilan 2005 sur l'innovation technologique dans les entreprises de la Côte-Nord Étude réalisée pour le compte de la Conférence Régionale des Élus de la Côte-Nord Mars 2006". Disponible sur : <http://www.crecotenord.qc.ca/sites/default/files/Rapport%20innovation%2020%20-%20Portrait%20des%20entreprises.pdf>
(Consulté le 25 février 2014).
- Landry, R., N. Amara et L. Desaulniers. 2005. *L'innovation dans les entreprises manufacturières du Bas-Saint-Laurent : Diagnostic et pistes d'action*". Rapport 3: Diagnostic réalisé pour le compte du Réseau d'innovation et de développement économique (RIDE) du Bas-Saint-Laurent". mai 2005. Disponible sur :

<http://biblio.uqar.ca/archives/24272327.pdf>
(Consulté le 4 février 2014).

- Landry, R., N. Amara et D. Doloreux. 2012a. "Knowledge-exchange strategies between KIBS firms and their clients". *Service Industries Journal* 32 (1-2): 291-320.
- Landry, R., N. Amara et M. Lamari, M. 2002. "Does Social Capital Determine Innovation? To What Extent?". *Technological Forecasting and Social Change* 69 (7): 681-701.
- Landry, R., N. Amara et N. Becheikh. 2012b. "Evidence on innovation failures in manufacturing industries". *International Journal of Business Strategy* 12 (2): 16-35.
- Landry, R., N. Becheikh., N. Amara., N. Halilem., J. Jbilou., E. Mosconi et H. Hammami. 2007. Innovation dans les services publics et parapublics : Rapport de la revue systématique des écrits. (U. L. Département de management, Québec, Qc., Trans.) (pp.105). Québec.
- Lapointe, L. 1999. Adoption de systèmes d'information cliniques par les médecins et les infirmières : Une étude des variables individuelles, socio-politiques et organisationnelles. École des HEC, Université de Montréal : Thèse de doctorat.
- Le Bon J, Merunka D. 1998. "The role of attitude in competitive intelligence activities of salespersons: evidence and consequences of the mediating effect". *ISBM Report* 22.
- Lee, S., et G. Park., B. Yoon et Park, J. 2010. "Open innovation in SMEs : an intermediated network model". *Research policy* 39 (2): 290-300.
- Legris, P., J. Ingham et P. Collerette. 2003. "Why do people use information technology ? A critical review of technology acceptance model". *Information and Management* 40 (3): 191-204.
- Leonard-Barton, D. 1988. "Implementation as mutual adaptation of technology and organization". *Research Policy* 17: 241-287.
- Lesage, V. 2013. Les Affaires.Com. Disponible sur : <http://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/gouvernement/politique-industrielle-quebec-injecte-1-g-dans-le-secteur-manufacturier/562410#.Un56wuJWsuk>
(Consulté le 28 décembre 2013).
- Lewin, K. 1947. Group decision and social change. New York : in Readings in Social Psychology, Eds Maccoby, Newcomb, and Hartley. Holt, Reinhart, and Winston.

- Lind, M.R., et R.W. Zmud. 1991. "The influence of a convergence in understanding between technology providers and users on information technology innovativeness". *Organization science* 2 (2): 195-217.
- Maffei, M. J., et J. Meredith. 1994. "The Organizational Side of Flexible Manufacturing Technology: Guidelines for Managers". *International Journal of Operations & Production Management* 14 (8): 17-34.
- Malecki, E.J., et D. M. Tootle. 1996. "The role of networks in small firm competitiveness". *International Journal of Technology Management* 11 (1-2): 43-57.
- Mansfield, E. 1993. "The diffusion of flexible manufacturing systems in Japan, Europe and the United States". *Management Science* 39: 149-159.
- Meredith, J. 1987. "The strategic advantages of new manufacturing technologies for small firms". *Strategic Management Journal* 8: 249-258.
- Moore, G. C., et I. Benbasat. 1991. "Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation". *Information Systems Research* 2 (3): 192-222.
- Moore, G.C., et I. Benbasat. 1996. *Integrating Diffusion of Innovations and Theory of Reasoned Action Models to Predict Utilization of Information Technology by End-users*. London : Chapman & Hall.
- Morris, M. G., et V. Venkatesh. 2000. "Age Differences in Technology Adoption Decisions: Implications for a Changing Workforce". *Personnel Psychology* 53 (2): 375-403.
- Nan, Z., G. Xunhua et C. Guoqing. 2008. "IDT-TAM Integrated Model for IT Adoption". *Tsinghua Science and Technology* 13 (3): 306-311.
- Nooteboom, B. 1989. "Diffusion, uncertainty, and firm size". *International Journal of Research in Marketing* 6: 109-128.
- OCDE. 1997. *Manuel d'Oslo, 2e édition*. OCDE: Paris. Disponible sur : <http://www.ocde.org/dataoecd/35/56/2367523.pdf> (Consulté le 15 février 2014).
- OCDE. 2004. Directorate for Science, Technology and Industry. STAN Indicators 1980-2002. OCDE, Paris.
- OCDE. 2005. *Manuel d'Oslo, 3e édition*. OCDE: Paris.
- Oh, K.Y., A. R. Anderson et D. Cruickshank. 2012. "Perceived barriers towards the use of e-trade processes by Korean SMEs". *Business Process Management*

Journal 18 (1): 43-57.

- Parsley, C., et E. Dreessen. 2003. *Projet sur les entreprises en croissance: Principales constatations*, Direction générale de la politique de la petite entreprise, Industrie Canada, Ottawa.
- Parthasarathy, S., et N. Anbazhagan. 2008. "Evaluating ERP projects using DEA and regression analysis". *International Journal of Business Information System* 3 (2): 140-157.
- Percival, J.C. 2009. "Complementarities Between Advanced Manufacturing Technologies". *IEEE Transactions on Engineering Management* 56 (1): 115-128.
- Plewa, C., I. Troshani, A. Francis et G. Rampersad. 2012. "Technology adoption and performance impact in innovation domains". *Industrial Management & Data Systems* 112 (5): 748-765.
- Porter, M. E. 1980. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York: Free Press.
- Ransbotham, S., et S. Mitra. 2010. "Target Age and the Acquisition of Innovation in High-Technology Industries". *Management Science* 56 (11): 2076-2093.
- Rao Hill, S., B. Burgan et I. Troshani. 2011. "Understanding broadband adoption in rural Australia". *Industrial Management & Data Systems* 111 (7): 1087-1104.
- Ravichandran, T. 2005. "Organizational Assimilation of Complex Technologies: An Empirical Study of Component-Based Software Development". *IEEE Transactions on Engineering Management* 52 (2): 249-268.
- Robinson, R. 1988. *The International Transfer of Technology: Theory, Issues, and Practice*. Cambridge, MA : Ballinger Publishing.
- Rogers, E.M. 1962. *Diffusion of Innovations, 1st ed.* New York : Free Press.
- Rogers, E. M. 1983. *Diffusion of Innovations (Third Ed.)* .New York : The Free Press.
- Rogers, E.M. 1995. *Diffusion of innovations, 4th Edition*. New York : The Free Press.
- Rogers, E. M. 2003. *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, E. M., and F. F. Shoemaker. 1971. *Communication of Innovations: A Cross-Cultural Approach*. New York : Free Press.

- Romijn, H., et M. Albaladejo. 2002. "Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in Southeast England". *Research Policy* 31 (7): 1053-1067.
- Rossi, B., B. Russo et G. Succi. 2011. "Path dependent stochastic models to detect planned and actual technology use: A case study of Open Office". *Information and Software Technology* 53 (11): 1209-1226.
- Saloner, G., et A. Shepard. 1995. "Adoption of technologies with network effects: An empirical investigation of the adoption of automated teller machines". *The Rand Journal of economics* 26 (3): 479-501.
- Scannell, T. V., R. J. Calantone et S. A. Melnyk. 2012. "Shop floor manufacturing technology adoption decisions An application of the theory of planned behaviour". *Journal of Manufacturing Technology Management* 23 (4): 464-483.
- Sharp, J. H. 2007. "Development, extension, and application: a review of the technology acceptance model". *Information Systems Education Journal* 5 (9): 1-11.
- Shuai, J.J., Y.-F. Su et C. Yang. 2007. "The impact of ERP implementation on corporate supply chain performance". Proceedings of the IEEE Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore, 02-04 DEC.
- Small, M. H., et M. M. Yasin. 1997. "Advanced manufacturing technology: Implementation policy and performance". *Journal of Operations Management* 15 (4): 349-370.
- Soares-Aguiar, A., et Palma-dos-Reis, A. 2008. "Why Do Firms Adopt E-Procurement Systems? Using Logistic Regression to Empirically Test a Conceptual Model". *IEEE Transactions on Engineering Management* 55 (1): 120-133.
- Stafford, J., et P. Bodson. 2007. *L'analyse multivariée avec SPSS*. Québec : Presses de l'Université du Québec : 245.
- Statistique Canada. 2002. Variations de l'emploi 1983-1999. Cité par Pierre Emmanuel Paradis (2003), FCEI. Disponible sur : http://www.cfib-fcei.ca/cfib-documents/Qc_Primer_04_f.pdf (Consulté le 29 avril 2010).
- Statistique Canada. 2007. Enquête sur les technologies de pointe 2007. Division des sciences de l'innovation et de l'information électronique. Disponible sur : http://www23.statcan.gc.ca/imdb-bmdi/instrument/4223_Q3_V1-fra.pdf (Consulté le 10 janvier, 2014).
- Statistique Canada. 2012. Intentions de dépenses en R-D industriels. Disponible sur : <http://www.statcan.gc.ca/pub/88-202-x/2012000/part-partie1-fra.htm>

(Consulté le 3 mars 2014).

- Straub, D., et M. Limayen. 1995. "Measuring system usage : implication for is theory testing". *Management Science* 41 (8): 1328-2134.
- Thornhill, S., et R.E. White. 2007. "Strategic Purity: A Multi-industry Evaluation of Pure versus. Hybrid Business Strategies". *Strategic Management Journal* 28 (5): 553-561.
- Todorova, G., et B. Durisin. 2007. "Absorptive Capacity : Valuing a Reconceptualization". *Academy of Management. The Academy of Management Review* 32 (3):774-786.
- Udo, G., et I. Ehie. 1996. "Critical success factors for advanced manufacturing systems". *Computers & Industrial engineering* 31 (2): 91-94.
- Van de Vrande, V., J. de Jong., W. Vanhaverbeke et M. de Rochemont. 2009. "Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges". *Technovation* 29 (6/7): 423- 437.
- Veer, T., A. Lorenz., K. Blind. "How open is too open? The 'dark side' of openness along the innovation". 35th DRUID Celebration Conference 2013, Barcelona, Spain, 17-19 June.
- Venkatesh, V., et F. D. Davis. 2000. "A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies". *Management Science* 46 (2): 186-204.
- Venkatesh, V., M. G. Morris., G. B. Davis., F. D. Davis. 2003. "User acceptance of information technology: Toward a unified view". *MIS Quarterly* 27 (3): 425-478.
- Vicente-Lorente, J. D. 2001. "Specificity and opacity as resource-based determinants of capital structure: evidence for Spanish manufacturing firms". *Strategic Management Journal* 22 (2): 157-177.
- Vinding, A. L. 2006. "Absorptive capacity and innovative performance: A human capital approach". *Economics of Innovation & New Technology* 15 (4/5): 507-517.
- Vowles, N., P. Thirkell et A. Sinha. 2011. "Different determinants at different times: B2B adoption of a radical innovation". *Journal of Business Research* 64 (11): 1162-1168.
- Wang, P. 2009. "Popular Concepts Beyond Organizations: Exploring New Dimensions of Information Technology Innovations". *Journal of the Association for Information Systems* 10 (1): 1-30.
- Weiss AM., et JB Heide. 1993. "The nature of organizational search in high technology markets". *Journal of Marketing Research* 30 (2): 220-233.

- Wind, J., et A. Rangaswamy. 2001. "Customisation: the Next Revolution in Mass Customization". *Journal of Interactive Marketing* 15 (1): 13-31.
- Wolff, J. A., et T. L. Pett. 2006. "Small-Firm Performance: Modeling the Role of Product and Process Improvements". *Journal of Small Business Management* 44 (2): 268.
- Yap, C. M., et W. E. Souder. 1994. "Factors Influencing New Product Success and Failure in Small Entrepreneurial High-Technology Electronics Firms". *Journal of Product Innovation Management* 11 (5) : 418-432.
- Zahra, S. A. 1993. "New product innovation in established companies: Associations with industry and strategy variables". *Entrepreneurship Theory and Practice* 18(2): 47-69.
- Zahra, S.A., et G. George. 2002. "Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization and Extension". *Academy of Management Review* 27 (2): 185-203.
- Zmud, R.W. 1982. "The Diffusion of Software Practices: Influence of Centralization and Formalization". *Management Science* 28 (12): 1421-1431.