

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GESTION DES PME ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

PAR
ARISON TANTELINIAINA RALIA

DÉVELOPPEMENT STRATÉGIQUE DES PME MANUFACTURIÈRES : UNE
APPROCHE TYPOLOGIQUE PAR LES RÉSEAUX DE NEURONES

NOVEMBRE 2005

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

SOMMAIRE

On assiste actuellement à l'arrivée de la mondialisation des marchés, la libéralisation des échanges, la déréglementation, l'économie du savoir, et récemment on a constaté une quasi-révolution en ce qui concerne les affaires électroniques ainsi que l'émergence de nouvelles formes d'organisation (entreprise réseau, entreprise virtuelle). Ces phénomènes inter-reliés ont bouleversé l'environnement dans lequel évolue la PME et l'ont contraint à être plus compétitive et plus flexible pour pouvoir survivre, et de ce fait, l'obligent à faire face à de nouveaux enjeux et défis.

Or, nous savons que la PME est limitée au niveau des ressources et ceci constitue une barrière dans ses actions. De ce fait, la PME doit avoir une vision nouvelle de ses stratégies et doit redéfinir ses plans d'actions pour mieux s'adapter aux nouvelles réalités économiques.

Ce travail se propose d'établir une typologie des PME manufacturières avec comme base de classification la notion de développement stratégique. Les typologies d'entreprises ont toujours fait l'objet d'un grand intérêt de la part des chercheurs et l'immensité de la littérature y afférente le prouve. On sait que la science fonctionne par généralisation et par regroupement, et l'homme a toujours cherché à classifier et à catégoriser pour mieux comprendre un phénomène. Les typologies constituent un outil idéal pour apprécier ces phénomènes, élaborer un modèle prédictif ou encore pour approfondir des concepts.

Notre étude va se fonder sur trois axes stratégiques que sont l'innovation, l'exportation et le réseautage.

L'échantillon de notre étude est constituée de 201 PME manufacturières de la base de données du Laboratoire de Recherche sur la Performance des Entreprises (LaRePE), l'expérience ayant été réalisée avec les réseaux de neurones, en particulier les cartes auto-organisatrices de Kohonen. C'est une méthodologie non supervisée qui laisse le réseau découvrir les regroupements naturels existants dans les données.

Les résultats obtenus sont concluants puisqu'on a pu vérifier la pertinence d'un modèle de développement stratégique à trois dimensions mettant en valeur les trois variables : réseautage, exportation et innovation. Au niveau de la classification, ces résultats nous ont permis de confirmer la robustesse de la méthodologie utilisée.

REMERCIEMENTS

Une telle recherche ne serait possible sans l'aide de Dieu et l'apport de plusieurs personnes.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de recherche, Monsieur Louis Raymond. Son appui et ses commentaires fort pertinents m'ont permis de persévérer et de mener à terme ce travail de recherche.

Je tiens à remercier sincèrement Madame Josée St-Pierre et Monsieur Mhamed Mesfioui, qui malgré leurs lourdes charges ont accepté d'évaluer ce travail de recherche.

Je voudrais aussi remercier toute ma famille pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leur confiance.

Enfin, je remercie tous les collaborateurs et les membres du personnel de l'Institut de recherche sur les PME et du LaRePE. Leurs nombreux encouragements et l'entraide qui régnait en tout temps m'ont été d'un grand apport.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire -----	i
Remerciements -----	iii
Table des matières -----	iv
Liste des figures -----	viii
Liste des tableaux -----	ix
Liste des abréviations -----	x

INTRODUCTION -----	1
--------------------	---

CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE -----	3
----------------------------------	---

1.1. Problématique Managériale -----	3
1.2. Question Managériale -----	6

CHAPITRE II : FONDEMENTS THÉORIQUES -----	7
---	---

2.1. Classification et typologie -----	7
2.1.1. Les origines des classifications -----	7
2.1.2. Quelques précisions d'ordre sémantique -----	7
2.1.3. Approches typologiques de l'étude des organisations -----	9
2.1.3.1. Doty et Glick : la typologie en tant que théorie : -----	9
2.1.3.2. Miller : l'approche configurationnelle -----	10
2.1.4. Les typologies et la PME -----	11
2.1.5. Développement d'une typologie valide -----	12
2.1.5.1. Validité d'une typologie -----	13
2.1.5.2. Nombre de groupes et qualité de la segmentation -----	14

2.1.6. Directives pour développer les typologies -----	15
2.2. L'ENVIRONNEMENT DE LA PME -----	16
2.2.1. Nouveaux défis de compétitivité pour la PME -----	17
2.2.2. Développement stratégique des PME -----	18
2.3. CADRE CONCEPTUEL -----	23
2.3.1. L'exportation -----	23
2.3.2. L'innovation -----	24
2.3.3. Le réseautage -----	26
2.3.3.1. Caractéristiques des réseaux des PME -----	27
2.3.3.2. Les différents types de réseaux -----	28
2.3.4. Les relations entre exportation, innovation et réseautage -----	28
2.4. CADRE SPÉCIFIQUE -----	30
2.5. OBJECTIF ET QUESTIONS DE RECHERCHE -----	31
CHAPITRE III : CADRE OPERATOIRE -----	33
3.1. LE DATA MINING -----	33
3.1.1. Définition et caractéristiques -----	33
3.1.2. Les problèmes traités en « data mining » -----	34
3.2. LE CLUSTERING -----	35
3.3. LES RESEAUX DE NEURONES -----	35
3.3.1. Les bases de l'informatique « conventionnelle » -----	36
3.3.2. L'approche algorithmique (déterministe) -----	36
3.3.3. L'approche basée sur la connaissance (non déterministe) -----	36
3.3.4. L'approche par les réseaux de neurones -----	37
3.3.5. Les réseaux de neurones artificiels -----	38

3.3.5.1. Définitions -----	38
3.3.5.2. L'avantage des réseaux de neurones -----	40
3.3.5.3. Les domaines d'application des réseaux de neurones -----	40
3.3.6. Le fonctionnement des réseaux de neurones -----	42
3.3.6.1. Connexions -----	43
3.3.6.2. Couches -----	43
3.3.6.3. Fonctions d'activation -----	44
3.3.7. Architecture des réseaux de neurones -----	45
3.3.8. Le processus d'apprentissage -----	46
3.3.8.1. Les différents types d'apprentissage -----	47
3.3.8.2. Les règles d'apprentissage -----	48
3.4. LE CHOIX DU TYPE DE RÉSEAU DE NEURONES APPROPRIÉ -----	49
3.5. LES CARTES AUTO-ORGANISATRICES DE KOHONEN -----	50
3.5.1. Historique -----	50
3.5.2. Caractéristiques -----	51
3.5.3. Les étapes -----	52
3.5.4. L'algorithme d'apprentissage -----	52
CHAPITRE IV : METHODOLOGIE -----	55
4.1. LE LOGICIEL UTILISÉ -----	55
4.2. LES ALGORITHMES UTILISÉES PAR VISCOVERY SOMINE -----	56
4.2.1. L'algorithme « SOM Ward clustering » -----	56
4.2.2. L'algorithme « Ward clustering » -----	56
4.2.3. L'algorithme « SOM single linkage clustering » -----	56
4.3. CLASSIFICATION DES ENTREPRISES -----	57
4.3.1. Les données -----	57

4.3.2. Opérationnalisation des variables -----	58
4.3.3. Classification des PME à l'aide des cartes auto-organisatrices -----	59
4.3.3.1. Prétraitement des données -----	59
4.3.3.2. Paramètres d'apprentissage -----	62
4.3.3.3. Résultats des SOM -----	64
4.3.4. Interprétation des résultats des SOM -----	70
4.3.5. Validation de la méthode utilisée -----	73
4.3.5.1. Résultats avec la méthode des k-moyennes -----	73
4.3.5.2. Comparaison des deux méthodes -----	76
 CHAPITRE V : CONCLUSION -----	 77
5.1. Les apports et les retombées de la recherche -----	77
5.2. Particularité de l'étude -----	78
5.3. Les limites de la recherche -----	78
5.4. Perspectives de recherche -----	79
 REFERENCES -----	 81

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 . Le concept de développement stratégique des PME (adapté de Raymond et St-Pierre, 2003).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 2. Les nouveaux modèles d'affaires des PME identifiées par DEC (Source: Jacob et Ouellet, 2001).....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 3. Les types de PME selon trois dimensions stratégiques : autonomie, innovation et exportation (source: St-Pierre et al., 2003)</i>	<i>22</i>
<i>Figure 4. Le cadre spécifique de la recherche</i>	<i>31</i>
<i>Figure 5. Hypothèse biologique de génération d'un comportement intelligent</i>	<i>38</i>
<i>Figure 6. Le neurone formel d'après MacCulloch et Pitts (1943, dans Touzet, 1992) ...</i>	<i>42</i>
<i>Figure 7. Modélisation simplifiée du neurone biologique (d'après McCulloch & Pitts)</i>	<i>43</i>
<i>Figure 8. Organisation des neurones en couches successives</i>	<i>44</i>
<i>Figure 9. La carte auto-organisatrice de Kohonen (Source: Dreyfus, 1997).....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 10. Fenêtre des paramètres d'apprentissage</i>	<i>63</i>
<i>Figure 11. Fenêtre du processus d'apprentissage</i>	<i>64</i>
<i>Figure 12. Les regroupements obtenus à partir de la carte auto-organisatrice</i>	<i>65</i>
<i>Figure 13. La courbure de la carte sur l'espace des données.....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 14. La carte représentant la matrice U.....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 15. Carte représentant la variable « innovation ».....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 16. Carte représentant la variable « intensité de la R-D ».....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 17. Carte représentant la variable « exportation ».....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 18. Carte représentant la variable « partenariat en design et R-D ».....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 19. Carte représentant la variable « partenariat en distribution ».....</i>	<i>69</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les données à l'entrée	59
Tableau 2: Prétraitement des données.....	61
Tableau 3: Classement du développement stratégique obtenu à partir des SOM.....	72
Tableau 4: Comparaison des variances entre les groupes avec la méthode des k- moyennes.....	74

LISTE DES ABREVIATIONS

ART:	Adaptative Resonance Theory
R-D:	Recherche et Développement
RBF:	Radial Basic Functions
SOM:	Self Organizing Map
VQ:	Vector Quantization

Introduction

Divers phénomènes tels que la mondialisation des marchés, la libéralisation des échanges, la déréglementation, l'économie du savoir, les affaires électroniques et l'apparition de nouvelles formes d'organisation comme les entreprises réseaux et les entreprises virtuelles font en sorte qu'actuellement, la PME doit redoubler d'efforts à différents niveaux pour pouvoir survivre. De nouveaux enjeux et défis se présentent alors à la PME et il est primordial pour elle de se développer stratégiquement en symbiose avec l'évolution de son environnement d'affaires.

Nos connaissances concernant le niveau de développement stratégique des PME étant encore assez restreintes, cette étude se propose d'élaborer une typologie des PME manufacturières basée sur le développement stratégique de ces dernières. Sur le plan théorique, cette typologie contribuerait au renforcement des connaissances relatives au développement stratégique des PME. Sur le plan pratique, une typologie valide des stratégies de développement des PME serait très utile pour mieux ajuster les politiques et les programmes d'aide aux PME en matière de développement stratégique, puisqu'on constate que ces politiques et programmes d'aides ne sont plus tout à fait adaptés aux nécessités et aux réalités actuelles de ces entreprises.

L'approche typologique adoptée pour cette étude est moins conventionnelle dans la mesure où elle utilisera les réseaux de neurones qui sont des systèmes physiques cellulaires pouvant acquérir, stocker et utiliser de la connaissance empirique. Ces réseaux de neurones ont l'avantage, par rapport aux approches statistiques conventionnelles, d'avoir une capacité d'apprentissage à partir des données et sont plus tolérants envers les erreurs dans les données. Ce qui leur permet d'effectuer efficacement diverses tâches, dont la classification et la catégorisation à partir de grandes quantités de données.

Cette étude est présentée en quatre parties. Les deux premières parties traitent des questions théoriques concernant l'élaboration des typologies et du développement stratégique des PME, ainsi que l'exposition du cadre conceptuel de notre recherche. La troisième partie montre la spécificité de notre approche méthodologique, la raison de ce choix méthodologique, et la démarche adoptée lors de l'expérimentation. La dernière partie expose l'expérimentation proprement dite ainsi que l'analyse des groupements obtenus au terme de la classification, en comparant l'approche à base de réseaux de neurones à une approche statistique conventionnelle, soit l'analyse typologique à k-moyennes.

CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE

1.1. Problématique Managériale

La littérature traitant des typologies d'entreprises est vaste et on dénombre un grand nombre de théories et de modèles pour regrouper les entreprises et les PME en particulier. Les chercheurs tentent souvent de classer pour mieux comprendre un phénomène et il en est de même en ce qui concerne les PME et l'entrepreneuriat en général, puisque la science fonctionne avant tout par généralisation et par regroupement. C'est pourquoi un grand nombre de chercheurs ont tenté d'élaborer des typologies opérationnelles des PME pour justement révéler les ressemblances ou les comportements « moyens » de ces entreprises (Julien et al., 2002).

Pourtant, on constate que ce concept de classification des entreprises ou de « configuration » a fait l'objet de vifs débats dans le milieu de la recherche. Un problème relatif à plusieurs typologies existantes est surtout dû à l'incompréhension de ce qu'une typologie est ou devrait être. Un autre problème est le développement inadéquat d'une typologie, ne prenant pas avantage de la forme unique d'une théorie construite à partir de l'approche typologique (Doty et Glick, 1994).

Une recension de la littérature sur les problèmes autour du développement des typologies nous a permis de révéler les quelques questions essentielles suivantes : En premier lieu se pose la question du choix de l'approche à retenir pour analyser les typologies. Doty et Glick (1994) se posent la question si on devrait privilégier une voie empirique qui propose des configurations construites à partir du terrain (approche taxinomique) ou serait-il préférable de bâtir a priori, en accentuant l'importance de certaines variables par rapport à d'autres, tels les idéaux-types weberiens théoriques (approche typologique).

Il y a aussi la question de validité puisque la majorité des typologies d'entreprises n'ont pas encore été testées dans plusieurs secteurs ou sous diverses conjonctures (Julien et al., 1997). Doty et Glick (1994) confirment cette idée en affirmant que les différentes typologies que l'on retrouve dans la littérature sont de valeurs inégales puisque leur développement a été réalisé à partir d'échantillons et de méthodologies différents.

En outre, plusieurs typologies répandues sont tout simplement des descriptions simplistes et font abstraction des complexités au sein des organisations. Scott (1981, cité dans Doty et Glick, 1994), affirme que certaines théories typologiques sont développées inadéquatement parce que le fonctionnement des processus opératoires causals dans chaque type d'organisation n'est pas complètement spécifié. Ceci est dû au fait que la plupart des typologies offrent un cadre conceptuel parcimonieux pour décrire des formes d'organisation complexes et pour expliquer des résultats tel que l'efficacité d'une organisation ou d'un regroupement. En général, les « typologistes » fournissent des descriptions élégantes de leurs typologies et laissent passer les processus complexes qui déterminent la qualité d'une organisation. Ceci a contribué à la popularité des typologies mais a ouvert la littérature typologique aux critiques.

La critique la plus sévère est que, traditionnellement, ces typologies ont été envisagées comme des systèmes de classification plutôt que des théories (Doty et Glick, 1994). Nous retiendrons la discussion de Rich (1992) selon laquelle les typologies sont des « schèmes de classification » et, comme tel, ne sont que des moyens pour ranger et comparer des organisations et les grouper dans des types catégoriques. McKelvey (1982) a défini l'approche typologique comme de l'« essentialisme » ; Bacharach (1989, cité dans Doty et Glick, 1994) a concédé que les typologies sont une mode de description qui doit être distingué de la théorie et a affirmé que « la majorité des typologies sont limitées à répondre à la question fondamentale demandée par les chercheurs descriptifs ». Dans ce même type de débat, Miller (1996) affirme aussi que beaucoup de taxonomies ont été

critiquées par leur manque de sens théorique, l'utilisation de données arbitraires et restreintes, et même par l'instabilité de leurs résultats.

Par ailleurs, on constate l'émergence d'un nouvel environnement d'affaires et de nouveaux défis pour les PME, apportés par la mondialisation des marchés, la libéralisation des échanges, la déréglementation, l'économie du savoir, l'apparition de nouvelles formes d'organisation (entreprise réseau, entreprise virtuelle), la généralisation des affaires électroniques.

Devant tout ce changement, les PME ont plus que besoin de support et d'aides venant du gouvernement ou des divers organismes concernés. Pour cela, les politiques et programmes d'aides devraient être adaptés aux besoins et aux réalités actuelles. En effet, Julien et al. (2003) affirment qu'une majorité de programmes de soutien au développement des PME ont été élaborés suivant une conception relativement traditionnelle des PME et de leurs rapports avec l'environnement économique. Ces auteurs mentionnent que depuis des années, les autorités publiques ont mis de l'avant des instruments de portée générale et universelle visant prioritairement à fournir, le plus souvent de façon réactive, des ressources d'appoint, surtout financières, pour soutenir les occasions d'affaires proposées par les entreprises (projets d'exportation, d'innovation technologique, de modernisation, de soutien à l'entrepreneuriat, etc.). Mais le problème se pose quant à l'efficacité de ces outils et ces aides avec le changement drastique du mode de fonctionnement des PME et le bouleversement de l'environnement dans lequel elles opèrent.

Une meilleure connaissance du développement stratégique des PME contribuerait à un meilleur ajustement des actions que pourraient entreprendre les autorités publiques. La recherche sur les typologies est l'un des chemins qui pourrait nous amener à constater l'état actuel du développement stratégique des PME et mieux ajuster les actions des institutions gouvernementales et des organismes d'aides aux PME.

Notre problématique managériale sera alors d'identifier une typologie valide des stratégies de développement des PME qui pourrait aider à l'ajustement des politiques et des programmes d'aides aux PME.

1.2. Question Managériale

Compte tenu de tous ces nouveaux paramètres qui forcent la PME à avoir une vision nouvelle pour sa survie, on a retenu la question de recherche suivante :

Comment développer une typologie d'entreprises qui permettrait d'ajuster les politiques et les programmes d'aides aux petites et moyennes entreprises en matière de développement stratégique?

CHAPITRE II : FONDEMENTS THÉORIQUES

Dans ce chapitre, nous effectuerons une recension de la littérature concernant notre problématique. En premier lieu, nous aborderons les notions de classification et de typologie. Par la suite, il sera question de l'environnement de la PME et de développement stratégique de la PME. Finalement, nous présenterons notre cadre conceptuel spécifique.

2.1. Classification et typologie

2.1.1. Les origines des classifications

On peut trouver une très large application de la notion de typologie depuis le développement de l'esprit scientifique et des recherches en sciences humaines. La vulgarisation de l'utilisation des typologies s'est faite surtout avec les recherches en psychologie avec des chercheurs comme Carl-Gustav Jung, Briggs et Myers, ainsi que Krebs et Hirsh. On a pu apprécier aussi ces approches dans le domaine d'études sur les ressources humaines, les études de marché, la stratégie, la gestion de projets. En bref, on les retrouve dans presque toutes les sciences humaines et administratives et même dans la vie de tous les jours.

2.1.2. Quelques précisions d'ordre sémantique

On constate dans la littérature l'existence de certaines confusions sur la terminologie entourant les systèmes de classification. En effet, plusieurs termes sont employés sur le sujet : en l'occurrence les termes typologie, taxonomie et schème de classification. Selon Doty et Glick (1994), cette « confusion sémantique » a contribué à masquer les différences qui sont pourtant importantes entre ces termes.

Cela vaut ainsi la peine d'apporter quelques clarifications d'ordre sémantique pour bien cerner le sujet. Les termes « schème de classification » et « taxonomie » font référence à des systèmes de classification qui catégorisent des phénomènes, dans un ensemble, mutuellement exclusifs et exhaustifs avec une série de règles de décision discrètes. La taxonomie signifie textuellement « science et loi de classification des formes vivantes ». Ce terme est très utilisé en biologie mais s'utilise aussi au niveau des sciences humaines et en sciences de gestion. L'approche taxonomique fait appel souvent à des méthodes numériques et utilise des algorithmes de classification ou encore des techniques de test d'hypothèses pour identifier des regroupements naturels ou des « clusters » dans les données. Selon Miller (1996), les taxonomies sont plus basées sur les faits et la réalité et utilise des données quantitatives. Le succès des taxonomies repose sur le fait que lorsque les méthodes sont accomplies comme il se doit, elles permettent de découvrir des classifications fiables.

Quant au mot « typologie », il vient du grec *tupos* qui signifie caractère (ou modèle) et *logos* qui signifie discours. Selon le Larousse, typologie signifie « méthode d'observation des types humains ». Doty et Glick (1994) affirment que la typologie fait référence à des ensembles corrélés et conceptuellement dérivés de types idéaux. Par opposition aux systèmes de classification, les typologies ne fournissent pas de règles de décision pour classer des organisations. Plutôt, les typologies identifient de multiples types idéaux, dont chacun représente une combinaison unique des attributs déterminants de la structure des organisations. Burns et Stalker (1961), Miles et Snow (1978), et Mintzberg (1979), cités dans Miller (1996) sont les précurseurs de l'approche typologique. Leurs travaux ont fait avancer la théorie concernant les stratégies et les organisations et aussi l'efficacité organisationnelle. En outre, Miller affirme que la valeur des typologies réside en ce qu'elles montrent pourquoi les attributs de chacun de leurs types entrent en interrelations. Mais, on constate que plusieurs typologies dans la

littérature n'ont jamais fait l'objet de tests empiriques, ce qui constitue une faille importante au niveau de la validité de ces typologies.

2.1.3. Approches typologiques de l'étude des organisations

L'utilité de tout système de classification repose sur sa capacité de décrire un phénomène ou de prédire, et sa capacité d'approfondir des concepts. Les catégories, dans une certaine mesure, font office de cartes pour circuler dans l'étendue des connaissances. Ceci nous amène à examiner les deux principales approches typologiques utilisées pour étudier les organisations.

2.1.3.1. Doty et Glick : la typologie en tant que théorie

Doty et Glick (1994) affirment que lorsque les typologies sont développées correctement et complètement spécifiées, elles sont assimilables à des théories complexes qui peuvent être soumises à des essais empiriques rigoureux. Notons que selon Bacharach (1989, cité dans Doty et Glick, 1994), une théorie est une série de discussions logiques qui spécifient un ensemble de rapports entre concepts, construits, ou variables. Les théories typologiques doivent rencontrer trois critères importants pour être reconnues en tant que théories:

- En premier lieu, les construits doivent être identifiées. Ces construits sont en général de deux ordres. Premièrement, on retrouve les « types idéaux » qui sont des construits complexes qui peuvent être utilisés pour représenter des configurations holistiques de construits unidimensionnels multiples. Les types idéaux représentent des formes d'organisation qui « peuvent » exister plutôt que des organisations existantes. Donc, les exemples empiriques d'organisations de type idéal sont supposés être très rares ou non existants. En plus, les types idéaux sont des phénomènes complexes qui doivent être décrits sur de multiples dimensions. Troisièmement, les types idéaux ne sont pas des

catégories d'organisations. Plutôt, chaque organisation d'un type idéal représente une combinaison unique des dimensions décrivant l'ensemble des organisations de ce type (Doty et Glick, 1994).

Deuxièmement, on retrouve les « construits unidimensionnels » qui sont les fondements d'énoncés théoriques traditionnels. Ces construits sont les dimensions utilisées pour décrire chaque type idéal dans la théorie. Par exemple, Mintzberg (1979, cité dans Doty et Glick, 1994) a décrit ses cinq types idéaux en utilisant des construits contextuels telles que la taille de l'organisation, l'incertitude de son environnement, ainsi que des construits structurels tels que la formalisation, la spécialisation et la centralisation.

- Comme deuxième critère d'une théorie typologique, les relations entre ces construits doivent être spécifiées. En effet, Bacharach (1989, cité dans Doty et Glick, 1994) affirme qu'une théorie doit élaborer les relations entre les construits incorporés dans la théorie.
- Le dernier critère pour qu'une typologie soit considérée en tant que théorie est que les relations entre les construits doivent être falsifiables: la falsifiabilité implique que les prédictions associées à une typologie doivent être testables et sujet à réfutation. Les prédictions à tester pour classer une typologie en tant que théorie sont les rapports supposés entre la ressemblance au type idéal et une variable dépendante telle que la performance. Ces prédictions peuvent être testées en mesurant la déviation entre une véritable organisation et un type idéal et ensuite utiliser cette déviation pour prédire la variable dépendante.

2.1.3.2. Miller : l'approche configurationnelle

Miller (1994) a proposé une approche dite « configurationnelle », où la configuration est une caractéristique de l'organisation par laquelle elle peut créer ou détruire un

avantage concurrentiel. Selon ce chercheur, les configurations sont dans leur essence dynamiques. En étudiant les organisations dans le temps, on pourrait mieux comprendre les interdépendances entre les divers champs de force qui constituent leur configuration. Les modèles actifs, selon cet auteur, sont plus instructifs que les modèles statiques, et il constate d'ailleurs une lacune dans la littérature concernant les séquences d'interactions qui créent des configurations. Par exemple, celles-ci peuvent révéler quand et comment les thèmes dominants surviennent; comment les éléments de stratégie, de structure et de processus se renforcent l'un l'autre; et quelles forces dotent les configurations de leur cohésion et de leur stabilité.

Les études de l'émergence des configurations peuvent bénéficier des avancées dans le domaine de la théorie de la complexité. Plusieurs chercheurs dont McKelvey (1996, cité dans Miller, 1996) se sont intéressés aux processus auto-organisants, omniprésents et catalyseurs, qui naturellement apportent l'ordre à des systèmes chaotiques. Miller (1996) a affirmé l'existence d'une sélection «darwinienne» au sein des organisations, qui renforce certaines composantes dominantes en éradiquant ses alternatives. Ce dernier renforce d'ailleurs l'idée d'explorer plus sérieusement ces catalyseurs et ces processus, qu'ils soient délibérés ou spontanés, ou qu'ils soient d'ordre psychologique, social, techno - économique ou institutionnel.

2.1.4. Les typologies et la PME

L'une des plus grandes difficultés dans l'étude des PME vient de leur grande hétérogénéité, ainsi que d'une grande «volatilité» causée par des créations et des disparitions constantes. L'élaboration de typologies opérationnelles serait une démarche appropriée pour mieux structurer la connaissance sur les PME dans cette hétérogénéité, ce qui a poussé les chercheurs à classer et à catégoriser les PME, même si cela peut sembler difficile. Les typologies de PME les plus connues et les plus utilisées font référence à des données quantitatives de taille reliée à l'emploi, aux actifs ou au chiffre

d'affaires, ou encore aux parts de marché. Ultérieurement, certains chercheurs ont tenté d'approfondir la caractérisation des PME en tenant compte de la relation entre l'entreprise et son environnement ainsi que des aspects managérial et organisationnels de la PME.

Julien et al. (1997) ont dénombré quatre grands groupes de typologies, à savoir celles qui s'appuient sur le type et l'origine ou de propriété de l'entreprise, celles qui introduisent les stratégies ou les objectifs de la direction, celles qui se basent sur l'évolution ou le stade de développement de l'organisation de la PME et celles qui touchent au secteur ou au type de marché dans laquelle elle évolue.

Ces derniers ont même proposé une typologie complexe globale qui tente de regrouper les diverses typologies connues dans la littérature. Cela se présente sous la forme d'un « continuum » et met en valeur des variables comme la taille, le secteur, le marché, le contrôle et l'organisation, le degré d'indépendance, la stratégie adoptée et le niveau d'adoption de la technologie. Jacob et Ouellet (2001) ont élaboré une classification à partir du couplage entre deux dimensions qui sont l'espace de marché et son espace de fonctionnement. Leurs travaux ont mis en évidence trois types de PME qui sont les PME entrepreneuriale, managériale et globale. Quant à eux, Raymond et St-Pierre (2005) ont développé une typologie de PME selon le développement stratégique. Pour cela, ils ont trouvé trois types de PME, à savoir les PME « locales », les PME « innovantes-réseautées » et les PME « de classe mondiale ».

2.1.5. Développement d'une typologie valide

Développer une typologie valide des PME n'est donc pas une mince affaire, et plusieurs chercheurs s'y consacrent, tentant d'éviter les critiques évoquées plus haut concernant les typologies.

2.1.5.1. Validité d'une typologie

Pour qu'une typologie soit valide, il convient de suivre certains principes fondamentaux, quelle que soit la méthode utilisée pour obtenir la classification. Cela part de l'idée que s'il existe réellement une segmentation de la population, alors les résultats obtenus doivent les refléter pleinement. Autrement dit, si différentes méthodes apportent des solutions différentes, la typologie risque d'être fallacieuse (Benavent, 1999). Donc, il serait plus convenable d'évaluer l'influence de la méthode sur le résultat, en comparant les résultats de différentes méthodes.

Pour assurer la validité, Benavent (1999) affirme qu'il est indispensable de contrôler chacune des étapes du processus typologique, à savoir : la classification des données et la construction typologique proprement dite.

La classification des données comporte trois étapes:

1. Le choix et la pertinence des critères de comparaison (le pouvoir de séparation et le niveau d'indépendance).
2. Le choix d'un indice de similarité.
3. Le contrôle de la classifiabilité des données : cette étape consiste à formuler un réseau d'hypothèses et, sur la base d'une étude qualitative, à tenter de définir un certain nombre de classes a priori. Une approche plus systématique est celle qui utilise des tests statistiques d'absence de structure (mesure du degré d'homogénéité de la population).

Pour ce qui est de la construction typologique, quatre points sont essentiels :

- a) l'affectation des individus à une classe ;
- b) le critère de l'attribution absolue ;
- c) le critère de l'exclusion réciproque ;
- d) l'opérationnalité et le choix de l'algorithme de classification.

2.1.5.2. Nombre de groupes et qualité de la segmentation

Chandon et Caumont (1989, cités dans Benavent, 1999) préconisent un certain nombre de critères à respecter dans la construction d'une typologie. Ces critères sont :

- la sympathie ou l'empathie qui repose sur la subjectivité de l'analyste et qui peut conduire à des syndromes de surinterprétation ;
- la pseudo-objectivité qui s'appuie sur l'objectivité de la méthode, mais ce critère ne prend pas en compte le risque de créer un artefact (un groupe « artificiel »). Les algorithmes de classification peuvent en effet construire des partitions de données même s'il n'y pas de structure classifiable ;
- l'opérationnabilité : la valeur de la typologie dépend des applications possibles. Un tel critère conduit à s'interroger sur la taille relative des groupes qui devront être de même ordre de grandeur et porter sur des proportions substantielles d'une population. En dehors de ce critère, certaines réalités peuvent être masquées. En effet, il est possible d'obtenir une structure qui fait état de l'existence d'un type dominant qui rassemble plus de la moitié de la population, et de quelques types secondaires qui rassemblent 30 % de cette population à une multitude de fragments distincts ;
- l'explication optimale : la structure typologique qui montre le plus de cohérence avec l'ensemble des hypothèses préalablement formulées ;
- la double validité, interne et externe : généralement associée au critère de validité interne de l'algorithme de classification. On analyse la cohérence de chaque groupe par rapport à l'ensemble des autres.

En fait aucun de ces critères n'est pleinement satisfaisant. L'étude de la comparaison entre les partitions ou les hiérarchies ne peut être laissée à la seule appréciation de l'analyste. Il doit être appuyé par une analyse statistique objective. Ainsi, pour avoir une partition efficiente, il faut que la plus grande distance entre

deux objets réunis soit inférieure à la plus petite distance entre deux objets séparés. Les distances intra-classe doivent être inférieures à la distance inter-classes.

2.1.6. Directives pour développer les typologies

Doty et Glick (1994) proposent les directives suivantes qui devraient améliorer le développement de typologies :

- *Les tenants d'une typologie devraient clairement énoncer leurs assertions théoriques.* Cette première directive aidera à clarifier le but projeté d'une théorie typologique et réduire le niveau de confusion présent dans la littérature actuellement. En outre, une déclaration explicite des assertions théoriques facilitera le test de la théorie en question.

- *Les typologies doivent définir complètement le type idéal.* On constate qu'une proportion non négligeable des recherches obtiennent dans leurs résultats des types hybrides. Or, l'inclusion de types hybrides dans une théorie typologique menace la falsifiabilité de la théorie à moins que tous ces types additionnels soient identifiés.

- *Les typologies doivent fournir des descriptions complètes de chaque type idéal en utilisant le même ensemble de dimensions.* Plusieurs « typologistes » fournissent des descriptions très riches des types idéaux identifiées dans leur typologie, mais ils décrivent les mêmes types idéaux avec des construits différents et en des termes relativement vagues ou contradictoires.

- *Les théories typologiques devraient affirmer explicitement les suppositions quant à l'importance théorique de chaque construit décrivant les types idéaux.* L'importance théorique des construits de premier ordre (décrivant les types idéaux dans les théories) est un facteur critique dans le calcul des mesures de la déviation nécessaire au test des

théories typologiques. Les futurs théoriciens devraient fournir des détails plus précis à propos des construits et de leur importance pour un type idéal. Ceci est nécessaire pour que les chercheurs qui testent la théorie puissent en développer des versions plus exactes.

- *Les théories typologiques doivent être testées avec des modèles conceptuels et analytiques qui sont appropriés à la théorie.* Le test approprié d'une théorie typologique est d'examiner l'ampleur de ce que l'écart entre l'organisation réelle et le type idéal (« profile deviation »), prédit au niveau de la variable dépendante (spécifiée dans la proposition théorique). Les chercheurs ne devraient jamais ainsi tester une typologie par sa capacité de classer des organisations correctement parce que la classification n'est pas le but d'une typologie.

Par ces directives, Doty et Glick (1994) veulent contribuer à augmenter la probabilité que les nouvelles typologies en théorie de l'organisation et en gestion stratégique soient reconnues en tant que théories et soient testées avec des approches analytiques appropriées à la structure de la théorie.

2.2. L'ENVIRONNEMENT DE LA PME

Mondialisation des marchés, libéralisation des échanges, déréglementation, économie du savoir, affaires électroniques et nouvelles formes d'organisation (entreprise réseau, entreprise virtuelle) sont autant de phénomènes inter reliés dont l'émergence entraîne de nouveaux enjeux et défis pour les petites et moyennes entreprises (St-Pierre et al, 2003). La PME fait ainsi face à un nouvel environnement qui entraîne pour elle de nouveaux enjeux et défis en terme de développement et de compétitivité et ce, afin de survivre, croître et prospérer.

Hendry (1998, cité dans Raymond et St-Pierre, 2005) mentionne que face à la globalisation, plusieurs PME manufacturières subissent la pression de clients majeurs et des grands donneurs d'ordres les poussant à devenir des « entreprises de classe mondiale ».

Dans la majorité des cas, les PME sont plus démunies que les grandes entreprises au niveau des ressources humaines, financières et technologiques. Cependant, elles ont l'avantage d'être très flexibles, de démontrer une grande rapidité de réaction et de posséder une grande capacité d'innovation. L'incertitude et l'ambiguïté qui règnent dans cet environnement turbulent fait en sorte qu'on doit chercher à déceler les tendances ainsi que de comprendre les enjeux stratégiques qui découlent de cette économie du savoir globalisée.

2.2.1. Nouveaux défis de compétitivité pour la PME

Dans ce contexte de nouvel environnement, la compétitivité des entreprises peut se résumer, en simplifiant quelque peu, à deux impératifs incontournables: « réagir plus vite et agir plus loin » (Jacob et al, 2001) et de ce fait, l'agilité devient une qualité incontournable pour les entreprises. Selon toujours Jacob et al. (2003), le nouveau contexte opératoire redéfinit aussi les facteurs associés à la compétitivité qui, en substance, deviennent indissociables de la recherche d'une convergence entre trois dimensions clés :

- la maîtrise de compétences organisationnelles avancées ;
- la capacité à formuler des stratégies d'affaires plus complexes ;
- l'adoption de modes avancés d'organisation industrielle.

Pour cela, la PME manufacturière doit développer de nouveaux marchés pour ses produits, ce qui veut dire l'extension d'un marché local ou régional vers un marché international. L'autre moyen est à travers l'innovation au niveau des produits, ce qui

implique de créer de nouveaux produits pour la clientèle actuelle et future (Ropert et Love, 2002). La troisième voie consiste à maîtriser et à développer le capital relationnel et les réseaux de l'entreprise. En effet, dans une économie globalisée, le développement des réseaux est très important et même vital pour la petite entreprise. Ceci implique le développement des collaborations et des partenariats avec les clients, les fournisseurs, les distributeurs, les concurrents, ainsi que toutes les organisations comme les consultants et les centres de recherche (Gulati, 1998 cité dans Raymond et St-Pierre, 2005). Ces collaborations sont essentielles pour les PME qui ne peuvent pas disposer de toutes les ressources nécessaires pour accomplir ces développements. Elles doivent alors, de ce fait, préserver leur flexibilité et partager avec les autres les capitaux humains, financiers et relationnels dans le but de réduire les risques associés au nouvel environnement globalisé (Raymond et St-Pierre, 2005).

2.2.2. Développement stratégique des PME

Plusieurs auteurs tels que Ansoff (1957) ont proposé des modèles du développement stratégique des PME. Ce dernier en particulier a proposé un schéma de développement suivant deux axes, à savoir les marchés et les produits. Les quatre stratégies de base qui découlent de ce modèle de développement à deux axes sont :

- la stratégie de pénétration de marché qui se caractérise par l'augmentation des ventes sur un marché existant ;
- la stratégie de développement de marché qui consiste à trouver de nouveaux marchés pour des produits existants ;
- la stratégie de développement de produit qui consiste à créer de nouveaux produits pour un marché existant ;
- la stratégie de diversification consiste à créer des nouveaux produits pour de nouveaux marchés.

Plus récemment, avec la venue de la mondialisation, les nouvelles formes d'organisation

et les nouvelles technologies de l'information et de la communication, on a constaté que certaines petites et moyennes entreprises, en particulier des PME à forte croissance, se développent suivant un troisième axe: les réseaux qui les relient à leurs clients, leurs fournisseurs, et leurs autres partenaires d'affaires. Selon Harrison (1998), les PME peuvent être considérées de «classe mondiale» lorsqu'elles sont suffisamment développées sur les trois axes (marchés, produits et réseaux). Les travaux de Raymond et St-Pierre (2005) sur le concept de développement stratégique des PME s'inspirent de cette affirmation de Harrison (1998) comme le montre la figure 1.

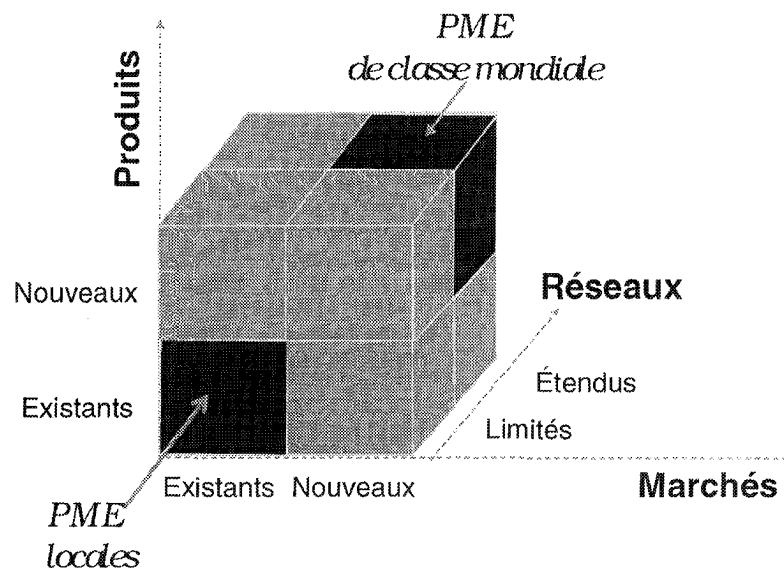


Figure 1 . Le concept de développement stratégique des PME (adapté de Raymond et St-Pierre, 2003)

D'autres auteurs ont déjà apporté leurs contributions en ce qui concerne la mise en lumière des nouveaux modèles d'affaires qui émergent actuellement. Jacob et Ouellet (2001), ont ainsi identifié trois modèles d'affaires, à savoir les PME entrepreneuriales, managériales et globales. La figure 2 présente ces trois modèles qui sont le fruit du

couplage entre deux dimensions qui sont l'espace de marché et l'espace de fonctionnement de la PME.

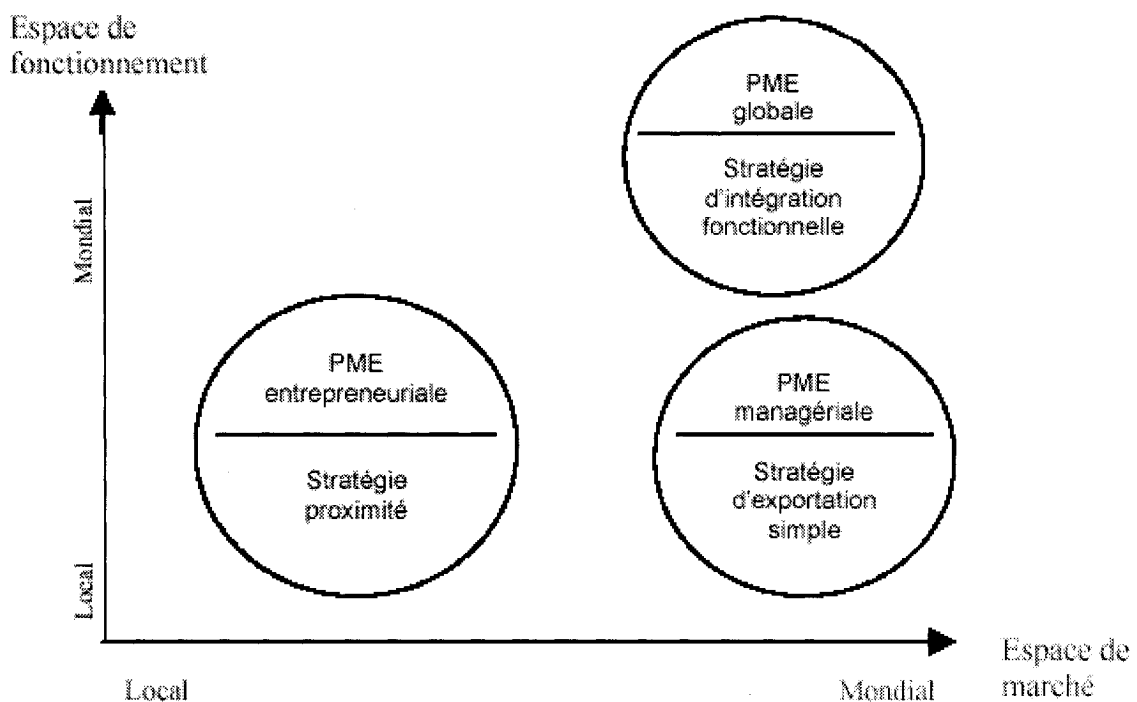


Figure 2. Les nouveaux modèles d'affaires des PME identifiées par DEC (Source: Jacob et Ouellet, 2001)

La PME «entrepreneuriale» a comme caractéristique principale le rôle prédominant du propriétaire-dirigeant dans la vie de l'entreprise. L'espace de fonctionnement de ce type de PME reste généralement local, la systématisation des procédés est faible et peu compliquée. Ce modèle entrepreneurial est fondé sur une stratégie de proximité. Quant à la PME «managériale», elle est plus complexe sur le plan de l'organisation puisqu'elle a recours à des équipes de gestion spécialisées et à des stratégies d'exportation simples.

Elle puise néanmoins ses ressources essentiellement dans un espace local. Enfin, la PME «globale» est plus complexe au niveau des stratégies adoptées et des modes d'organisation, et est aussi très flexible. Elle adopte une gestion plutôt organique et possède les qualités nécessaires pour entretenir des relations étroites avec son environnement d'affaires. Ce modèle est celui qui est le plus engagé dans l'appropriation des trois groupes de facteurs de compétitivité (nouvelles compétences et habiletés organisationnelles, capacités de formulation de stratégies complexes et modes d'organisation industrielle avancés). En outre, il présente certains avantages non négligeables notamment en ce qui concerne la flexibilité et la capacité à entretenir des relations étroites avec l'environnement d'affaires (capacité relationnelle).

Dans ce même ordre d'idée, St-Pierre et al. (2003) ont développé un modèle de développement stratégique des PME suivant trois dimensions : l'exportation, l'innovation et l'autonomie dans le développement des marchés ou dépendance commerciale. À partir de ces trois dimensions, quatre types de PME ont été identifiés, tels que présentés à la figure 3.

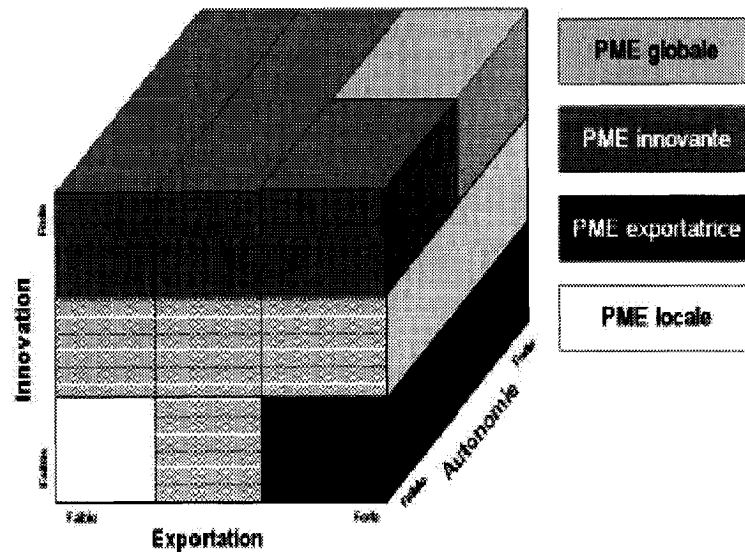


Figure 3. Les types de PME selon trois dimensions stratégiques : autonomie, innovation et exportation (source: St-Pierre et al., 2003)

Les PME « globales » sont des entreprises qui innovent et qui exportent, et qui ne sont pas dépendantes commercialement de quelques clients majeurs. En général, le dirigeant de la PME globale est axé sur la croissance, ouvert aux nouveautés en ce qui concerne la technologie et les marchés, manifeste un intérêt pour l'exportation et est proactif dans le choix de ses stratégies en termes d'introduction de nouvelles technologies et en termes de nouveaux produits. Il a des activités de veille plus sophistiquées, voulant exploiter au maximum les réseaux à signaux faibles et aussi en faisant appel plus souvent aux services d'un conseil d'administration.

Les PME locales : Ce sont les PME qui manifestent peu d'intérêt pour les activités de R-D et d'exportation, donc n'exportent pas et n'innovent pas, tous degrés de dépendance commerciale confondus. Leur gestion d'affaires est assez simple, présentant un caractère

plutôt réactif que proactif. De plus, le dirigeant de la PME locale est moins enclin à utiliser les réseaux à signaux faibles et à faire appel aux avantages d'un conseil d'administration.

Les PME exportatrices : Ce sont les PME qui excellent dans l'exportation mais qui n'innovent pas, peu importe leur degré de dépendance commerciale. Peu sophistiquées au niveau de leur mode de gestion, ces PME sont plutôt réactives. Leurs activités de développement de marché sont plus près de celles des PME locales, mais elles n'ont pas nécessairement d'intérêt pour faire de la conquête des marchés extérieurs une stratégie de croissance.

Les PME innovantes : Ce sont les PME qui présentent un budget de R-D assez conséquent par rapport au montant de leurs ventes. Mais, on ne peut pas les qualifier en tant que PME globales puisque, soit elles n'exportent pas ou peu ou soit elles sont dépendantes commercialement de quelques clients. Ce sont des PME dynamiques mais vulnérables à partir du moment où elles n'auront pas réussi à synchroniser leur rythme de développement à celui du changement de leur environnement.

2.3. CADRE CONCEPTUEL

Compte tenu des typologies précédentes, trois axes de développement stratégiques, qui sont les marchés, les produits et les réseaux constituent le cadre conceptuel typologique de cette recherche.

2.3.1. L'exportation

En PME, l'exportation représente le résultat d'une stratégie plus ou moins réactive selon la volonté et les objectifs du dirigeant. D'après la littérature, l'exportation semble être un

élément qui pourrait amener la PME à un plus grand développement et à une performance accrue ; on pourrait la considérer comme un moteur de croissance économique et de création de richesse. St-Pierre (2003) affirme que l'exportation pourrait s'inscrire dans le cadre des stades de développement de l'entreprise notamment, cela étant justifié par l'existence d'une relation entre la taille de l'entreprise et l'exportation. Wolff et Pett (2000) confirme cette approche en affirmant que l'accès aux marchés internationaux se fait selon un cheminement progressif, où l'entreprise développe d'abord son expertise et maîtrise ses façons de faire avant de s'engager dans de nouvelles activités où l'incertitude est plus grande.

Cependant, selon Léonidou et Adams-Florou (1997, cités dans St-Pierre, 2003), les ventes à l'étranger présentent habituellement plusieurs difficultés que les entreprises ne rencontrent pas sur le plan local : des coûts de production et de préparation plus élevés, des délais plus longs, une incertitude plus grande. En outre, Léo (2000, cité dans St-Pierre, 2003) a évoqué, à propos de ce sujet que : « (...) se développer à l'international, même simplement par l'exportation, constitue pour des petites firmes, un saut qualitatif important qui remet en cause nombre de procédures, d'habitudes et de structures même pour celles qui avaient fait leurs preuves sur le marché strictement local ou national. ». Tout cela entraîne la réticence de la plupart des PME à choisir cette voie de développement qu'est l'exportation.

2.3.2. L'innovation

L'innovation est aujourd'hui un passage obligé pour les PME, selon St-Pierre et Mathieu (2003). Ne pas innover, que ce soit à la marge ou de façon radicale, c'est refuser de s'adapter aux exigences accrues des clients et de se soumettre aux normes qu'impose le nouvel environnement économique mondial. Or, St-Pierre (2003) affirme que l'innovation est le résultat d'une stratégie de développement qui peut être imposée par un donneur d'ordres et ne pas être le choix délibéré de l'entrepreneur.

Dans la littérature, beaucoup d'auteurs ont émis leur avis sur ce qu'est vraiment l'innovation et son importance pour la PME. Karlsson et Olsson (1998, cités dans St-Pierre, 2003) ont relevé ces quelques définitions:

- L'innovation est définie comme la combinaison de matières d'une façon différente pour produire « autre chose » ou la même chose mais de manière différente.
- Toute innovation doit générer un développement positif, soit en termes de croissance économique, de croissance de l'emploi ou d'amélioration de la rentabilité.
- L'innovation est liée à l'un des trois concepts suivants : le processus de développement d'un nouveau produit, le processus d'adoption d'un nouveau produit, ou le nouveau produit en tant que tel.

Mais si on analyse le concept d'innovation et les retombées immédiates pour la PME, Heunks (1998) mentionne que :

- *l'innovation de produits* permettrait aux entreprises de maintenir leur position sur le marché ou leurs relations avec leurs clients importants,
- *l'innovation dans leurs façons de faire* viserait une production à des coûts de plus en plus bas pour demeurer compétitives, et
- *l'innovation sociale* assurerait un climat propice à la flexibilité de l'organisation.

Dans le nouvel environnement global dominé par l'accélération des changements technologiques, les exigences accrues des clients, la réduction de la durée de vie des produits, et une offre de biens et services de plus en plus étendue, l'innovation est ainsi vue comme un élément clé du maintien de la compétitivité des entreprises (Chapman et al., 2001).

On peut donc affirmer que l'innovation est un facteur de croissance significative pour la PME qui la pratique. Bien sur, il existe toujours des entreprises qui dérogent à ces nouvelles réalités en essayant de produire des produits particuliers pour une clientèle fidèle dont les attentes et les exigences évoluent peu. Mais selon l'évolution actuelle, ces entreprises constitueront de plus en plus l'exception (St-Pierre et Mathieu, 2003).

L'innovation ne mène pas uniquement à des produits et services supérieurs, mais elle remet en question la position concurrentielle des entreprises qui refusent de progresser et de s'adapter aux nouvelles façons de faire (Vossen, 1998, cité dans St-Pierre et Mathieu, 2003). Koufteros et al. (2002, cités dans St-Pierre et Mathieu, 2003) ajoutent que les entreprises incapables de s'adapter à ces nouvelles exigences en modifiant leurs façons de faire et en ajustant leur organisation risquent de perdre des parts de marché et leur position concurrentielle.

Cependant, il ne faut pas négliger la présence des risques dus au concept de la nouveauté et d'incertitude associées à la pratique de l'innovation (St-Pierre et Mathieu, 2003). En effet, Simon et al. (2002, cités dans St-Pierre et Mathieu, 2003) affirment que l'introduction de nouveaux produits sur le marché peut accroître la richesse de son créateur de façon considérable dans le cas d'un succès, ou le pousser vers la faillite dans le cas d'un échec.

Cette brève recension de littérature nous a permis de savoir à quel point l'innovation est un point important dans l'élaboration de la stratégie de développement de la PME.

2.3.3. Le réseautage

Les réseaux désignent les acteurs économiques et sociaux qui font affaire avec l'entrepreneur et son entreprise. Les actions de réseautage des PME servent à acquérir des ressources supplémentaires, qui peuvent être matérielles ou immatérielles (Julien, 2000). Pour l'OCDE (1993), les réseaux sont des « associations ou des groupements

implicites ou explicites d'agents, d'entreprises manufacturières et de services, d'institutions ayant pour objet de rapprocher des ressources variées, de développer des relations de confiance entre les membres et de réduire les coûts d'obtention de ressources ».

2.3.3.1. Caractéristiques des réseaux des PME

L'OCDE (1993) a mis en exergue cinq caractéristiques propres aux réseaux des PME.

- *La personnalisation* : Les acteurs principaux au niveau de la PME sont l'entrepreneur et quelques spécialistes ; l'entrepreneur a des contacts privilégiés avec qui il échange des informations : les amis, quelques clients, le banquier, des collègues d'étude.
- *Le niveau de formalisation* : Les réseaux de PME sont surtout informels, comme l'ont démontré plusieurs auteurs (Julien, 1996; OCDE, 1993). Or, le développement de la PME amène la participation à des réseaux plus formels et plus organisés tels que les associations professionnelles.
- *La flexibilité* : L'un des avantages des réseaux est sa flexibilité, les engagements étant moins définitifs (OCDE, 1993).
- *La multifonctionnalité* : La recherche d'information concerne différentes fonctions (marketing, production...), les informations recherchées étant multifonctionnelles (Julien, 1996).
- *La densification graduelle et la complexification* : Avec le développement de la PME, les réseaux se complexifient et s'étendent graduellement.

2.3.3.2. Les différents types de réseaux

En ce qui concerne les réseaux au niveau de la PME, on peut en identifier trois types, à savoir : les réseaux d'affaires, les réseaux personnels et les réseaux informationnels, ces différents types de réseaux pouvant être à signaux forts ou à signaux faibles.

Granovetter (1973) a défini les réseaux faibles comme les réseaux susceptibles de faire office de « ponts » vers d'autres entités sociales; ce qui multiplierait les chances de rencontrer de nouvelles idées. Des auteurs comme Julien, Andriambeloson et Ramangalahy (2002), ont approfondi le rôle des réseaux à signaux faibles et des sources d'informations riches pour la réussite des PME. Les signaux forts, au contraire, sont composés de personnes qui se connaissent déjà bien et qui sont susceptibles de s'échanger les mêmes informations. Ces mêmes auteurs ont défini quatre critères pour déterminer le degré de force des réseaux : le temps, l'intensité émotionnelle, la confiance mutuelle et les services réciproques.

En outre, il faut mentionner que les réseautages de type social et commercial sont primordiaux dans la stratégie de la PME pour pouvoir être compétitif dans un environnement turbulent et qui évolue en permanence (Andriambeloson, 2000).

2.3.4. Les relations entre exportation, innovation et réseautage

Dans la littérature, on a identifié de nombreuses relations entre ces trois variables que sont l'exportation, l'innovation et le réseautage.

St-Pierre (2003) affirme que les PME exportatrices sont plus rentables que les autres, mais qu'elles sont également plus innovatrices et plus souvent engagées dans diverses collaborations d'affaires, et que l'innovation des PME est le premier facteur explicatif de l'exportation et du succès de ces entreprises sur les marchés étrangers. Toujours dans ce

cadre, Freel (2000) suggère, quant à lui, une relation théorique entre l'innovation, parce qu'elle permet de développer des produits uniques et distincts, et la propension à exporter des entreprises. En outre, Zou et Stan (1998, cités dans St-Pierre, 2003) mettent plutôt en évidence une relation significative entre l'organisation, la performance de l'exportation et l'adaptation des produits de l'entreprise aux besoins des clients étrangers. Cette relation peut s'expliquer par le fait que l'entreprise exportatrice pourrait contrôler une plus grande partie de l'incertitude en vendant à l'étranger les produits dont elle maîtrise tout le processus de production.

Quant à la relation entre l'exportation et le réseautage, Bonaccorsi (1992) affirme qu'il est important de considérer que les entreprises peuvent exporter grâce à leur participation à des réseaux externes pour distribuer leurs ressources.

Enfin, il n'est plus à démontrer que le réseautage constitue un facteur positif pour accroître la capacité d'innovation. Andriambeloson (2000) a démontré en effet que les entreprises les plus innovantes recourent plus aux réseaux à signaux faibles, et que c'est ce type de réseaux qui contribue le plus à l'innovation technologique. Les réseaux peuvent être considérés comme des stimuli à l'innovation en influençant directement la demande pour les produits de l'entreprise (« demand-pull »). Dans le cas d'une petite entreprise appartenant à un réseau de sous-traitants sous la gouverne d'un grand donneur d'ordres, il est fort possible, effectivement, que l'innovation soit dictée par le client plutôt que le fruit uniquement de la créativité du sous-traitant (« technology-push ») (St-Pierre, 2003).

2.4. CADRE SPÉCIFIQUE

D'après l'état des connaissances sur le développement stratégique des PME et les fondements théoriques correspondants, on peut spécifier le cadre conceptuel spécifique de la recherche. Partant ainsi des axes de développement identifiés par Ansoff (1957) soit les marchés et les produits, on ajoutera une troisième dimension, soit les réseaux. En outre, on analysera les interactions ou interdépendances entre les trois dimensions dans le but d'en arriver à une typologie valide des PME.

En résumé, le cadre spécifique de cette recherche part de la nécessité de concevoir une stratégie de développement qui va mener l'entreprise à rester compétitive. De cette compétitivité découle la notion de performance qui se matérialise par les concepts de profitabilité, de productivité et de croissance. Le tout est évidemment intégré dans l'environnement entrepreneurial (basé essentiellement sur le propriétaire-dirigeant) et l'environnement stratégique de l'entreprise, tel que présenté à la figure 4.

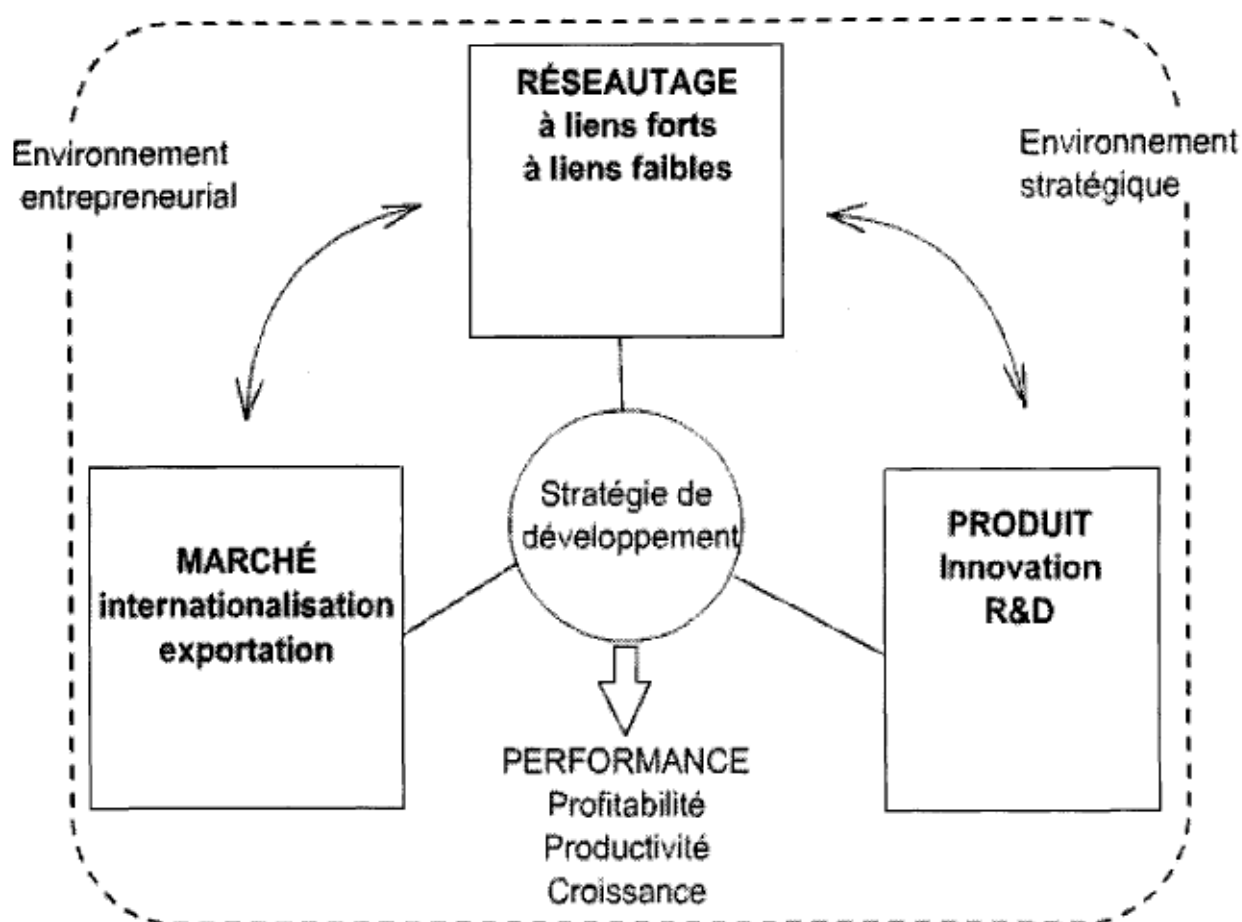


Figure 4. Le cadre spécifique de la recherche

2.5. OBJECTIF ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Face à l'environnement turbulent et à l'incertitude, il est vital pour la PME d'élaborer des stratégies de développement adéquates. Cette étude voudrait prendre comme cible les acteurs de développement de la PME, les programmes et les centres de formation, d'aide et d'assistance au développement des PME. Pour cela, au niveau de la PME elle-même, il faut adapter les interventions en fonction du profil de développement stratégique actuel de la PME.

En outre, comme nous allons l'exposer plus loin, on va essayer d'utiliser pour notre analyse des données une approche typologique à base de réseaux de neurones. Il s'agit de générer une taxonomie sans à priori, contrairement aux méthodes classiques d'analyse typologique qui utilisent la statistique. En effet, les réseaux de neurones peuvent offrir une alternative intéressante aux méthodes statistiques traditionnelles. Levratto et al. (2001) affirme que contrairement à l'économétrie traditionnelle, le réseau de neurones n'exige pas une formulation explicite du modèle à estimer (même si des auteurs du groupe SAS ont montré qu'à certaines topologies de réseaux correspondaient certaines méthodes statistiques).

Il nous est alors possible de formuler les objectifs et questions de recherche suivants :

1. Nous désirons identifier les profils de développement stratégique des PME manufacturières
2. Existe-t-il des profils types ou configurations qui caractérisent un ensemble de ces firmes ?
3. Ces profils types diffèrent-ils en termes de performance organisationnelle?
4. Nous désirons valider une approche à base de « data mining » et de réseaux de neurones pour l'identification de ces profils (versus une approche statistique à base d'analyse typologique)

CHAPITRE III : CADRE OPERATOIRE

Des travaux ont été effectués par Raymond et St-Pierre (2005) sur l'identification des profils de développement stratégique des PME manufacturières. Pour cela, ils ont utilisé une approche statistique à base d'analyse typologique. Dans le cadre de cette étude, un de nos objectifs de recherche est de valider une approche à base de « data mining » et de réseaux de neurones pour l'identification de ces profils de développement stratégique des PME manufacturières.

Dans cette partie, nous allons décrire l'approche utilisée pour répondre à nos objectifs de recherche. Nous allons exposer successivement les notions de « data mining », « clustering », et réseaux de neurones. Enfin, on effectuera le choix du type de réseau de neurones qui convient à cette recherche.

3.1. LE DATA MINING

3.1.1. Définition et caractéristiques

Il est assez difficile de donner une définition rigoureuse du « data mining ». Voici quelques définitions qu'on a recueillies dans la littérature :

Le « data mining » est le procédé qui consiste à découvrir des corrélations nouvelles et utiles, des régularités et des tendances en explorant de grandes bases de données stockées à l'aide de techniques statistiques, mathématiques, ou issues de la reconnaissance de formes (Gartner Group, cité dans Naïm et Bazsalicza, 2001)

L'objectif du « data mining » est d'identifier des corrélations et des groupements valides, nouveaux, potentiellement utiles et compréhensibles dans des données existantes (Chung and Gray, 1999). Hand (1999) quant à lui a défini le « data mining » comme la découverte de structures intéressantes, inattendues, ou précieuses dans un grand ensemble de données.

Nakache (1998) confirme que le terme « data mining » signifie littéralement forage de données. Comme dans tout forage, son but est de pouvoir extraire un élément : la connaissance. Nous appellerons « data mining » l'ensemble des techniques qui permettent de transformer les données en connaissances. L'exploration se fait à l'initiative du système, par un utilisateur spécialisé, et son but est de remplir l'une des tâches suivantes : classification, estimation, prédiction, regroupement par similitudes, segmentation (ou « clusterisation »), description et, dans une moindre mesure, optimisation.

En rassemblant ces affirmations, on peut associer le terme de « data mining » aux outils et méthodes ayant pour objet de générer des informations riches, de découvrir des modèles implicites, des relations et des faits, à la fois nouveaux et significatifs, sur de grands ensembles de données. Dans le « data mining », le système a l'initiative et découvre lui-même les associations entre les données, sans que l'utilisateur ait à lui dire de rechercher plutôt dans telle ou telle direction ou à poser des hypothèses. Il est alors possible de prédire pour le futur, et de détecter dans le passé, les données inusitées ou exceptionnelles.

3.1.2. Les problèmes traités en « data mining »

Selon Naïm et Bazsalicza (2001), on peut regrouper les problèmes traités par le « data mining » en quatre grandes classes :

- La segmentation qui consiste à regrouper les individus en groupes homogènes.

- L'association, qui cherche à identifier les dépendances existantes entre les caractéristiques observées.
- La classification, qui vise à expliquer une caractéristique qualitative à partir d'autres.
- L'estimation, qui vise à expliquer une caractéristique quantitative à partir d'autres.

3.2. LE CLUSTERING

Dans la présente recherche c'est évidemment la segmentation ou la catégorisation qui nous intéresse. Pourtant on remarque qu'il y a toujours des confusions autour du mot segmentation qui a pour but de « créer des groupes homogènes ». En effet, dans le dictionnaire français et pour la terminologie employée en marketing, le mot utilisé est plutôt la « segmentation », alors que dans la terminologie anglo-saxonne, on utilise le mot « clustering », et dans le domaine de la statistique, le mot utilisé est la « classification ». Le « clustering » consiste en la recherche de groupes homogènes dans une population d'individus (Naïm et Bazsalicza, 2001) et c'est ce qui nous intéresse dans le cadre de cette recherche basée sur l'existence de « patterns » ou de profils types de PME manufacturières. Dans un souci d'utilisation adéquate de la terminologie française, nous utiliserons les mots « classification » ou « clustering » comme synonymes. De la même façon, le mot « groupe » est synonyme de « cluster ».

3.3. LES RESEAUX DE NEURONES

Actuellement, malgré les progrès considérables de l'informatique et malgré toute la puissance des ordinateurs, certains problèmes qui peuvent paraître simples pour un être vivant ne peuvent pas être résolus par les machines. Les chercheurs se sont posés des questions sur ce que fait l'homme pour penser, raisonner ou même éprouver des

sentiments. Cela a motivé les chercheurs à s'intéresser au fonctionnement du cerveau humain et à développer les réseaux de neurones.

3.3.1. Les bases de l'informatique « conventionnelle »

Depuis le début, la construction des logiciels est basée sur deux approches : l'approche algorithmique et l'approche basée sur la connaissance.

3.3.2. L'approche algorithmique (déterministe)

Une approche algorithmique nécessite l'écriture (avant la transcription dans un quelconque langage de programmation) du processus à suivre pour résoudre un problème. Cependant, les ordinateurs sont des machines complètement logiques et ne font que suivre à la lettre chacune des instructions du programme. Ceci peut être un avantage lorsque tous les cas ont été prévus à l'avance par l'algorithmicien. Mais dans un cas où la machine rencontre une situation qui n'a pas été prévue dans le programme, le problème ne peut être résolu.

3.3.3. L'approche basée sur la connaissance (non déterministe)

Cette deuxième approche est celle de l'intelligence artificielle dont les applications les plus connues sont les systèmes experts. Avec cette approche, la résolution du problème est confiée à un ensemble de règles élaborées par les experts humains du domaine. Pour ce faire, toutes les règles doivent avoir été exprimées préalablement au traitement. L'un des inconvénients majeurs est que les cas qui n'ont pas été prévus par l'expert ne seront pas correctement traités. En effet, l'approche basée sur la connaissance se limite à des domaines d'application où la modélisation de la connaissance est possible. Ces domaines sont souvent ceux des sciences dites "exactes" comme l'électronique, la mécanique, la physique, etc. Par contre, pour les sciences dites "humaines" comme la

médecine, la psychologie, la philosophie, etc., où la connaissance est plus empirique, il est difficile de modéliser les connaissances et de ce fait, l'application de l'intelligence artificielle se révèle également difficile voire impossible.

3.3.4. L'approche par les réseaux de neurones

Donc, certains problèmes ne peuvent être résolus par les deux approches précédentes. Par exemple, ces deux approches restent inefficaces dans les domaines de la reconnaissance de formes (images ou signaux), du diagnostic, du contrôle moteur, de la traduction automatique et de la compréhension du langage. On a depuis longtemps exploré ces problèmes à l'aide des approches algorithmiques et à base de connaissances, mais sans succès notable. Pourtant, des êtres vivants relativement simples sont capables de réaliser certaines de ces opérations apparemment sans difficulté. Alors, les chercheurs se sont tournés vers une troisième approche qui s'inspire du mode de fonctionnement des systèmes nerveux et plus particulièrement de celui du cerveau.

L'hypothèse principale, à la base de l'essor des réseaux de neurones artificiels, est que le comportement intelligent est sous-tendu par un ensemble de mécanismes mentaux. Ces mécanismes étant basés sur des processus neurophysiologiques, nous supposons donc que la structure du système nerveux central est à la base du développement d'un comportement intelligent (Touzet, 1992). La figure 5 présente l'hypothèse proposée par de nombreux biologistes : pour recréer le comportement intelligent du cerveau, il faut s'appuyer sur son architecture, et donc, tenter de l'imiter.

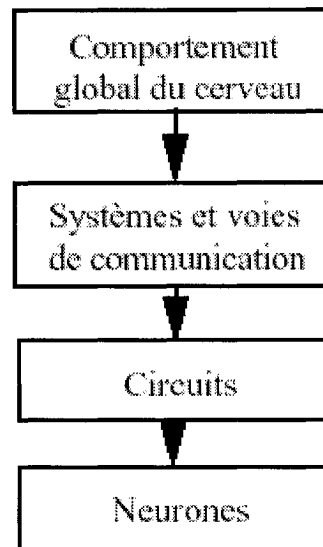


Figure 5. Hypothèse biologique de génération d'un comportement intelligent

3.3.5. Les réseaux de neurones artificiels

Les réseaux de neurones artificiels s'inspirent du mode de fonctionnement des systèmes nerveux et plus particulièrement de celui du cerveau, Pour cela, ils empruntent leur structure (ensemble de cellules autonomes), les connexions qui relient ces cellules (mode de communication) et leur capacité d'adaptation et d'apprentissage.

3.3.5.1. Définitions

Voici quelques définitions données par différents chercheurs sur les réseaux de neurones.

Selon le DARPA Neural Network Study (1988, cité dans Dreyfus, 1997), (...) un réseau de neurones est un système composé de plusieurs unités de calcul simples fonctionnant en parallèle, dont la fonction est déterminée par la structure du réseau, la solidité des connexions, et l'opération effectuée par les éléments de nœuds. Zurada (1992) définit les systèmes de neurones artificiels, ou réseaux de neurones, comme des systèmes physiques cellulaires qui peuvent acquérir, stocker et utiliser de la connaissance empirique. Quant à Touzet (1992), il a défini les réseaux de neurones comme des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit. Toute structure hiérarchique de réseaux est évidemment un réseau. Enfin, selon Dreyfus (1997), un réseau de neurones est une fonction mathématique, comprenant, comme toute fonction, des variables et un résultat ; elle comprend de plus des paramètres ajustables appelés poids. Le calcul du résultat peut être effectué par n'importe quel ordinateur. Celui-ci peut être muni d'un logiciel spécifique de traitement de données par réseaux de neurones, ou bien l'utilisateur peut écrire lui-même un court programme dans le langage de son choix.

À partir de ces quelques définitions, on peut affirmer qu'à l'inverse d'un programme informatique traditionnel fonctionnant sur un mode centralisé et hiérarchisé, les réseaux neuronaux possèdent une organisation en cellules autonomes les unes des autres, qui échangent l'information par proximité (avec les cellules les plus proches), créant des interactions locales constituant autant de réponses à un problème donné. Cette structure permet une plus grande tolérance aux erreurs, donc un fonctionnement plus souple, qui offre notamment au système ainsi constitué la possibilité de choisir entre différents scénarios et d'améliorer les réponses au fur et à mesure de leur exploitation (notion d'apprentissage).

En bref, les réseaux de neurones ont la capacité de stocker de la connaissance empirique et de la rendre disponible à l'usage. Les habiletés de traitement (et donc la connaissance)

du réseau vont être stockées dans les poids synaptiques, obtenus par des processus d'adaptation ou d'apprentissage. En ce sens, les réseaux de neurones ressemblent donc au cerveau car non seulement la connaissance est acquise au travers d'un apprentissage mais de plus, cette connaissance est stockée dans les connexions entre les entités, soit dans les poids synaptiques.

3.3.5.2. L'avantage des réseaux de neurones

Comme l'affirme Dreyfus (1997), les réseaux de neurones sont *parcimonieux* : pour obtenir un modèle non linéaire de précision donnée, un réseau de neurones a besoin de moins de paramètres ajustables que les méthodes statistiques classiques. Or, le nombre de données nécessaires pour ajuster le modèle de manière statistiquement significative est directement lié au nombre de ses paramètres. Par conséquent, un réseau de neurones nécessite moins de données qu'une régression polynomiale par exemple pour élaborer un modèle non linéaire de précision équivalente ; ou encore, un réseau de neurones permet de créer, à partir d'un même ensemble de données, un modèle non linéaire plus précis. Ainsi, de manière générale, un réseau de neurones permet de tirer un meilleur parti des données dont on dispose, lorsque l'on a besoin d'un modèle non linéaire.

3.3.5.3. Les domaines d'application des réseaux de neurones

De par leur souplesse et leur capacité d'apprentissage, les réseaux de neurones sont utilisés dans des domaines aussi variés que l'intelligence artificielle, les systèmes experts, les jeux, la reconnaissance de caractères, la synthèse vocale, l'analyse boursière, le traitement des images, bref, dans toute activité où l'environnement est par définition en constant changement.

Voici quelques domaines où l'on utilise les réseaux de neurones (d'après Naïm et Bazsalicza (2001) :

- La modélisation non linéaire de données statiques. Les réseaux de neurones sont très avantageux chaque fois que l'on veut modéliser des données indépendantes du temps, qui dépendent de plus de deux facteurs.
- La modélisation non linéaire de processus dynamiques. L'exemple le plus courant est l'utilisation des réseaux de neurones, à partir de séries chronologiques de mesures effectuées sur le processus, pour réaliser des modèles très précis qui permettent, par exemple, de prévoir l'évolution du processus dans le futur.
- La détection d'anomalies. Comme les réseaux de neurones peuvent réaliser des modèles non linéaires, très rapides et précis, du comportement normal d'un processus, on peut les utiliser pour détecter des anomalies de fonctionnement. Pour cela, on utilise le modèle neuronal pour prédire ce que sera l'évolution du processus, pour savoir si son mode de fonctionnement est normal, et ainsi comparer les prévisions du modèle avec les mesures effectuées. Si les mesures s'écartent des prédictions de manière statistiquement significative, c'est que le processus est dans un mode de fonctionnement anormal. Ce procédé est surtout employé dans le monde de l'ingénierie.
- La reconnaissance de formes. Dans le domaine de la reconnaissance de formes, les réseaux de neurones sont capables d'estimer de manière précise la probabilité d'appartenance d'un objet inconnu à une classe parmi plusieurs possibles. On l'utilise par exemple dans des systèmes de lecture des codes postaux, ou encore, dans les systèmes de lecture automatique des montants écrits manuellement sur les chèques.
- L'économie et la finance. Les réseaux de neurones sont de plus en plus fréquemment utilisés pour modéliser des données financières ou économiques (systèmes d'aide à la gestion de portefeuille d'actions qui évaluent la valeur d'entreprises, les systèmes d'évaluation de la solvabilité, systèmes de prévision des cours de bourse,...).
- La commande de processus. Puisque les réseaux de neurones sont capables d'approcher n'importe quelle fonction non linéaire, ils peuvent évidemment être utilisés pour réaliser des lois de commande non linéaires, donc pour commander des processus non linéaires. On les utilise surtout dans l'industrie (sidérurgie..) et dans des expérimentations de pilotage de véhicules totalement autonomes.

3.3.6. Le fonctionnement des réseaux de neurones

C'est à partir des travaux de Mac Culloch et Pitts en 1943 qu'on a vu apparaître le premier neurone formel. Un schéma de leur modèle de neurone formel est présenté à la figure 6.

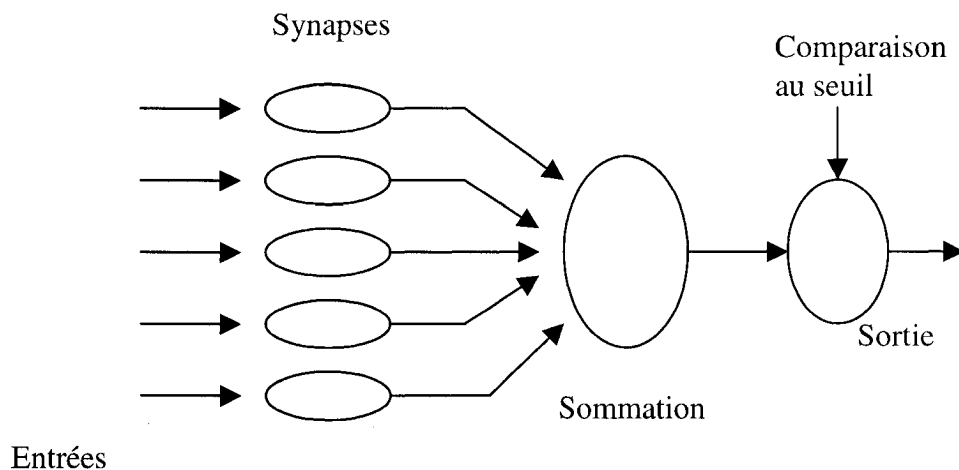


Figure 6. Le neurone formel d'après MacCulloch et Pitts (1943, dans Touzet, 1992)

Le neurone formel est donc une modélisation mathématique qui reprend les principes du fonctionnement du neurone biologique, en particulier la sommation des entrées. Sachant qu'au niveau biologique, les synapses n'ont pas toutes la même «valeur» (les connexions entre les neurones étant plus ou moins fortes), les auteurs ont donc créé un algorithme qui pondère la somme de ses entrées par des poids synaptiques (coefficients de pondération). D'un point de vue mathématique, le neurone formel peut être représenté de la manière suivante:

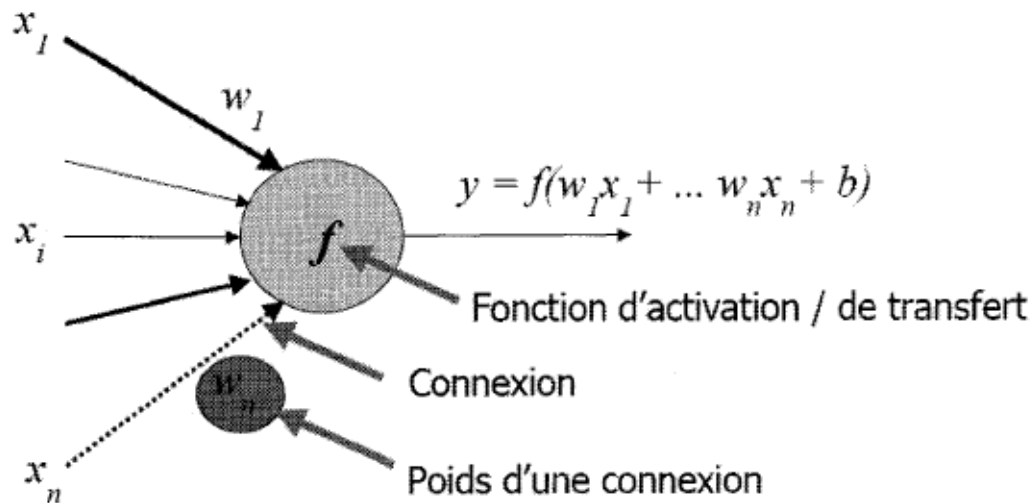


Figure 7. Modélisation simplifiée du neurone biologique (d'après McCulloch & Pitts)

3.3.6.1. Connections

Un réseau de neurones est constitué de cellules ou neurones. Ces cellules sont reliées entre elles par des connexions, ce qui leur permet de disposer d'un canal pour envoyer et recevoir des signaux en provenance d'autres cellules du réseau. Chacune de ces connexions reçoit une valeur ou un poids. Les cellules disposent d'une entrée, qui permet de recevoir de l'information d'autres cellules.

3.3.6.2. Couches

L'exemple le plus simple de réseau de neurones est le « Perceptron multicouches », dans lequel chaque couche contient une ou plusieurs cellules. Par exemple, dans un Perceptron à trois couches, voici le rôle de chacune des couches :

- Les nœuds d'entrée : la couche d'entrée recevra les données sources que l'on veut utiliser pour l'analyse.

- Les nœuds cachés : la couche cachée est d'une utilité intrinsèque pour le réseau et n'a pas de contact avec l'extérieur. Les fonctions d'activation sur cette couche sont en général non linéaires.
- Les nœuds de sortie : la couche de sortie donne le résultat obtenu après compilation par le réseau des données entrées dans la première couche.

La figure 8 montre l'organisation des neurones en couches successives.

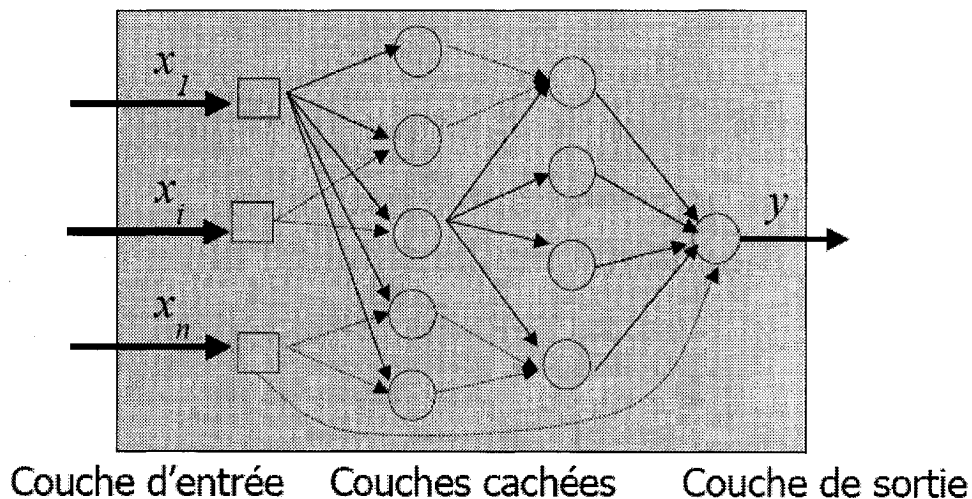


Figure 8. Organisation des neurones en couches successives

3.3.6.3. Fonctions d'activation

Chaque cellule dispose d'une fonction d'activation, qui, dans le plus simple des cas est constituée d'une simple identité entre le résultat et l'entrée. Le choix d'une fonction d'activation est un élément constitutif important des réseaux de neurones, et des fonctions non linéaires et plus évoluées sont nécessaires dans la majorité des réseaux de neurones. Les fonctions les plus couramment utilisées sont entre autres le sigmoïde standard, la tangente hyperbolique et la fonction gaussienne.

3.3.7. Architecture des réseaux de neurones

Comme nous l'avons mentionné plus haut, un réseau de neurones est un ensemble de neurones formels (d'unités de calcul simples, de nœuds processeurs) associés en couches (ou sous-groupes) et fonctionnant en parallèle. Dans un réseau, chaque sous-groupe fait un traitement indépendant des autres et transmet le résultat de son analyse au sous-groupe suivant. L'information donnée au réseau va donc se propager couche par couche, de la couche d'entrée à la couche de sortie, en passant soit par aucune, une ou plusieurs couches intermédiaires (couches cachées). Il est à noter qu'en fonction de l'algorithme d'apprentissage, il est aussi possible d'avoir une propagation de l'information à rebours (« back propagation »). Habituellement (excepté pour les couches d'entrée et de sortie), chaque neurone dans une couche est connectée à tous les neurones de la couche précédente et de la couche suivante.

On peut classer les réseaux de neurones en deux grandes catégories: les réseaux « feed-forward » et les réseaux « feed-back ».

- Les réseaux « feed-forward »

Appelés aussi « réseaux de type Perceptron », ce sont des réseaux dans lesquels l'information se propage de couche en couche sans retour en arrière possible. On a les perceptrons de type monocouche et les perceptrons multicouches. Dans cette même catégorie se trouvent les réseaux à fonction radiale ou RBF (Radial Basic Functions).

- Les réseaux « feed-back »

Appelés aussi « réseaux récurrents », ce sont des réseaux dans lesquels il y a retour en arrière de l'information.

- Les cartes auto-organisatrices de Kohonen : ce sont des réseaux à apprentissage non supervisé qui établissent une carte discrète, ordonnée topologiquement, en fonction des patterns d'entrée.

- Les réseaux de Hopfield : ce sont des réseaux récurrents et entièrement connectés. L'application principale des réseaux de Hopfield est l'entrepôt de connaissances mais aussi la résolution de problèmes d'optimisation. Le mode d'apprentissage utilisé ici est le mode non supervisé.

- Les ART : les réseaux de type ART (Adaptative Resonance Theory) sont des réseaux à apprentissage par compétition. Le mode d'apprentissage des ART peut être supervisé ou non.

3.3.8. Le processus d'apprentissage

Chaque neurone reçoit en début d'activité une valeur (valeur d'entrée ou exemple) et chaque synapse (connexion entre deux neurones) un coefficient de pondération (également appelé « poids »). En donnant au réseau la valeur d'arrivée à laquelle il doit parvenir, le réseau se reconfigure automatiquement en changeant les poids de ses connexions et en effectuant à nouveau ses calculs (processus dit « de rétro-propagation »). Une fois cette phase d'apprentissage effectuée, le réseau peut appliquer ce qu'il a appris à de nouvelles données.

La technique des réseaux de neurones est donc, dans son principe, une méthode de régression, analogue aux méthodes de régression linéaire ou polynomiale. Une fois que

l'ajustement des paramètres a été effectué, le réseau de neurones peut interpoler entre les données ; il peut ainsi prévoir le résultat de mesures qui n'ont pas encore été faites, expliquer des résultats obtenus dans le passé, etc. De façon générale, un réseau de neurones convenablement ajusté constitue un « modèle statistique non linéaire » des données (Dreyfus, 1997).

Un réseau de neurones peut très bien *interpoler*, mais il ne peut pas *extrapoler* valablement. Ainsi, il peut prévoir des événements futurs à condition que les facteurs qui influençaient les événements passés (à partir desquels on a calculé les poids du réseau) restent les mêmes. Si un nouveau facteur, inconnu dans le passé, fait son apparition, le réseau de neurones créé à partir des données anciennes n'est plus valable et dans ce cas, il faut le réajuster.

Donc, pour un réseau de neurones artificiels, l'apprentissage peut être considéré comme le problème de la mise à jour des poids des connexions au sein du réseau, afin de réussir la tâche qui lui est demandée. L'apprentissage est la caractéristique principale des réseaux de neurones et il peut se faire de différentes manières et selon différentes règles.

3.3.8.1. Les différents types d'apprentissage

Il y a différents types d'apprentissages d'un réseau de neurones selon le type de réseau et ce qu'on veut obtenir du réseau en question.

- *Le mode supervisé* : Dans ce type d'apprentissage, le réseau s'adapte par comparaison entre le résultat qu'il a calculé, en fonction des entrées fournies, et la réponse attendue en sortie. Ainsi, le réseau va se modifier jusqu'à ce qu'il trouve la bonne sortie, c'est-à-dire celle attendue, correspondant à une entrée donnée.

- *Le renforcement* : Le renforcement est une variante de l'apprentissage supervisé. Dans cette approche, le réseau doit apprendre la corrélation entrée/sortie via une estimation de son erreur, c'est-à-dire du rapport échec/succès. Le réseau va donc tendre à maximiser un indice de performance qui lui est fourni, appelé signal de renforcement. Dans ce mode d'apprentissage, le système est capable de savoir si la réponse qu'il fournit est correcte ou non, mais il ne connaît pas la bonne réponse.

- *Le mode non supervisé (ou auto-organisationnel)* : Dans ce cas, l'apprentissage est basé sur des probabilités. Le réseau va se modifier en fonction des régularités statistiques de l'entrée et établir des catégories, en attribuant et en optimisant une valeur de qualité, aux catégories reconnues.

- *Le mode hybride* : Le mode hybride reprend en fait les deux premières approches, puisque une partie des poids va être déterminée par apprentissage supervisé et l'autre partie par apprentissage non supervisé.

3.3.8.2. Les règles d'apprentissage

- *Règle de correction d'erreur* : Cette règle s'applique surtout pour les réseaux avec apprentissage supervisé, c'est-à-dire dans le cas où l'on fournit au réseau une entrée et la sortie correspondante. Ce principe est notamment utilisé dans le modèle du Perceptron simple.

- *Apprentissage de Boltzmann* : Cette règle d'apprentissage fait appel à des règles probabilistes et elle consiste à ajuster les poids des connexions, de telle sorte que l'état des cellules visibles satisfasse une distribution probabiliste souhaitée.

- *Règle de Hebb* : Cette règle, basée sur des données biologiques, modélise le fait que si des neurones, de part et d'autre d'une synapse, sont activés de façon synchrone et

répétée, la force de la connexion synaptique va aller en croissant.

- *Règle d'apprentissage par compétition* : La particularité de cette règle, c'est qu'ici, l'apprentissage ne concerne qu'un seul neurone. Le principe de cet apprentissage est de regrouper les données en catégories. Les « patterns » similaires vont donc être rangés dans une même classe, en se basant sur les corrélations entre les données, et seront représentés par un seul neurone ; on parle alors de « winner-take-all ».

3.4. LE CHOIX DU TYPE DE RÉSEAU DE NEURONES APPROPRIÉ

Dans le cadre de cette recherche, il s'agit d'essayer de trouver des profils ou « patterns » qui caractérisent les PME manufacturières, donc, il est mieux de laisser au réseau le soin de trouver ces patterns selon les données qui lui seront transmises. Pour cela, le mode d'apprentissage non supervisé est celui qui convient.

On a écarté les réseaux RBF (Radial Basic Functions) puisqu'ils sont plutôt adaptés à des problèmes de classification, d'approximation de fonctions, de prédiction, ou encore de contrôle. Les réseaux utilisant le mode d'apprentissage de Hebb ou les corrections d'erreurs (les Perceptrons multi couches) ont été aussi écartés puisque ces réseaux sont plus performants pour des problèmes de compression de données et d'analyse et moins pour le « clustering » ou la catégorisation.

Comme il s'agit aussi d'une tâche de catégorisation, plusieurs types de réseaux sont possibles :

- Les réseaux qui utilisent l'architecture à compétition comme les VQ (« Vector Quantization »). Ce type de réseau est généralement qualifié d'estimateur de densité non supervisé. Il permet de retrouver des groupes sur un ensemble de données, de façon similaire à un algorithme des k-moyennes en analyse typologique (« k-means »).

- Les réseaux ART (Adaptative Resonance Theory) sont des réseaux à apprentissage par compétition, et sont performants dans les tâches de catégorisation mais sont délicats à mettre au point et sont très sensibles à la présence de bruit dans les données.
- Les cartes auto-organisatrices de Kohonen (SOM, « self-organizing-maps ») sont très utilisées pour l'analyse de données et la catégorisation, permettent de cartographier en deux dimensions et de distinguer des groupes dans des ensembles de données.

Notre choix s'est porté sur les SOM du fait qu'elles sont plus pratiques que les deux autres types de réseaux à apprentissage non supervisé ; de plus, selon Mangiameli et al. (1996, cités dans Levratto et al., 2001), les SOM sont plus performants que les autres types de réseaux lorsqu'il s'agit de données empiriques contenant des « imperfections structurelles » qui parasitent l'identification des groupes. Les SOM sont des réseaux de neurones qui ont comme principale particularité de prendre en compte des propriétés de continuité spatiale ou temporelle. Ce type de réseau s'appuie sur une dynamique de propagation multidirectionnelle avec de fortes interactions entre neurones d'un même voisinage et conviennent parfaitement au traitement de problèmes intégrant une dimension spatiale (comme le « clustering ») et/ou temporelle.

3.5. LES CARTES AUTO-ORGANISATRICES DE KOHONEN

3.5.1. Historique

Tuevo Kohonen a découvert le principe des cartes associatives par l'observation du comportement des êtres vivants. En 1984, Kohonen a observé que dans le cerveau des chats, une aire était spécialisée dans le traitement des signaux acoustiques. Et surtout que cette aire spécifique était constituée de neurones ordonnés suivant les fréquences acoustiques auxquelles ils sont sensibles. Ainsi les neurones activés par les hautes

fréquences sont localisés à l'opposé des neurones sensibles aux basses fréquences. Cette carte ainsi appelée carte tonotopique, fut le point de départ de la théorie sur les cartes auto-organisatrices de Kohonen.

3.5.2. Caractéristiques

Le principe des cartes auto-organisatrices est de trouver une projection entre deux espaces : l'espace des données (pleine dimension) et l'espace des représentations (dimension réduite). Mais en cela, la projection doit conserver la topologie des données. La carte de Kohonen est en général à deux dimensions. Comme présenté dans la figure 9, chaque neurone de la carte est relié à un neurone de la couche des entrées ; il s'agit ainsi d'un réseau à connections totales. De plus, il existe trois types de structures de carte de Kohonen ayant des propriétés différentes, soit les structures rectangulaire, carrés et hexagonale.

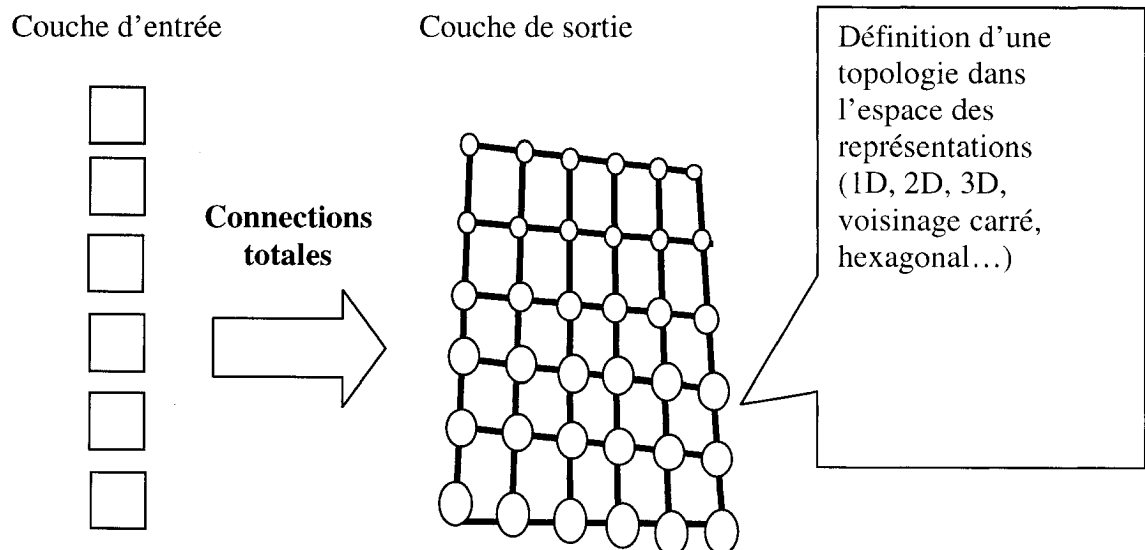


Figure 9. La carte auto-organisatrice de Kohonen (Source: Dreyfus, 1997)

3.5.3. Les étapes

La théorie de Kohonen consiste à réaliser un réseau de neurones (équivalent à une carte topographique) pour lequel l'intensité des liaisons entre les neurones et les stimuli donnerait l'information de relief. Il y a deux étapes indispensables pour l'adaptation du modèle théorique au cas concret, soit l'apprentissage et le calibrage.

L'apprentissage est indispensable pour le réglage de l'intensité des liaisons entre les neurones et leurs stimuli. On va voir plus loin l'algorithme d'apprentissage des SOM. *Le calibrage* est indispensable pour affecter la réponse d'un neurone à un stimulus. Il sert à affecter chaque neurone à une classe parmi les classes souhaitées. Il est donc nécessaire de posséder des échantillons déjà étiquetés pour chaque classe pour chacun des calibrages à réaliser. Le calibrage consiste à présenter sur la couche d'entrée (comme dans l'apprentissage) les échantillons étiquetés, trouver le neurone vainqueur pour chaque échantillon, et compter pour chaque neurone pour combien d'échantillons de chaque classe il est le vainqueur. Pour étiqueter chaque neurone, il faut regarder pour quelle classe il fut le vainqueur le plus grand nombre de fois. Il est possible dans certains cas que des neurones ne répondent pour aucune classe. Après ces deux étapes vient la *classification* qui utilise la carte de Kohonen construite à partir des deux étapes précédentes (matrice des poids et résultat de l'étiquetage). Il s'agit simplement de présenter les données à classer en entrée, trouver le neurone vainqueur pour chaque donnée, et lui affecter une classe grâce au résultat de l'étiquetage.

3.5.4. L'algorithme d'apprentissage

Nous présentons une représentation simplifiée de l'algorithme d'apprentissage du modèle SOM tiré de Lamirel et al. (2001). Cet algorithme est présenté de manière détaillée dans Kohonen (1997). L'algorithme d'apprentissage comprend deux étapes

principales: [1] sélection d'un nœud gagnant et [2] mise à jour du profil du nœud gagnant et de ceux des nœuds appartenant à son voisinage. L'obtention d'une carte valide, et au mieux d'une carte optimale, nécessite cependant de générer de nombreuses cartes en parallèle en faisant varier les paramètres d'apprentissage, et de comparer les cartes obtenues.

Sélection du nœud gagnant

Soit $x(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)\}$ le vecteur d'entrée (ex. les données d'une entreprise) sélectionné au temps t , et $W_k(t) = \{W_{k1}(t), W_{k2}(t), \dots, W_{kN}(t)\}$ le vecteur de poids associé au nœud k au temps t . La distance euclidienne la plus faible $\|x(t) - W_k(t)\|$ permet de définir le nœud gagnant s , soit :

$$\|x(t) - W_s(t)\| = \min \|x(t) - W_k(t)\|$$

Apprentissage non supervisé et sélection du voisinage

Après la sélection du nœud gagnant s , le vecteur de poids associé à ce nœud, ainsi que les vecteurs de poids associés aux nœuds se trouvant dans un voisinage donné du nœud s (par ex. les nœuds se trouvant dans un carré ou dans un cercle centré autour de s) sont ajustés de manière à ce que leur profil se rapproche de celui de la donnée d'entrée. Cet ajustement de poids qui caractérise l'apprentissage non supervisé du modèle peut être décrit par l'équation :

$$W_{ki}(t+1) = W_{ki}(t) + \alpha(t) \times h(t) \times [X_i(t) - W_{ki}(t)] \text{ for } 1 \leq i \leq N$$

où $\alpha(t)$ est un terme de gain ($0 \leq \alpha(t) \leq 1$) décroissant en fonction du temps et convergent vers 0, et $h(t)$ est une fonction de voisinage.

A l'issue de l'algorithme d'apprentissage, les données d'entrée peuvent être « re-projetées » sur la carte obtenue. Le nœud d'affectation d'une donnée représente alors celui dont le vecteur de poids est le plus proche du vecteur descriptif de la donnée. Il peut donc être sélectionné en réutilisant l'étape 1 susmentionnée.

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE

4.1. LE LOGICIEL UTILISÉ

Plusieurs logiciels sont disponibles pour effectuer les tâches de classification avec les réseaux de neurones, mais notre choix s'est porté sur Viscovery SoMine de la compagnie Eudaptics à cause de sa flexibilité au niveau du choix des paramètres d'apprentissage, de ses grandes possibilités de prétraitement et de post-traitement des données et aussi de l'ergonomie et la simplicité offertes par l'interface utilisateur. En effet, ce logiciel propose des outils de visualisation complets ainsi que des outils de contrôle efficaces. Dans Viscovery SoMine, la carte auto-organisatrice est réalisée par une grille hexagonale à deux dimensions. À partir d'un ensemble de données numériques, les noeuds sur la grille s'adaptent progressivement à la forme intrinsèque de la distribution des données. La représentation des données contenue dans la carte auto-organisatrice après l'apprentissage est convertie en un système visuel qui utilise des spectres de couleurs pour une visualisation facile des regroupements ou des « clusters » obtenus. Des séparateurs peuvent être utilisés pour délimiter les clusters dans chaque fenêtre de carte.

Comme nous l'avons défini plus haut, un « clustering » est un partitionnement de l'espace des données. Pour cela, l'espace des données est divisé en régions non chevauchantes, et Viscovery SOMine offre trois algorithmes de « clustering » qui vont identifier les frontières des groupes.

La question de juger si un groupement particulier est « bon » dépend de la tâche ou la question à laquelle on doit répondre dans le cadre de la classification à effectuer. Donc, une vérification minutieuse par l'analyste doit être effectuée. Mais ce qui est certain, c'est que les données regroupées dans un « cluster » sont homogènes.

4.2. LES ALGORITHMES UTILISÉES PAR VISCOVERY SOMINE

Dans le logiciel Viscovery SoMine, on a le choix entre trois algorithmes pour réaliser la carte auto-organisatrice.

4.2.1. L'algorithme « SOM Ward clustering »

Cette méthode de clustering combine les informations locales de la carte avec l'algorithme classique du clustering hiérarchique de Ward. Comme dans la méthode de Ward, elle commence en considérant que chaque noeud par lui-même forme un groupe. Dans chaque étape de l'algorithme deux groupes sont unifiés: ceux avec distance minimale d'après une mesure de la distance, soit la « SOM Ward distance ». Cette mesure prend en considération si les deux groupes en question sont adjacents dans la carte. Cela veut dire que le processus d'unification des groupes est restreint aux clusters avoisinés « topologiquement » parlant.

4.2.2. L'algorithme « Ward clustering »

C'est une méthode du regroupement classique suggérée par Ward. Elle débute en considérant que chaque noeud par lui-même forme un groupe. À chaque étape de l'algorithme, deux groupes sont unifiés en un seul : ceux avec une distance minimale (d'après une mesure de la distance, dite de Ward). Cet algorithme peut produire des regroupements dans lesquels certains groupes paraissent déconnectés ou dispersés dans la carte. Cela dépend de la courbure de la carte à travers l'espace des données.

4.2.3. L'algorithme « SOM single linkage clustering »

Cette nouvelle méthode de « clustering » est une combinaison de l'algorithme bien connu en analyse typologique hiérarchique, soit le « hierarchical single-linkage cluster »

et la représentation SOM (cartes auto-organisatrices) des données. L'algorithme est défini comme suit: si la distance (euclidienne) entre deux noeuds adjacents est plus petite que le seuil du groupe (cluster), ces deux noeuds sont unis dans le même groupe. Si leur distance est plus grande, un séparateur est dessiné entre les deux noeuds. Si une série de séparateurs forment une boucle fermée, les noeuds à l'intérieur de cette boucle forment un groupe.

4.3. CLASSIFICATION DES ENTREPRISES

La classification des entreprises s'est déroulée en quatre étapes distinctes. La première étape correspond au choix et au prétraitement des données, ensuite vient l'étape de la classification proprement dite avec le logiciel Viscovery SoMine. Après cela, on procède à la confrontation des résultats avec une autre méthode de classification non hiérarchique bien connue qui est la méthode des K-moyennes. Enfin, on va tenter de comprendre les groupes obtenus au travers de l'examen de leurs caractéristiques.

4.3.1. Les données

Les données utilisées dans l'étude ont été obtenues du LaRePE (Laboratoire de recherche sur la performance des entreprises). La base de données du LaRePE contient des renseignements sur 201 PME manufacturières localisées dans la province du Québec, Canada. Les PME ont une médiane de 44 employés, avec un minimum de 6 et un maximum de 406. La médiane des ventes est égale à 5,3 millions de dollars canadiens, avec un minimum de 0,4 et un maximum de 55. Plus de quinze secteurs industriels sont présents, incluant les produits de métal (30% des entreprises de l'échantillon), le bois (14%), le plastique et le caoutchouc (9%), les produits électriques (8%), l'alimentation (7%), et la machinerie (5%).

4.3.2. Opérationnalisation des variables

Comme nous l'avons précisé plus haut, notre étude va porter sur trois axes de développement de l'entreprise : l'axe du développement des produits matérialisé par le degré d'innovation, l'axe de développement des marchés qui sera matérialisé par le niveau d'exportation, et l'axe réseautage qui sera matérialisé par les nombre de partenariats en amont et en aval de la chaîne de valeur de l'entreprise.

- *Les produits :*

Les variables en question porteront sur l'innovation et la R-D. On a retenu comme variables de développement des produits le ratio du budget de R-D sur les ventes, et le ratio du pourcentage des ventes de nouveaux produits sur les deux dernières années (Raymond et St-Pierre, 2005).

- *Le marché :*

On a pris comme variable le pourcentage de ventes à l'exportation (Raymond et St-Pierre, 2005).

- *Le réseautage :*

On a pris les variables de partenariat en amont et en aval, soit le nombre de partenariat de distribution et le nombre de partenariat au niveau de l'approvisionnement avec les différents partenaires d'affaires (Raymond et St-Pierre, 2005).

Le Tableau 1 présente un résumé des données à l'entrée.

Tableau 1: Les données à l'entrée

	<i>Moyenne</i>	<i>Écart type</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Développement des produits				
Ventes de produits nouveaux et modifiés / ventes ^a	0,37	0,33	0,00	1,00
Budget R-D / ventes	0,017	0,047	0,000	0,359
Développement du réseautage				
Partenariat en distribution ^b	0,55	0,93	0,00	5,00
Partenariat en design, R&D ^b	1,09	1,42	0,00	5,00
Développement des marchés				
Exportation ^c	19,3	27,7	0,0	99,0

^a pour les deux dernières années

^b nombre de partenariat avec les clients, les fournisseurs, les concurrents, les centres de recherches, les universités, les différents partenaires d'affaires et les autres PME.

^c pourcentage des ventes à l'exportation

4.3.3. Classification des PME à l'aide des cartes auto-organisatrices

4.3.3.1. Prétraitement des données

Le prétraitement des données est utilisé pour changer l'importance des variables pour la création de la carte. En effet, pour le bon fonctionnement de l'algorithme d'apprentissage, les données à l'entrée doivent être comprises dans une certaine échelle de valeur appelée « échelle de paramétrage interne » qui dépend notamment du nombre des variables et du coefficient de pondération. La représentation interne est fondamentale à la topologie de la distribution de données, et ainsi pour l'organisation de la carte finale. L'utilisateur a trois options pour influencer cette représentation: la

« remise à l'échelle » (scaling), la modification de la priorité des variables et transformation.

Premièrement, la « remise à l'échelle » (scaling) des données d'entrée est nécessaire de telle sorte que toutes les valeurs des variables soient sur une même grandeur. Ce processus se produit au niveau interne du logiciel et ne peut pas être observé par l'utilisateur. Les différentes méthodes de « scaling » appliquent un poids additionnel à la variable. Pour cela, Viscovery SoMine propose deux méthodes : la méthode selon la variance (variance scaling) et la méthode selon la gamme (range scaling). Deuxièmement, on peut ajuster aussi la priorité accordée à une variable en ajoutant ou non un poids additionnel à cette variable. Et troisièmement, on a la « transformation » de la variable qui consiste à changer les caractéristiques de sa densité et donc les rapports de voisinage de la représentation intrinsèque des données. Les « transformations » peuvent être logarithmiques, sigmoïdes ou identitaires. Le tableau 2 présente le détail du prétraitement des données à l'entrée.

Tableau 2: Prétraitement des données

Variabes	Moyenne	Écart type	Échelle ^a	Priorité ^b	Transformation ^c
Ventes de produits nouveaux et modifiés / ventes	37	33	Variance	1	Sigmoïde: Offset : 37 Gradient : 0,019926
Budget R-D / ventes	0,017	0,047	Variance	1	Sigmoïde: Offset : 0,017 Gradient : 14,163
Partenariat en distribution	0,55	0,93	Variance	1	Sigmoïde: Offset : 0,55 Gradient : 0,71951
Partenariat en design, R-D	1,09	1,42	Variance	1	Sigmoïde: Offset : 1,09 Gradient : 0,46884
Exportation	19,3	27,7	Variance	1	Sigmoïde: Offset : 19,3 Gradient : 0,024073

^a La valeur d'échelle « variance » divise la valeur à l'entrée par l'écart type.

^b La colonne « priorité » ajoute plus de poids à une variable en multipliant son échelle interne par la valeur de cette priorité.

^c En appliquant une transformation, on peut influencer les caractéristiques de densité de la distribution d'une variable. Les deux types de transformation proposés par Viscovery SOMine (en plus de la possibilité de n'effectuer aucune transformation) sont :

« logarithmique » et « sigmoïde ». Pour la convenance de l'utilisateur, le logiciel propose des paramètres par défaut pour les deux types de transformation et suggère plusieurs choix possibles pour les valeurs à attribuer au « gradient » et à l'« excentrage » (offset).

4.3.3.2. Paramètres d'apprentissage

L'objectif étant d'effectuer une classification des entreprises avec les cartes auto organisatrices, les paramétrages du processus d'apprentissage doivent être effectués selon la manière dont on veut apprécier les résultats. Dans ce sens, on a essayé divers types de scénario avec les paramètres afin d'obtenir des groupements pertinents et valides. Après une série d'expérimentations avec différents paramétrages, on a retenu les paramètres d'apprentissages suivants :

- *Nombre de noeuds*

Le nombre de nœuds que nous avons spécifié est de 2000 ; mais comme les noeuds sont organisés dans une grille hexagonale, le nombre de noeuds réel se rapproche de cette valeur et est déterminé par Viscovery SOMine automatiquement, soit 2047. Ce paramètre est très important parce que c'est ce qui va déterminer la grandeur de la carte

- *Proportion de la carte (map ratio) :*

Cette valeur décrit la relation entre la largeur et hauteur de la carte. Nous avons choisi l'option automatique, le logiciel effectue lui-même le calcul de la proportion de la carte (map ratio) adéquate à partir des données à l'entrée. Le logiciel a ainsi calculé une proportion de 100:85

- *La tension*

Cette valeur mesure la capacité de la carte de représenter les données à l'entrée. Nous avons essayé plusieurs tensions et pour l'expérimentation finale, nous avons choisi la valeur de la tension à 3, ce qui donne une carte plus ou moins « rigide », mais qui représente au mieux les données en sortie.

- *L'apprentissage*

Tous les paramètres d'apprentissage sont résumés dans la fenêtre « Summary », comme le montre la capture d'écran à la figure 10 et le déroulement du processus d'apprentissage proprement dit est présenté par la figure 11. La section « apprentissage » présente le nombre de cycles d'apprentissage (40) qui est déterminé automatiquement par le logiciel, la tension (3) et la description de l'ensemble des paramètres d'apprentissage choisis (mode normal, exact).

La section « Growth » décrit les dimensions intermédiaires de la carte pendant sa création. La section « Map size » donne les informations sur la proportion (100:85), le nombre de colonnes (46) et de lignes (45) et le nombre de noeuds dans la carte (2047).

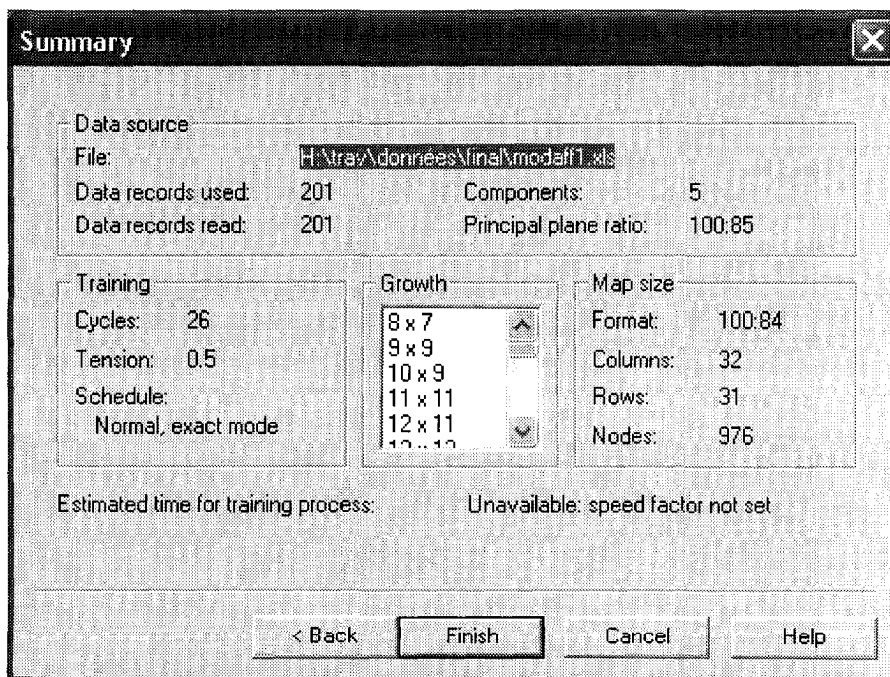


Figure 10. Fenêtre des paramètres d'apprentissage

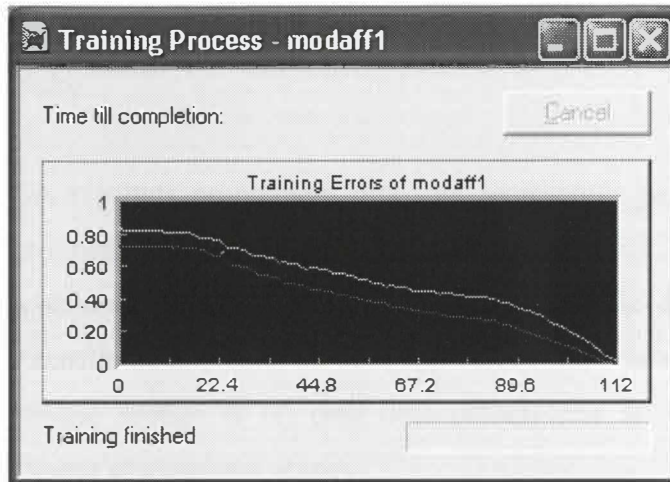


Figure 11. Fenêtre du processus d'apprentissage

4.3.3.3. Résultats des SOM

À la fin de l'expérimentation, on a obtenu quatre (4) groupes bien distincts. Le premier cluster contient 89 entreprises, le deuxième 55, le troisième 45, et enfin, le quatrième cluster contient 12 entreprises.

La fenêtre de la courbure montrée par la figure 13 affiche la courbure de la carte. La carte est à deux dimensions et fait une approximation de la distribution des données sources. Elle ne peut pas être plate dans la majorité des cas, mais doit être courbée à travers l'espace des données. Plus, la couleur est sombre, plus le niveau de courbure est élevé. Ici, on peut apprécier pour notre expérience une carte qui est assez courbée surtout pour les clusters 2, 3 et 4. Le cluster 1 représente par contre une courbure assez plane.

La Matrice U présentée par la figure 14 montre chaque noeud selon la distance médiane à ses voisins. Les couleurs sombres représentent les noeuds qui sont éloignés l'un de l'autre. Les noeuds qui appartiennent à une région "dense" de la carte auront une couleur claire.

Les résultats proprement dits sont représentés par la figure 12 qui montre les quatre groupements obtenus séparés par une ligne noire. On a aussi pour chaque variable une représentation cartographique avec une échelle de couleurs (figures 15 à 19). Avec l'échelle de couleurs, on peut apprécier l'importance de chaque variable concernée pour chaque groupe et on peut déjà obtenir une analyse visuelle des caractéristiques de chaque groupement obtenu.

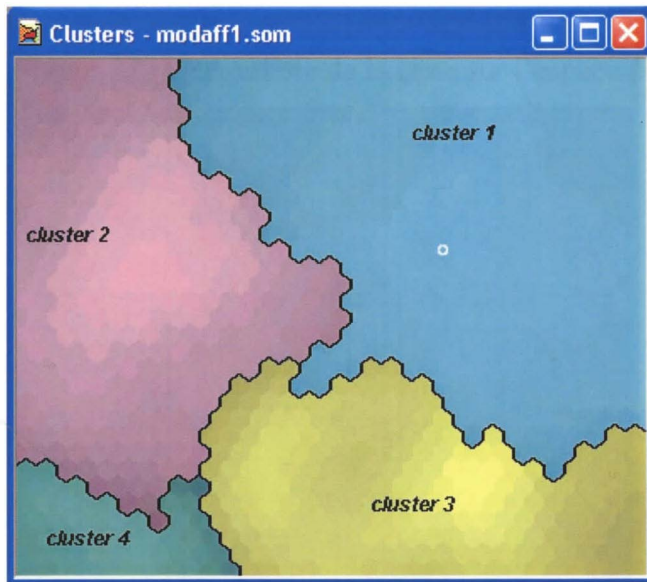


Figure 12. Les regroupements obtenus à partir de la carte auto-organisatrice

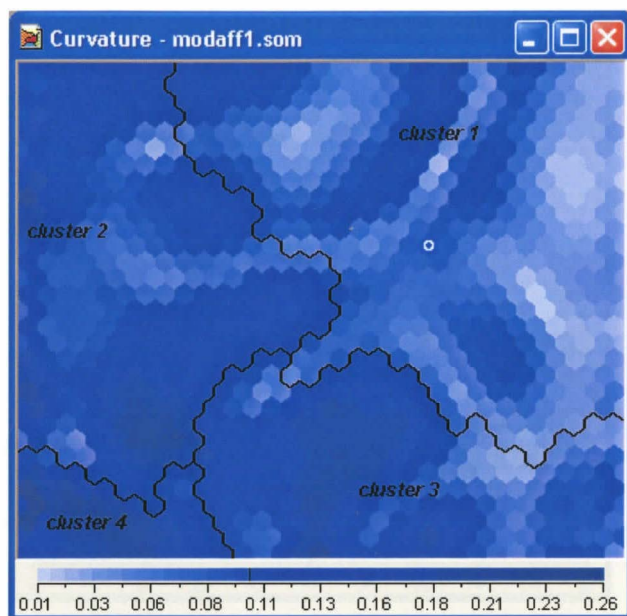


Figure 13. La courbure de la carte sur l'espace des données

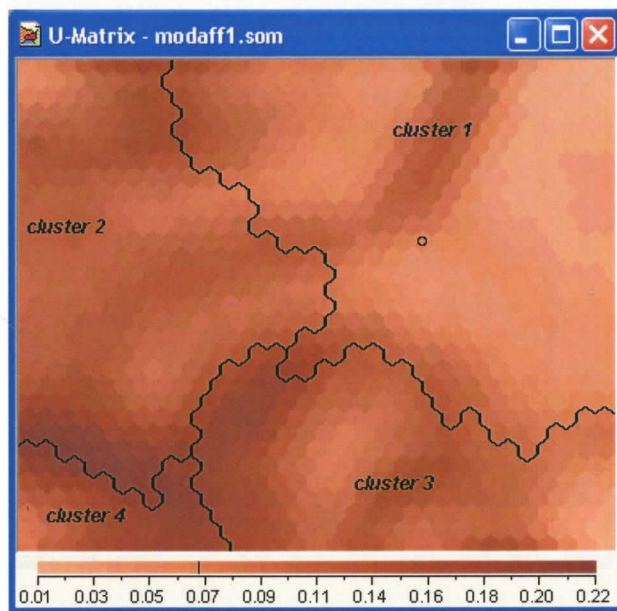


Figure 14. La carte représentant la matrice U

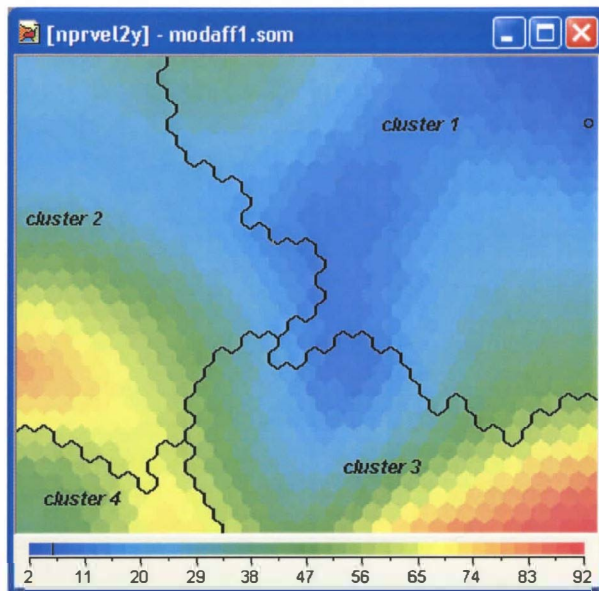


Figure 15. Carte représentant la variable « innovation »

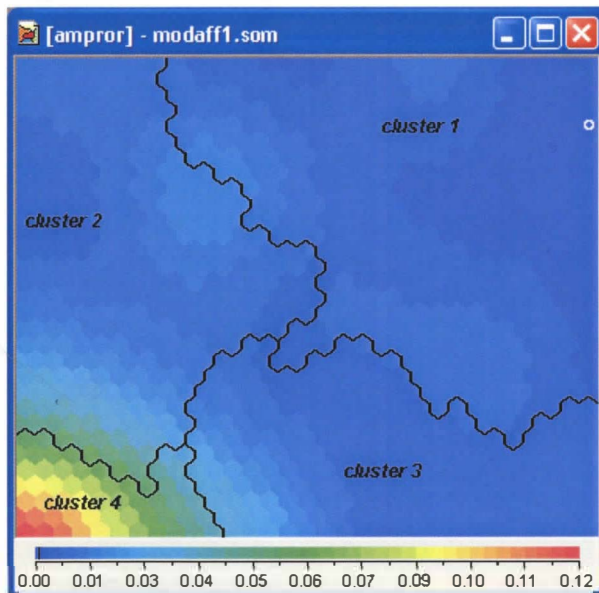


Figure 16. Carte représentant la variable « intensité de la R-D »

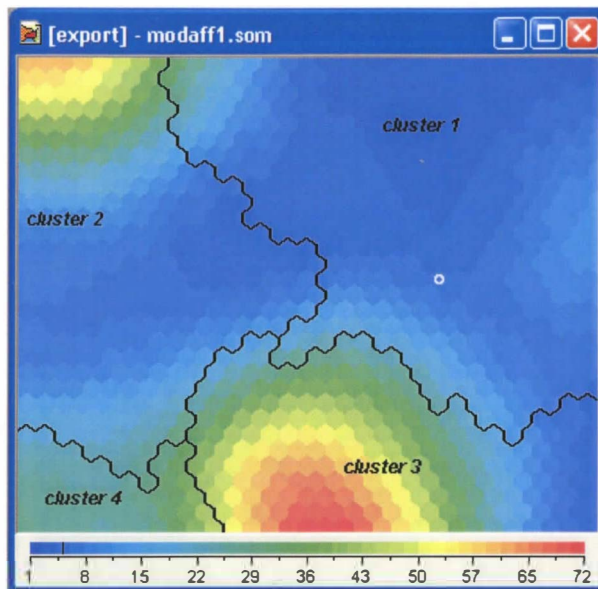


Figure 17. Carte représentant la variable « exportation »

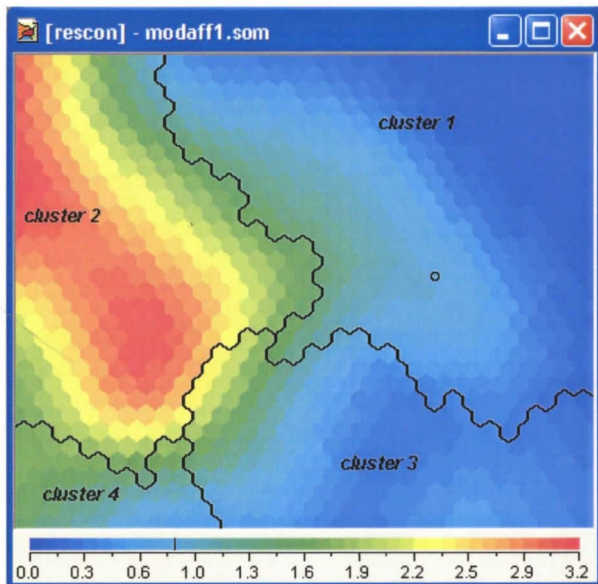


Figure 18. Carte représentant la variable « partenariat en design et R-D »

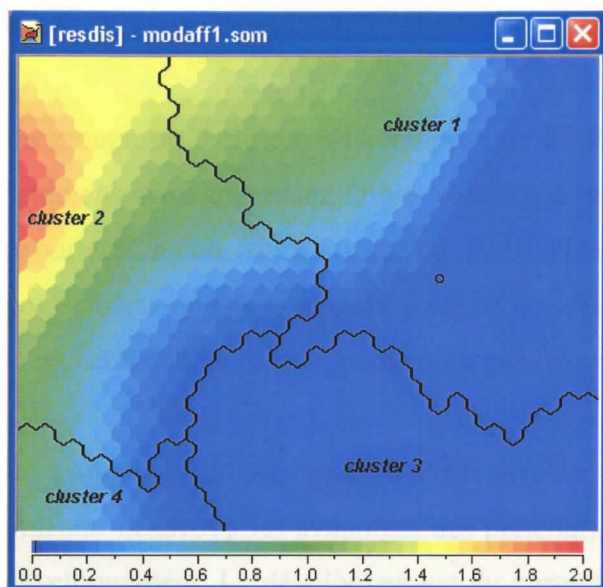


Figure 19. Carte représentant la variable « partenariat en distribution »

4.3.4. Interprétation des résultats des SOM

Le groupe ou « cluster » 1, composé de 89 PME locales, regroupe des entreprises qui semblent avoir une assez faible tendance à pratiquer le réseautage, une faible tendance exporter. On constate aussi que ces PME n'innovent pas ou innovent très peu, elles n'ont pas eu beaucoup de nouveaux produits ces deux dernières années et leur budget alloué à la recherche et au développement est presque nul.

Le groupe 2 qui regroupe 55 PME semble correspondre à un type d'entreprises qui utilisent beaucoup les avantages des partenariats au niveau du design et en recherche et développement. Le développement du partenariat au niveau de la distribution est assez élevé malgré certaines parties du regroupement qui présentent une faible propension à utiliser ce type de réseautage. Par contre, ce groupe est insensible à la variable exportation. En effet, certaines PME dans ce groupe n'exportent pas du tout tandis que d'autres ont une activité d'exportation de moyenne à assez élevée. Concernant l'innovation, les membres de ce groupe innovent moyennement mais par contre, leur budget alloué à la R-D est très faible.

Le groupe 3 composé de 45 PME n'a pas d'activités de réseautage. En effet, la variable de développement du réseautage « partenariat en distribution » est nulle pour tous les membres de ce groupement, et la variable « partenariat en design, recherche et développement » varie de faible à moyenne. Ce groupe a aussi très peu d'activités de R-D si l'on en juge par ses budgets. Par contre, c'est un groupement d'entreprises qui innovent moyennement et fortement car le pourcentage des ventes de nouveaux produits pendant les deux dernières années présente une moyenne assez élevée et est assez bien répartie entre les membres de ce cluster. C'est un groupe qui exploite vraiment l'international, c'est à dire ce sont des entreprises qui exportent beaucoup.

Le groupe 4 regroupe 12 PME, ce sont essentiellement les entreprises qui allouent le plus des budgets à la recherche et au développement. Ce cluster regroupe aussi des entreprises innovatrices et moyennement exportatrices. En ce qui a trait au réseautage, on peut dire que ce groupe d'entreprises a une tendance de faible à moyenne à avoir des partenaires de distribution et moyenne en ce qui a trait aux partenariats en design et de R&D.

Donc, en récapitulant ces résultats, on peut dire que les PME faisant partie du groupe 1 semblent être ce que Raymond et St-Pierre (2005) désignent avec le terme « PME locales », les membres du groupe 2 semblent être ce que Raymond et St-Pierre (2005, 2005) appellent les « PME innovantes en réseau ». Les deux derniers groupes semblent être assez similaires à première vue. Mais, en analysant plus profondément, on constate qu'ils sont différents surtout au niveau des activités de recherche et de développement. On pourrait appeler le troisième groupe comme étant les « PME internationales » et la quatrième comme étant ce que Raymond et St-Pierre (2005) appellent les « PME de quasi-classe-mondiale ».

Tableau 3: Classement du développement stratégique obtenu à partir des SOM

variable	F	Groupes obtenus			
		Moyennes par groupe			
		PME « locales » (n=89)	PME « innovantes réseautées » (n=55)	PME « internationales » (n=45)	PME « de quasi- classe mondiale » (n=12)
Développement des marchés					
Exportation	22,4 ^{***}	5,3 _x	22,5 _y	40,2 _z	30,2
Développement des produits					
Ventes produits nouveaux et modifiés / ventes	27,9 ^{***}	19,1 _x	41,5 _y	64,2 _z	54,7 _{yz}
Budget R-D / ventes	152,8 ^{***}	0,004 _x	0,012 _y	0,007 _{xy}	0,172 _z
Développement du réseautage					
Partenariat en design, R-D	112,9 ^{***}	0,3 _x	2,9 _y	0,5 _x	1,2 _x
Partenariat en distribution	26,3 ^{***}	0,3 _y	1,3 _z	0,0 _x	0,7

*** : $p < 0,001$

xyz s'applique aux lignes, chaque indice différent indiquant une différence significative (0,05) entre les moyennes avec le test T2 de Tamhane

4.3.5. Validation de la méthode utilisée

Pour valider notre approche, on va s'inspirer des travaux de Hruschka et Natter (1998) qui a comparé la performance des réseaux des neurones avec une méthode de classification non hiérarchique plus classique, soit les k-moyennes. Ainsi, nous effectuerons une classification avec la méthode des k-moyennes et comparerons les résultats avec ceux obtenus avec les SOM. La méthode des k-moyennes est une méthode de classification non hiérarchique introduite par MacQueen (1967, cité dans Hruschka et Natter, 1998), qui minimise la variance intra-groupe. Le principe sur lequel repose cette méthode est de choisir k points dans l'espace des individus qui serviront de repère aux futures classes.

Ainsi, la méthode des k-moyennes pourra venir en analyse complémentaire afin de vérifier que les résultats obtenus par les SOM ne sont pas aberrants. On ne tentera pas d'obtenir des groupes exactement identiques mais simplement d'analyser les correspondances, vérifiant que les groupes constitués ne soient pas complètement différents ou uniformément répartis entre les groupes générés par la méthode alternative.

4.3.5.1. Résultats avec la méthode des k-moyennes

Pour obtenir les classements avec les k-moyennes, on a utilisé le logiciel SPSS. Puisqu'il faut spécifier au départ le nombre de groupes qu'on veut obtenir, on a pris le nombre 4 par souci de comparabilité avec le résultat des cartes auto-organisatrices. Le résultat obtenu avec les mêmes données indiquent que les 4 groupes se repartissent comme suit : 119 entreprises pour le premier groupe, 26 entreprises pour le second groupe, 45 entreprises pour le troisième groupe et enfin 11 entreprises pour le quatrième groupe.

Tableau 4: Comparaison des variances entre les groupes avec la méthode des k-moyennes

variables	F	Groupes obtenus			
		Moyennes par groupe			
		PME « locales » (n=119)	PME « innovantes réseautées » (n=45)	PME « internationales » (n=26)	PME « de quasi classe mondiale » (n=11)
Développement des marchés					
Exportation	304,0 ^{***}	6,8 _x	8,9 _x	69,8 _y	77 _y
Développement des produits					
Ventes produits nouveaux et modifiés / ventes	221,6 ^{***}	18,9 _x	83,7 _y	20,7 _x	87,9 _y
Budget R-D / ventes	2,5	0,011	0,025	0,035	0,013
Développement du réseautage					
Partenariat en design, R-D	4,8 ^{**}	0,8 _x	1,5	1,7 _y	1,0
Partenariat en distribution	1,7	0,5	0,4	0,9	0,8

*** : p < 0,001 ** : p < 0,01

xyz s'applique aux lignes, chaque indice différent indiquant une différence significative (0,05) entre les moyennes avec le test T2 de Tamhane

Le premier groupe est constitué de PME qui n'exportent pas, qui innoveront très peu, qui exportent très peu et sont peu développées en terme de réseautage, que ce soit en amont ou en aval. En plus de cela, elles allouent très peu de budget à la R-D.

Le deuxième groupe qui regroupe 45 PME représente des entreprises qui sont innovantes et qui allouent le plus de budget à la R&D mais qui ne sont pas du tout exportatrices, elles utilisent moyennement les partenariats en design et R-D et faiblement les partenariats de distribution.

Le troisième groupe composé de 26 PME qui innoveront très peu, alloue très peu de budget à la R-D et, pourtant exporte beaucoup et développe assez fortement les réseaux à signaux forts et faibles au niveau des partenariats en distribution et en recherche.

Le quatrième groupe représente 11 PME qui sont les plus innovatrices dans l'échantillon étudié ; pourtant elles allouent en moyenne moins de budget à la R-D que le troisième groupe, et font beaucoup appel aux partenariats en recherche et développement et moyennement en distribution.

On remarque que les variables de réseautage sont moins discriminantes avec la méthode des k-moyennes, ceci entraîne des difficultés dans l'appréciation des résultats. De plus, on constate que la méthode des k-moyennes présente deux variables qui ne sont pas significatives (la variable « Budget R-D / ventes » et la variable « Partenariat en distribution »). Donc, cette méthode segmente moins bien sur ces deux variables. Tout ceci sont des indices qui montrent la moins bonne qualité de segmentation offerte par la méthode des k-moyennes. Néanmoins, on peut affirmer qu'on a obtenu quatre groupes bien différents et on peut effectuer la comparaison avec les groupes obtenus d'après les cartes auto-organisatrices.

On pourrait nommer les entreprises dans le premier groupe comme PME « locales » en s'inspirant des travaux de Raymond et St-Pierre (2005). Le deuxième groupe regroupe des entreprises que Raymond et St-Pierre (2005) appellent les PME « innovantes réseautées ». Les membres du troisième groupe sont les PME « internationales » et le dernier groupe pourrait être appelés les PME de « quasi-classe-mondiale », toujours d'après Raymond et St-Pierre (2005).

4.3.5.2. Comparaison des deux méthodes

La classification effectuée par la carte auto-organisatrice sur les 201 entreprises a donné quatre groupes. On comparera les résultats obtenus avec les résultats des k-moyennes pour vérifier que les groupes qui ont été formés ne sont pas contradictoires.

On constate en premier lieu que la classification effectuée par les k-moyennes est similaire à celle effectuée par les SOM en ce qui concerne le premier groupe (les PME « locales ») et le quatrième groupe (les PME « de quasi-classe-mondiale »). Les deux autres groupes semblent plus flous au niveau de la comparaison. Néanmoins, on peut affirmer une certaine similitude au niveau de la manière dont les deux méthodes classifient les données. Certes, la méthode des k-moyennes est un algorithme très réputé pour son efficacité au niveau de la classification, cependant, les SOM semblent être tout aussi puissants, mais plus souples, flexibles, visuels et robustes aux imperfections de données, ce qui ne sera pas toujours le cas des autres méthodes.

CHAPITRE V : CONCLUSION

Avec la venue de la mondialisation ainsi que l'émergence de nouvelles formes d'organisation et des entreprises réseaux, le développement stratégique des PME manufacturières est essentiel pour assurer leur survie, leur croissance ainsi que leur compétitivité. L'objectif de notre travail était d'identifier les profils de développement stratégique des PME manufacturières et de valider une approche à base de « data mining » et de réseaux de neurones (versus une approche statistique à base d'analyse typologique) pour l'identification de ces profils. D'après l'analyse des résultats, on a pu vérifier la pertinence d'un modèle de développement stratégique à trois dimensions mettant en valeur les trois variables : réseautage, exportation et innovation.

5.1. Les apports et les retombées de la recherche

Ce travail nous a permis d'établir une méthode de classification non supervisée des entreprises et a donné des résultats concluants. Les applications de ce résultat peuvent se révéler nombreuses. D'abord, il permet de renouveler les typologies traditionnelles des petites entreprises, strictement dominées par la notion de taille et de secteur d'activités, ce qui peut contribuer à une vision nouvelle de la PME à partir de la notion de développement stratégique.

Étant donné que la connaissance empirique dans ce domaine est assez restreinte, on espère contribuer, avec cette étude, à une meilleure compréhension de la nature et des étapes de développement stratégique des PME, et aussi, des tenants et aboutissants de ce développement. On a donc ainsi pu valider le modèle proposé par Raymond et St-Pierre (2005) avec une autre méthode que l'analyse typologique classique, les résultats obtenus étant encourageants et confirmant la robustesse et la souplesse des cartes auto-organisatrices de Kohonen en tant que méthode de classification. La méthode utilisée

s'avère être une alternative efficace aux méthodes classiques avec les avantages de flexibilité, de souplesse, et de robustesse aux imperfections des données.

5.2. Particularité de l'étude

La particularité de notre étude est l'utilisation d'une méthodologie non conventionnelle. En effet, en utilisant les réseaux de neurones à l'instar de l'analyse typologique traditionnelle, et bien que cela impose quelques difficultés pour comparer différents algorithmes de classification, nous avons pu prouver que les cartes auto-organisatrices exécutent mieux ou autant que les k-moyennes, les tâches de classification requises pour identifier une typologie de PME et ainsi répondre à notre question de recherche.

Les cartes auto-organisatrices ou SOM représentent une méthode particulière qui permet à l'utilisateur de visionner les données multidimensionnelles en cartes de dimension réduite. Cet aspect visuel procure la flexibilité requise pour juger si l'analyse est satisfaisante pour un problème particulier, et convient très bien aux problèmes de classification.

5.3. Les limites de la recherche

Comme dans toutes les recherches, il convient de souligner certaines limites inhérentes à notre étude pour qu'on puisse prendre une position précise par rapport à sa valeur.

La première limite serait d'ordre théorique. En effet, dû à la démarche méthodologique adoptée qui fait appel à des approches plutôt taxinomiques, on n'a pas pu observer certaines des recommandations de Doty et Glick (1994) pour le développement des typologies. En effet, notre démarche méthodologique qui utilise des réseaux de neurones non supervisés laisse le réseau découvrir les « patterns » ou « groupements naturels » dans l'ensemble des données. Ce qui pourrait constituer une certaine faiblesse d'ordre

théorique. Néanmoins, les résultats obtenus confirment les recherches antérieures effectuées par d'autres chercheurs qui se sont penchés sur le développement stratégique des PME tels que Raymond et St-Pierre (2005).

La seconde limite de notre recherche serait au niveau méthodologique. Des chercheurs ont affirmé que la meilleure façon de valider les résultats des cartes auto-organisatrices de Kohonen serait l'utilisation de deux groupes de données différents. En effet, les résultats du « clustering » peuvent varier considérablement selon les paramétrages (nombres de noeuds de sortie, taux d'apprentissage,...). Et actuellement, il n'y a pas de règles générales disponibles pour la détermination effective des paramètres des cartes auto-organisatrices à priori. Des chercheurs tels que Wang (2001) ont travaillé sur la manière de développer des mesures possibles afin d'assister les utilisateurs des cartes-auto organisatrices pour valider le résultat de l'analyse des « clusters ». Cet auteur a affirmé que c'est une loi fondamentale que pour valider une telle analyse, on devrait utiliser des données qui ne sont pas utilisées par le SOM lors de l'établissement des clusters. Donc, on a besoin de deux groupes de données en utilisant le SOM validé: l'un serait utilisé directement pour l'apprentissage non supervisé, et l'autre pour la validation (« données de référence »). Cela n'a pas été le cas dans le cadre de notre étude vu la restriction au niveau des données disponibles sur les PME manufacturières.

5.4. Perspectives de recherche

Dans le contexte actuel d'environnement d'affaires global, les PME manufacturières doivent s'adapter et se développer stratégiquement pour améliorer leur compétitivité. Cependant, pour assurer la performance des PME, il faut une cohérence entre les efforts stratégiques et l'environnement compétitif, les buts stratégiques ainsi que la structure de ces organisations. Un support continu de la part des centres de recherche ainsi que des entités gouvernementales et d'aide aux petites structures est aussi nécessaire. Une étude sur la synergie effective entre ces différents concepts et éléments, compte tenu de

l'évolution des PME dans le cadre de son développement stratégique, serait une piste de recherche qu'on pourrait exploiter suite à cette étude.

Maintenant qu'on a validé le bon fonctionnement de la méthodologie de classification avec les réseaux de neurones, une perspective additionnelle serait une étude avec des données plus étendues (plus de variables à prendre en compte et plus d'entreprises dans la base de données), soit tenter l'expérience à une plus grande échelle et obtenir ainsi des résultats plus fins et plus robustes. Dans une seconde étape, il pourrait aussi être intéressant de pousser l'analyse des cartes auto-organisatrices un peu plus loin en améliorant la sélection des variables d'entrée par des algorithmes génétiques afin d'avoir une classification optimale.

REFERENCES

- Andriambeloson, E. (2000), *La contribution des réseaux à signaux faibles à l'innovation technologique dans les PME manufacturières du secteur des équipements de transports terrestres*. Mémoire de maîtrise en Gestion des PME, UQTR.
- Ansoff, H.I. (1957), "Strategies for diversification", *Harvard Business review*, 35, 113-124
- Bonaccorsi, A. (1992), On the relationship between firm size and export intensity. *Journal of International Business Studies*, 4, 605-635.
- Benavent, C. (1999), Construire le fait. (Article récupéré le 23 octobre 2004 sur le site <http://christophe.benavent.free.fr/cours/dea/Dea3.PDF>)
- Chapman, R.L., O'mara, C.E., Ronchi, S. & Corso, M. (2001), Continuous product innovation: a comparison of key elements across different contingency sets, *Measuring Business Excellence*, 3, 16-23.
- Chung, H. M., Gray, P., (1999), Special Section: Data Mining. *Journal of Management Information Systems*, (16:1), 11-17.
- Doty, D Harold; Glick, William H. (1994), Typologies as a unique form of theory building: Toward improved understanding. *Academy of Management Review*, (19:2), 230-251.
- Freel, M.S. ,(2000), Do Small Innovating Firms Outperform Non-Innovators?, *Small Business Economic*, 14, 195-210.
- Granovetter, M.S.,(1973), The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78, 1360-1380.
- Hand, D. (1999), Why data mining is more than statistics. (Article recuperé le 12 janvier 2005 sur le site <http://www.stat.fi/isi99/index.html>)
- Harrison, A. (1998), Manufacturing strategy and the concept of world-class manufacturing, *International journal of Operations & Production Management*, (18:4), 379-408.

- Heunks, F.J. (1998), Innovation, Creativity and Success, *Small Business Economics*, 10, 263-272.
- Hruschka, H., Natter, M. (1998), Comparing performance of feedforward neural nets and K-means for cluster-based market segmentation. *European journal of operational research*, (114:2), 347-353.
- Jacob, R., et Ouellet, P. (2001), Globalisation, économie du savoir et compétitivité : une synthèse des tendances et enjeux stratégiques pour la PME québécoise, *Rapport synthèse, Développement Économique Canada*, mai 2001.
- Jacob, R., Ouellet, P., Bigras, Y., Perreault, J. & Raymond, L. (2001), *Globalisation, Économie du Savoir et Compétitivité : Une Synthèse des tendances et enjeux stratégiques pour la PME Québécoise*, UQTR.
- Julien, P-A. (1996), Le contrôle de l'information « riche » par les réseaux : clé du dynamisme des PME. *Actes du 3^{ième} congrès international francophone de la PME*, Tome 2, Trois-Rivières.
- Julien, P-A. (2000), *L'entrepreneuriat au Québec : Pour une révolution tranquille entrepreneuriale 1980-2005*, Montréal, Édition transcontinental.
- Julien, P-A. et al., (2002), *Les PME bilan et perspectives* (3^e éd.), Presses inter-universitaires et economica.
- Julien, P-A, Andriambeloson, E. et Ramangalahy, C. (2002), Réseaux, signaux faibles et innovation technologique dans les PME du secteur des équipements de transport terrestre. *Actes du 6^o congrès international francophone sur la PME*, Montréal.
- Julien, P-A., Raymond, L., Jacob, R. et Abdul-Nour, G. (2003), « Conclusion » dans *L'entreprise-réseau : Dix ans d'expérience de la Chaire Bombardier Produits récréatifs*, Québec : Presses de l' Université du Québec, 475-488.
- Kohonen, T. (1997), *Self-organizing maps*, (2^e éd), New-York: Springer.
- Lamirel, J-C., Toussaint, Y., Ducloy, J., Czysz C., François, C. (2001), Réseaux neuronaux avancés pour la cartographie de la science et de la technologie : Application a l'analyse des brevets. *Actes du colloque « VSST'2001 » : Veille Stratégique Scientifique et Technologique*, Barcelone, Espagne, 215 - 229

- Leo, P.Y. ,(2000), « Les PME et les couples produits-services à l'exportation », *Revue Internationale PME*, (13:2), 45-73.
- Léonidou, L.C. & Adams-Florou, A.S., (1997), Types and sources of export information : insights from small business. *International Small Business Journal*, (17:3), 30-48.
- Levratto, N., Barthelemy, S., Filippi, J.B. (2001), Petites entreprises, diversité et mondes de production : une analyse empirique par réseaux de neurones. *Article tiré de l'étude "L'évaluation des entreprises afin de faciliter l'accès au crédit : quelle intermédiation informationnelle"*
- McKelvey. B. (1982), *Organizational systematics: Taxonomy, evolution, classification*. Berkeley: University of California Press.
- Miller, D. (1994), What happens after success: The perils of excellence. *Journal of Management Studies*, 31, 325-358
- Miller, D. (1996), Configurations Revisited. *Strategic Management Journal*, 17, 505-512
- Naïm, P., Bazsalicza, M., (2001), *Data mining pour le web-profiling- Filtrage collaboratif Personnalisation client*, Editions Eyrolles
- Nakache, D. (1998), *Data Mining sur Internet*, Conservatoire National des Arts et Métiers de Lille
- OCDE par Julien, P-A, Durilhon C., Estimé M.F. (1993), *Les petites et moyennes entreprises : technologie et compétitivité*. Paris, OCDE.
- Raymond, L., St-Pierre, J. (2004), Models and patterns of strategic development for manufacturing SMEs. *Présentation aux Rencontres de St-Gall 2004*
- Raymond, L., St-Pierre, J. (2005), The strategic development of manufacturing SMEs: patterns, antecedents, and performance outcomes, *Int. J. Entrepreneurship and small Business*, (2:4), 377-391

- Rich, P. (1992), The organizational taxonomy: Definition and design. *Academy of Management Review*. 17, 758-781.
- Roper, S., Love, J.H. (2002), Product innovation and small business growth: A comparison of the strategies of German,U.K. and Irish companies , *Research Policy*, 31, 1087-1102
- Simon, M., Elango, B., Houghton, S.M. et S. Savelli, (2002), The successful product pioneer : maintaining commitment while adapting to change, *Journal of Small Business Management*, (40:3), 187-203.
- St-Pierre, J. (2003), *Relations entre l'exportation, le développement et la situation financière des PME canadiennes*. Institut de recherche sur les PME. Trois-Rivières, Canada.
- St-Pierre, J & Mathieu, C. (2003), L'innovation de produit chez les PME manufacturières : organisation, facteur de succès et performance. *Rapport de recherche présenté au Ministère des Finances, de l'Économie et de la Recherche*.
- St-Pierre, J., Audet, J. & Mathieu, C. (2003), Les nouveaux modèles d'affaires des PME manufacturières : une étude exploratoire. *Rapport de recherche présenté à Développement Économique Canada, Trois-Rivières, Canada, Institut de recherche sur les PME*.
- Touzet, C. (1992), Les Réseaux de neurones artificiels : Introduction au connexionnisme. Cours exercices et travaux pratiques. Document recuperé sur le site www.sciences-cognitives.org/scico/annuaire/Touzet_Claude/Book/livre_touzet.pdf
- Wang, S. (2001), Cluster analysis using a validated self-organizing method: cases of problem identification. *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 10, 127-138.
- Wolff, J.A. et. Pett, T.L., (2000), Internationalization of small firms: an examination of export competitive patterns, firm size, and export performance. *Journal of Small Business Management*, 38, 2, 34-47.
- Zurada, J.M. (1992), *Introduction to Artificial Neural Systems*, West Publishing Company, St.Paul, Minnesota.