

Co-évolution et adaptabilité des réseaux : études de cas et simulation

Manuel Cartier

DMSP - DRM UMR 7088
Université de Paris Dauphine
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny
75775 Paris cedex 16
Tél. : 01 44 05 44 62
manuel.cartier@dauphine.fr
Fax : 01 44 05 44 49

Ana Colovic

DMSP - DRM UMR 7088
Université de Paris Dauphine
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny
75775 Paris cedex 16
Tél. : 01 42 01 43 82
ana.colovic@dauphine.fr
Fax : 01 44 05 44 49

Résumé

Quel rôle joue la co-évolution dans l'adaptation d'une population d'entreprises à un environnement hostile ? Pour répondre à cette question, la sociologie des réseaux est revisitée à partir du modèle biologique de Kauffman. Une méthodologie qualitative est déployée, mettant à jour les mécanismes d'exploitation et d'exploration dans neuf réseaux d'entreprises japonais. A partir de ces résultats, cet article dresse une typologie des modalités d'adaptation, distinguant les réseaux « meute », « migrateur », « troupeau » et « colonie ».

What is the role of co-evolution in a population of firms' adaptation to a hostile environment? To answer this question, the network sociology is revisited starting from the Kauffman's biological computer model. A qualitative methodology is used, updating the mechanisms of exploitation and exploration in nine Japanese corporate networks. From these results, this article draws up a typology of the adaptation forms, distinguishing "pack", "migrating", "herd" and "colony" networks.

INTRODUCTION

Au cours des quinze dernières années, la recherche sur les réseaux d'entreprises s'est considérablement développée, reflétant que « les résultats [d'une organisation] sont de plus en plus décidés par la concurrence entre réseaux plutôt que par la concurrence entre entreprises »ⁱ (Achrol et Kotler, 1999 : 146). Malgré l'abondance des travaux sur les réseaux (Grandori et Soda, 1995; Gulati, 1998), définis comme « une collection d'acteurs ($N \geq 2$) qui poursuivent des relations d'échange répétées durables l'un avec l'autre et qui, en même temps, ne possèdent pas une autorité organisationnelle pour arbitrer et résoudre les disputes qui peuvent émerger pendant l'échange »ⁱⁱ (Podolny et Page, 1998 : 58), ces derniers se cantonnent à examiner leurs aspects statiques, comme la densité, la confiance, le contrôle, les flux de travail, la cohésion ou le pouvoir (Podolny et Page, 1998). Les aspects dynamiques sont généralement négligés (Oliver et Ebers, 1998). Même la sociologie des réseaux (Burt, 1982, 1992 ; Nohria et Eccles, 1992), qui prend en compte non pas les caractéristiques des individus mais les relations entre ces individus et les régularités qu'elles présentent, produit des modèles qui sont « statiques, descriptifs, algébriques et déterministes linéaires »ⁱⁱⁱ (McKelvey, 1999 : 305). Cet article s'intéresse aux réseaux dans une perspective dynamique d'adaptation, considérant comme Human et Provan (1997), que le réseau permet d'accomplir des objectifs organisationnels spécifiques qu'aucun membre n'aurait pu accomplir individuellement. A travers une forte spécialisation et la recherche de complémentarité, le réseau peut représenter une réponse efficace à l'instabilité de l'environnement en tant que système d'intelligence distribuée (McKelvey, 2001).

La question de l'adaptation est largement traitée au niveau organisationnel, suivant les travaux fondateurs de Hannan et Freeman (1984), mais l'analyse de l'adaptation au niveau inter-organisationnel reste encore cantonnée à un processus de sélection, dans une perspective d'écologie des populations (Hannan et Freeman, 1977). Ainsi, comme le souligne Kraatz, « un des manques saillants se situe dans le champ de la contribution des réseaux interorganisationnels à l'adaptation »^{iv} (1998 : 622). Le cadre exploitation/exploration développé par March (1991) et affiné par Levinthal et March (1993) permet d'étudier ce processus d'adaptation au sein des réseaux (Koza et Lewin, 1998 ; Rothermael et Deeds, 2004). Selon March, « l'essence de l'exploitation est le raffinement et l'extension des compétences, des technologies et des paradigmes existants »^v alors que « l'essence de l'exploration est l'expérimentation de nouvelles alternatives »^{vi} (1991 : 85). La question posée

dans cet article est la suivante : comment développer et équilibrer exploitation et exploration au sein d'un réseau ? Pour éclairer cette problématique, les liens à l'intérieur et à l'extérieur du réseau sont considérés.

Cette recherche est ancrée dans la sociologie des réseaux (Burt, 1982 ; 1992 ; Nohria et Eccles, 1992) et dans l'approche fondée sur les ressources (Wernerfelt, 1984 ; Barney, 1991) mais profite des avancées des théories de la complexité pour apporter une grille d'analyse nouvelle. En effet, « la théorie de la complexité se demande explicitement quelle quantité de liens est optimale [...] ou quel niveau d'interdépendance est associé à la meilleure performance »^{vii} (Carroll et Burton, 2000 : 320). En particulier, le modèle multi-agents NKCS de Kauffman (1993), issu de la biologie, permet en effet de simuler l'évolution d'espèces et de comprendre les mécanismes d'adaptation à l'œuvre.

Pour analyser la manière dont les réseaux s'adaptent, une étude qualitative est présentée. Neufs réseaux japonais ont été étudiés à travers des entretiens menés dans plusieurs entreprises et collectivités locales. Les mécanismes générateurs d'adaptation identifiés dans les cas sont ensuite regroupés et présentés à la lumière des résultats du modèle NKCS de Kauffman. La comparaison des résultats de ce modèle « dynamique, stochastique, récursif et non-linéaire »^{viii} (McKelvey, 1999: 305) aux résultats des études de cas menées au Japon permet d'améliorer la compréhension des processus d'adaptation de réseaux d'entreprises.

Cet article est organisé de la manière suivante. Une discussion de la co-évolution au sein d'un réseau permet de distinguer ses deux dimensions constitutives, interne et externe (section 1). Le dispositif méthodologique qualitatif est ensuite présenté et conduit à une classification des réseaux étudiés (section 2). Enfin, les résultats des études de cas sont présentés de manière analytique à partir du modèle de Kauffman (section 3).

1. LA CO-EVOLUTION DANS LES RESEAUX D'ENTREPRISES

La co-évolution, dans son sens le plus large, désigne l'adaptation évolutive qui se produit chez plusieurs éléments (gènes ou espèces) à la suite de leurs influences réciproques. La co-évolution au sein d'une population provient donc de la conjonction d'un nombre important d'éléments différents et de liens les unissant. Comme l'ont démontré Callon et *al.* à travers l'étude de réseaux, « la diversité peut être une richesse et un besoin et pas nécessairement la

preuve d'un manque de stratégie »^{ix} (1992 : 235). Les liens (ou interdépendances) signifient que les actions d'une entité ont des conséquences sur les entités liées et sur le système lui-même. Le comportement complexe d'un système, à la frontière du chaos, entre ordre et désordre, naît de l'interconnexion d'éléments nombreux au sein du système (co-évolution interne) et entre le système et son environnement (co-évolution externe) (McKelvey, 2001).

1.1. LA CO-EVOLUTION INTERNE ET EXTERNE

La co-évolution interne à un réseau dépend de la taille du réseau et de l'intensité des liens entre les entreprises membres de ce dernier.

- La taille d'un réseau fait référence au nombre et à la variété^x des entreprises et des ressources impliquées pour développer un système spécifique de production permettant de satisfaire un client. Comme l'avance l'approche fondée sur les ressources, les entreprises peuvent être considérées comme des portefeuilles de ressources (Wernerfelt, 1984 ; Barney, 1991). Par extension, à un niveau inter-organisationnel, il appartient donc au réseau d'utiliser et de développer des portefeuilles de ressources porteuses de valeur, rares, non imitables et non substituables (Barney, 1991).

- L'intensité des liens internes fait référence aux interdépendances entre les membres du réseau et aux différents types de liens dans lesquels les entreprises sont encastrées. Les résultats issus de la littérature apparaissent sur ce point contradictoires. Selon la perspective de Granovetter (1973), les liens faibles permettent la flexibilité d'un système, à travers l'exploitation de trous structurels (Burt, 1992). Dans une seconde perspective, celle de l'encastrement, la force des liens permet au contraire d'accroître la densité des échanges d'information (Granovetter, 1985). Cette ambivalence des liens est partiellement explorée par Uzzi (1997) qui montre à travers l'étude de 23 entreprises de l'industrie de l'habillement que les organisations disposant, dans un réseau organisationnel, à la fois de liens forts et de liens faibles, sont plus flexibles et à même de répondre à des changements de l'environnement.

La co-évolution externe à un réseau fait référence au nombre de clients, ou plus exactement de systèmes de réponses-clients, d'un réseau et à l'intensité des liens entre ces derniers.

- Un réseau dépend non seulement de ses ressources internes, mais encore de ses ressources externes (Pfeffer et Salancik, 1978), principalement de ses clients. En effet, le réseau déploie des combinaisons de ressources pour répondre aux ordres de ceux-ci. Sa performance est liée au rapport de force qu'il entretient avec ses clients (en contrôlant leur concentration et en

maîtrisant les ressources qu'il échange). Un nombre faible de clients minimise les coûts de transaction mais réduit la capacité du réseau à percevoir les éventuels changements dans l'environnement et à s'y adapter (Zajac et *al.*, 2000).

- L'intensité des liens externes se réfère à l'interdépendance entre les clients. Comme il existe des interactions entre les membres d'un réseau, il existe des interactions entre ses clients. Si les clients sont concurrents ou partenaires, la co-évolution externe est élevée. En revanche, si les clients sont très différents les uns des autres, notamment en termes de domaines ou d'industries auxquelles ils appartiennent, la densité co-évolutive externe est faible.

La capacité d'adaptation d'un réseau est donc influencée par les deux dimensions de la co-évolution. Le modèle NKCS, présenté par la suite, nous aide à comprendre sa dynamique.

1.2. UNE APPROCHE COMPLEXE DE LA CO-EVOLUTION : LE MODELE NKCS

Dans un système qui co-évolue, il n'existe pas de lien unique entre les acteurs (McKelvey, 1997) car toute modification d'un élément va avoir un impact sur le système. Selon les théories de la complexité, les interactions internes jouent un rôle important sur la structure, sur le changement et sur la performance du système. L'arbitrage entre ordre et désordre repose sur l'argument suivant : l'adaptabilité d'un système dépend des connexions entre les éléments de ce dernier. Sans connexion, le système est simplement désorganisé, mais si les éléments sont trop connectés, le système s'immobilise et l'adaptabilité diminue également. Ces tensions sont appelées « catastrophe de complexité »^{xi} (McKelvey, 1999) et sont liées à la notion de couplage (Weick, 1976). La forme adéquate et le bon niveau d'interdépendances doivent être trouvés pour placer le système dans un état de performance et d'adaptabilité.

Pour formaliser ces éléments, un modèle de simulation est utilisé. Le modèle NKCS (Kauffman, 1993), d'origine biologique, offre en effet une perspective nouvelle de la co-évolution au sein des réseaux.

« N », taille des espèces, fait référence au nombre d'entreprises et de ressources constituant un réseau. « K », interactions épistatiques au sein des espèces, fait référence à l'intensité des liens entre les entreprises du réseau. « S », nombre d'espèces, fait référence au nombre de réponses-clients du réseau. Chaque réseau doit répondre aux demandes de ses clients et développer pour chacun d'entre eux des systèmes de ressources et de production spécifiques.

« C », interactions entre les espèces, fait référence à l'intensité des liens entre les clients (réponses-clients) du réseau.

Chaque réponse-clients doit s'adapter à son environnement, sans décision centralisée, mais par l'accumulation de décisions locales. Chaque entreprise change donc de façon indépendante, contribuant à l'émergence d'un équilibre collectif au sein du réseau. Le fonctionnement du modèle NKSC est décrit en annexe 1. En appliquant ce modèle à l'étude de réseaux d'entreprises, cette recherche considère que réseaux d'entreprises et espèces animales sont des populations aux comportements et aux objectifs proches. L'entité collective n'est soumise à aucune autorité stricte mais repose sur la coordination de ses agents et leurs interactions à travers des règles simples, pour être en mesure de répondre à des problèmes complexes. Un réseau doit chercher des financements externes, développer ses infrastructures et innover. Une communauté animale doit rechercher de la nourriture, construire un refuge et assurer sa reproduction.

La co-évolution interne à chaque espèce dépend de sa taille (N) et de la force des liens entre ses membres (K). Cette co-évolution interne s'observe dans le monde animal. Si les animaux vivant en troupes, les membres d'une volée d'oiseaux ou d'un banc de poissons sont peu différenciés (aucun rôle spécifique n'est attribué à leur membre), chez certaines espèces, les interactions sont poussées et une organisation spécifique émerge. Dans une meute de **loups** par exemple, une hiérarchie stricte est respectée (de l'alpha, chef de meute, à l'oméga, bouc émissaire), dans une fourmilière, une termitière ou un essaim d'abeilles, le travail est divisé et chaque membre a un rôle particulier (ouvrier, soldat, sexué reproducteur, sexué primaire, couvain...). Un parallèle peut être fait avec les réseaux hiérarchiques japonais de sous-traitance. Le modèle NK a été appliqué aux sciences des organisations^{xii} (Levinthal, 1997 ; Rivkin, 2000, 2001). Levinthal (1997) démontre qu'un niveau élevé de co-évolution interne peut conduire une organisation à adopter des formes organisationnelles très différentes, fonction de sa situation initiale et de la trajectoire d'évolution empruntée (Levinthal, 1997 : 940-944) et la pousser à entreprendre des réorientations stratégiques, c'est à dire à changer radicalement ses ressources (Levinthal, 1997 : 944-946). Rivkin (2000) démontre qu'un niveau élevé de co-évolution interne protège une organisation de l'imitation de ses concurrents. Il explique que « dans une stratégie aux parties nombreuses et solidement soudées, les faibles probabilités que chaque élément soit incorrectement répliqué se cumulent pour créer une forte chance que les imitateurs réussissent mal »^{xiii} (2000 : 839). Mais Rivkin

(2001) démontre également qu'un niveau élevé de co-évolution interne endigue les possibilités de réplique interne du système de ressources d'une organisation (dans une de ses filiales par exemple). Ainsi, au niveau de l'organisation, la co-évolution interne est ambivalente. Elle apparaît tantôt comme un vecteur d'avantage concurrentiel et de protection de l'imitation, tantôt comme frein à l'adaptation et à la réplique de routines organisationnelles efficaces. Un niveau modéré de co-évolution interne permet de s'adapter à la « frontière du chaos »^{xiv}, entre deux attracteurs constituant des régimes d'ordre et de désordre.

La co-évolution externe dépend du nombre d'espèces (S) et de la force des liens entre ces espèces (C). La co-évolution externe d'une espèce dépend de la variété de ses proies et des interactions qu'elles entretiennent. Chez certaines espèces, la co-évolution externe est faible. La ressource d'un troupeau est par exemple spécifique et statique : les gnous se nourrissent uniquement de l'andropogon (herbe poussant à la base des feuilles), les zèbres mangent les tiges les plus durs des hautes herbes. A l'inverse, certaines espèces diversifient leurs sources d'alimentation et sont donc caractérisées par une co-évolution externe forte : arbres et fleurs pour les abeilles ou pucerons élevés comme du bétail chez les fourmis.

Si la robustesse du modèle de Kauffman (stabilité des résultats du modèle vis-à-vis de ses différents paramètres) a déjà été testée (Rivkin, 2001), sa comparaison à des cas réels reste une voie de recherche à explorer. Cette métaphore biologique des réseaux peut créer la perspicacité (Morgan, 1999). La comparaison d'espèces animales et de réseaux d'entreprises peut permettre de mettre en lumière des mécanismes d'adaptation similaires et d'en établir une typologie. La section 2 présente les cas étudiés et aboutit à leur classification, dans une logique de réplique littérale et théorique (Eisenhardt, 1989).

2. ETUDES DE CAS

Pour comprendre comment la diversité et l'interdépendance affectent la dynamique des réseaux et quelle combinaison de ces variables aboutit à l'adaptabilité optimale, nous avons étudié neuf réseaux au Japon. Ces réseaux sont situés au sein des districts industriels où des poches co-évolutives (McKelvey, 1999) peuvent être observées : des entreprises proches géographiquement coopèrent de manière intense, en cherchant un avantage concurrentiel tout en partageant un destin commun. Le choix de ce terrain d'étude a été doublement motivé.

Premièrement, au sein des districts industriels, on trouve une multitude de réseaux, en particulier de petites entreprises, qui co-évoluent. Les petites et moyennes entreprises (PME) combinent leurs ressources et leurs compétences pour répondre aux besoins de leurs clients. Le fonctionnement par réseaux au sein des concentrations industrielles est en effet l'une des caractéristiques les plus marquantes de l'industrie japonaise. Deuxièmement, ces zones sont particulièrement pertinentes pour l'étude de processus d'adaptation car elles sont confrontées à un changement environnemental majeur : la délocalisation industrielle. Bien que la délocalisation industrielle touche aujourd'hui tous les pays industrialisés, le Japon est probablement le pays le plus affecté par ce processus. Depuis le milieu des années 1990, le déplacement des systèmes de production vers les pays d'Asie du Sud-est s'est considérablement accentué et il a progressé de façon exponentielle au cours des cinq dernières années avec l'explosion des délocalisations vers la Chine. L'habileté des réseaux à répondre à un environnement changeant peut, par conséquent, être évaluée dans ce cadre. L'existence de différents niveaux de diversité et d'interdépendance au sein des réseaux suggère qu'une variété considérable de réponses au changement (autrement dit d'adaptabilité) peut aussi exister, même si les réseaux opèrent au sein de la même niche ou dans le même cadre environnemental. Chacune des variables présentées précédemment (la taille du réseau, l'intensité des liens internes, le nombre de clients et l'intensité des liens externes) devrait avoir un impact sur les modes de survie et d'adaptation des réseaux.

2.1. METHODOLOGIE DE COLLECTE DES DONNEES

Les réseaux japonais ont été étudiés à travers des études de cas. Nous avons adopté une méthode qualitative, basée essentiellement sur des entretiens semi-directifs auprès des entrepreneurs. Trois critères ont guidé les choix d'échantillonnage. Tout d'abord, et par souci de validité externe (même si elle est limitée au cas japonais), nous avons souhaité étudier les réseaux manufacturiers se situant dans les différents types de districts industriels^{xv}. En effet, les districts ont d'abord été considérés comme un phénomène homogène (Becattini, 1987) mais des recherches ultérieures ont montré qu'ils présentent des divergences (Paniccia, 1998) et qu'il existe différentes formes de districts industriels. Il était donc important d'inclure dans notre échantillon les réseaux présents dans tous les types de districts industriels japonais. Ensuite, nous avons veillé à ce que des points de comparaison existent en termes de contexte des réseaux. Enfin, nous avons souhaité couvrir au maximum la diversité industrielle. Ainsi, les neuf réseaux d'entreprises manufacturières étudiés appartiennent à des industries variées

comme la métallurgie, la mécanique, l'automobile, l'électronique, le textile, les fibres optiques ou l'ingénierie de précision.

Les réseaux sont des structures dynamiques, mouvantes, et il est difficile d'en définir les frontières (Angot et Josserand, 2003), puisqu'ils sont souvent contrôlés par plusieurs acteurs et qu'ils sont en changement constant (Forgsgren et Johansons, 1992). De plus, notre recherche porte sur les réseaux de PME qui sont souvent d'ordre informel et dont les frontières sont difficiles à délimiter. Toutefois, notre objectif n'est pas de déterminer les contours et les structures exacts des réseaux, comme le font les recherches sociologiques spécialisées dans ce domaine^{xvi}. Nous souhaitons plutôt comprendre leurs dynamiques et notamment comment ils s'adaptent à des changements dans leurs environnements. Nous utilisons deux critères pour délimiter les réseaux que nous étudions. Le premier critère est géographique. Ce critère peut être contestable, car il est possible que des acteurs en dehors de la zone géographique appartiennent au réseau. Toutefois, cette critique est à nuancer car les réseaux manufacturiers au Japon (et surtout les réseaux de PME) sont essentiellement des réseaux géographiques (Whittaker, 1997). La deuxième indication qui nous aide à délimiter les réseaux est fournie par les acteurs de ces derniers.

Des entretiens semi-directifs ont été menés avec des entrepreneurs, des managers expérimentés et des fonctionnaires locaux. Deux vagues d'entretiens ont été réalisées. Au cours de la première, la plus importante, 42 entretiens ont été menés durant six mois en 2002 et 2003. Lors de la deuxième vague, en 2004, 15 entretiens additionnels ont été réalisés. Nous avons souhaité interroger des entreprises « typiques », de la taille la plus représentée dans le réseau. Dans les réseaux hiérarchiques, seuls les sous-traitants ont été interviewés et non les donneurs d'ordre que nous considérons comme clients de ces réseaux. Les répondants ont été interrogés sur leurs entreprises (activités, fonctionnement), sur le réseau dont leur entreprise fait partie (la structure du réseau, les ressources, l'organisation, l'existence ou non d'entreprises centrales, leaders ou coordinateurs, les clients). Pour saisir la dynamique des réseaux nous avons procédé par rétrospection. Nous avons demandé aux acteurs de nous expliquer le fonctionnement de leurs réseaux en insistant sur les périodes « avant » et « après » la délocalisation. Nous avons cherché à savoir si des changements se sont produits et quels ont été ces changements. Les entrepreneurs ont fourni des récits détaillés, période par période^{xvii}. De plus, les fonctionnaires locaux des « bureaux de soutien à l'industrie » nous ont proposé des récits historiques sur les entreprises industrielles, sur la dynamique de

collaboration et de concurrence et sur les développements au cours des quinze dernières années. Des techniques complémentaires comme l'observation au sein des entreprises et l'observation au sein des districts ont été utilisées. D'autres sources de preuves non systématiques ont également été utilisées : conversations informelles et analyse de documents internes fournis par les PME et les fonctionnaires locaux. Ces différentes sources de données ont permis de trianguler les informations, d'enrichir, de mettre en question et de vérifier les données (Denzin et Lincoln, 1994).

2.2. ANALYSE DES DONNEES

Les entretiens ont été enregistrés, transcrits et traduits en français. Afin de synthétiser les informations extraites des données, nous avons d'abord entrepris un codage thématique. La liste des codes a été développée *ex ante* et ensuite légèrement modifiée pendant le processus de codage. Plusieurs blocs de codes y figurent : les caractéristiques du district industriel (type d'entreprises présentes, localisation, savoir-faire), les liens inter-entreprises (division du travail, coordination, existence d'un leader, recherche et développement), les clients (types d'industries, relations avec les clients), les changements au sein du réseau (délocalisation industrielle, relations avec les clients). Un double codage a été effectué, avec un taux de fiabilité inter-codeur de 91%. Les données retenues ont été classées dans les matrices par thème et par répondant. Chacune des études de cas correspond à un réseau. Leur nom fait référence au district industriel ou à la région dans laquelle les réseaux sont situés.

Le processus d'analyse des données a été organisé en deux étapes. Dans un premier temps, nous avons analysé chaque cas séparément (« analyse intra-cas ») afin de comprendre son fonctionnement et de dégager des résultats basés sur les données. Dans cette étape, nous avons suivi la démarche de Miles et Huberman (1991) et nous avons réalisé des matrices à groupements conceptuels, un outil de présentation et d'analyse des données dans lequel les données sont regroupées selon les concepts auxquels elles se réfèrent. Dans un second temps, une comparaison des cas a été menée.

Une synthèse des analyses de cas est présentée dans le tableau 1.

	Taille du réseau	Intensité des liens entre les entreprises	Nombre de clients	Intensité des liens entre les clients
Ota-ku	6038 PME hautement spécialisées	Coopération dans la transformation et la production (coordinateurs de compétences et réseaux de confrères)	Plusieurs centaines	Industries mécaniques et métallurgiques
Higashi Osaka	8000 PME complémentaires	Liens personnels importants, entraide, les entreprises centrales coordonnent les activités de coopération	Plusieurs centaines	Industries mécaniques, métallurgiques et électroniques
Suwa	2000 PME	Structure pyramidale verticale	Un seul client, Seiko-Epson	Pas de lien
Nagano	Quelques centaines de PME indifférenciées	Transfert occasionnel d'ordres	Une centaine	Industries mécaniques, métallurgiques et ingénierie de précision
Hamamatsu	Plusieurs milliers de PME indifférenciées	Couches (niveaux) de sous traitants sans liens horizontaux	Un seul donneur d'ordre	Activités indépendantes
Shizuoka	Quelques dizaines de PME	Les entreprises possèdent des compétences différentes, qui déterminent, aux cotés des liens sociaux, leur appartenance au réseau.	Nombreux, les plus importants étant Yamaha et Photonics	Industries de motocycles, semi-conducteurs, électroniques
Musashi Murayama	Quelques grandes entreprises et quelques dizaines de PME	Pyramide avec des grandes entreprises et des sous-traitants qui ont peu de liens horizontaux	Un seul client, Nissan	Industrie automobile
Hitachi	700 PME faiblement spécialisées	Peu de liens entre les PME	Un seul client, Hitachi	Télécommunication, électronique, équipement industriel
Kiryu	400 PME hautement spécialisées	Un producteur assume le risque lié à la production et coordonne les compétences des PME.	Quelques grossistes textiles	Pas de contacts directs, demandes intermédiées et indépendantes

Tableau 1 – Analyse intra-cas des neuf réseaux d'entreprises

Nous allons à présent exposer l'analyse inter-cas, par rapport aux quatre variables déterminant la co-évolution au niveau d'un réseau.

La taille du réseau a été saisie à travers le nombre d'entreprises et de ressources différentes constituant chaque réseau. Le nombre d'entreprises nous a été communiqué par les entrepreneurs et les fonctionnaires locaux. Les ressources et les compétences ont été évaluées de manière qualitative, à travers l'analyse du discours des répondants. Une double évaluation a été réalisée pour réduire les biais possibles. Bien qu'il soit légitime de considérer que le nombre de ressources/compétences augmente avec le nombre d'entreprises, ces deux éléments peuvent parfois diverger. Par exemple, le réseau de Hitachi est composé de presque deux fois plus d'entreprises que celui de Kiryu (700 par rapport à 400), alors que les

ressources au sein du réseau de Kiryu sont beaucoup plus nombreuses. Le discours des entrepreneurs illustre ces différences.

« Les usines de ville^{xviii} ailleurs sont plus avancées en termes de technologie, [...]ici tout le monde a les mêmes machines et peut produire les mêmes choses » (cas Hitachi).
« A Kiryu, il y a tout. Parmi les entreprises qui font du textile, il y a celles qui s'occupent de la coloration du tissu, celles qui produisent le fil et les autres, ce sont des entreprises différentes » (cas Kiryu).

L'intensité des liens entre les membres du réseau a été déterminée à partir de l'analyse des entretiens et des thèmes liés à la division du travail, à des opérations concertées de R&D, à la coordination du processus de production et à l'existence de rôles différenciés au sein du réseau. Ainsi, dans les réseaux d'Ota-ku (où les entreprises sont localisées en fonction de leurs compétences, car la réception d'un ordre par un membre du réseau entraîne l'implication de ses voisins pour effectuer certains traitements sur les pièces), de Kiryu (où chaque membre du réseau participe à une seule opération du processus de production textile), d'Higashi Osaka (où des groupements informels d'entreprises se forment autour de compétences complémentaires) ou de Shizuoka (où les liens sociaux sont prédominants), l'intensité des liens est forte. Par contre, dans les cinq autres réseaux, les interactions sont limitées, comme dans le réseau de Nagano où la défiance se substitue à la collaboration : les entreprises peuvent répondre aux ordres de leurs clients de manière relativement indépendante.

« Les ordres arrivent au réseau de confrères. Tout d'abord il y a des entreprises qui reçoivent les ordres et elles les diffusent à travers le réseau. Les petites entreprises ne peuvent pas agir seules pour répondre aux ordres. Les entreprises sont spécialisées et l'entreprise qui prend un ordre organise la répartition du travail » (cas Ota-ku).
« Nous pouvons tout faire, mais quand nous sommes très occupés, nous demandons aux autres de faire une partie de travail » (cas Hitachi).
« Pendant des années, les entreprises ne montraient pas leurs compétences aux autres. Pourquoi ? Car c'était des choses facilement imitables [...] ici à Nagano, les gens n'étaient pas très sincères dans les affaires, donc il y a eu des problèmes » (cas Nagano).

Le nombre de clients de chacun des réseaux a été évalué grâce aux indications données par les entrepreneurs. Les réseaux d'Ota-ku, d'Higashi Osaka et de Nagano comportent plus de 100 clients, notamment pour la fabrication de pièces de métal. Dans les cinq autres réseaux, comme Hitachi (qui porte le nom de la ville de la multinationale), Suwa (contrôlé par Seiko-Epson) ou Musashi Murayama (au sommet duquel se trouve Nissan), le nombre de clients est faible (entre 1 et 5). Notons aussi que le nombre de clients n'est pas directement proportionnel à la taille du réseau, mais dépend plutôt des activités de celui-ci. Les réseaux de sous-traitance de type « keiretsu » ont typiquement peu de clients, alors que les réseaux qui s'engagent dans des activités autres que la sous-traitance voient le nombre de leurs clients augmenter.

« Nous, on travaille avec toutes sortes de clients, des grandes entreprises aux personnes privées. [...] Elles sont probablement plusieurs centaines. » (cas Ota-ku).

« Nos clients ? Toyota, Matsushita, Seiko-Epson, Canon, Aiwa... ils sont 150 » (cas Nagano).
« Ici c'est une ville-entreprise, la ville de Hitachi, et tout le monde travaille pour eux. » (cas Hitachi).

L'intensité des liens entre les clients a été appréhendée à partir des domaines d'activité des clients et de l'information obtenue des entrepreneurs et des fonctionnaires locaux. Si les clients appartiennent à des industries très différentes, l'intensité des liens externes est faible (comme dans un réseau vendant des tissus traditionnels japonais utilisés pour faire des *kimonos* et des pièces automobiles). Par contre, si les clients sont partenaires, ou concurrents ou présents dans des industries liées, l'intensité de leurs liens est forte (dans le réseau de Nagano, figurent des concurrents directs, comme Matsushita et Aiwa, ou Canon et Seiko-Epson).

Les dynamiques d'adaptation des différentes configurations observées seront analysées dans la section suivante à travers le modèle NKCS de Kauffman (1993).

3. DYNAMIQUES DE CO-EVOLUTION ET ADAPTATION DE RESEAUX

La classification des réseaux permet de distinguer quatre configurations différentes (Figure 1).

		Co-évolution externe	
		<i>forte</i>	<i>faible</i>
Co-évolution interne	<i>forte</i>	Higashi Osaka Shizuoka Ota-ku	Kiryu
	<i>faible</i>	Nagano	Musashi Murayama Suwa Hitachi Hamamatsu

Figure 1 - Configurations observées de réseaux d'entreprises

Dans ces réseaux, la délocalisation industrielle et les changements technologiques poussent les réseaux à l'adaptation. Certains réseaux se développent sur de nouveaux marchés, au Japon et à l'étranger, d'autres investissent dans la recherche et pour devenir des fabricants OEM (*Original Equipment Manufacturers*) et commercialiser leurs propres produits. Les

invariants à chaque groupe de réseaux, en terme de dynamique d'adaptation, vont être présentés dans les sous-sections suivantes.

3.1. DE LA CO-EVOLUTION INTERNE A L'EXPLOITATION : LE « RESEAU MEUTE »

Le premier type de réseau peut être qualifié de « réseau meute ». Il est caractérisé par une forte co-évolution interne (figure 1), qui lui permet d'exploiter ses ressources.

Dans le réseau de Kiryu, la division de travail est prononcée : collectivement, le réseau possède toutes les compétences permettant de répondre à un ordre dans le domaine du textile. Parmi les PME manufacturières, certaines sont relativement grandes (entre 20 et 30 employés), ce sont les producteurs (*makers*), véritables coordinateurs, « chefs de meutes » qui travaillent avec des entreprises spécialisées dans des tâches particulières. Le fil est produit par une entreprise, transmis via le maker au tisseur, puis à la coloration. Cette organisation permet de répondre rapidement à une demande des clients. Mais la faiblesse relative du nombre de clients, les grossistes (*tonya*), restreint le changement de ces entreprises hautement liées entre elles. A Kiryu, les entreprises grossistes sont les principaux clients (voire les seuls) du réseau. Les *makers* ne sont pas conscients de l'évolution des besoins des consommateurs et des distributeurs, ils se contentent de répondre au jour le jour à la demande des grossistes. Ayant des liens forts entre elles, les entreprises du réseau de Kiryu sont « bloquées » dans des structures relativement stables qui les empêchent de partir à la recherche de nouveaux partenariats. La fabrication des tissus en Chine a entraîné une perte importante de travail (fermeture de certaines usines et diminution du volume de production d'autres). Au lieu de changer de domaine d'activité, les *makers* se sont repliés sur des marchés plus restreints, liés notamment à la mode, mais ne possèdent que peu de connexions avec le marché pour être efficaces à long terme.

« La Chine, la Corée, Taiwan, la production se déplace de plus en plus là-bas. C'est parce que la main-d'oeuvre n'est pas chère. Ici on fait ce qu'ils ne peuvent pas faire. [...] Ce qu'on produit part chez les entreprises commerciales comme les shosha ou bien les grossistes comme les tonya et eux, ils travaillent avec les fabricants de vêtements [...] on veut aller chez les fabricants de vêtements et avoir des informations brutes, mais c'est difficile » (cas Kiryu).

L'ambivalence de la co-évolution interne est liée à l'arbitrage nécessaire entre la rapidité du changement et la performance à long terme. Dans un réseau, des liens forts accélèrent l'adaptation mais réduisent la performance à long terme. Dans le modèle de Kauffman, la co-évolution interne, liée à la croissance de N et de K, a deux effets. Elle entraîne tout d'abord

une augmentation du nombre des optima locaux (configurations d'équilibre pour lesquelles aucun des membres de l'espèce ne peut accroître indépendamment sa performance). Un nombre plus limité de mouvements sur le terrain d'adaptation est donc nécessaire pour atteindre un de ces optima locaux. Selon Kauffman, « à mesure que K augmente, la proportion d'agents atteignant des équilibres de Nash augmente »^{xix} (1993 : 143). Mais la co-évolution interne entraîne également une baisse de la performance moyenne des optima locaux. Ainsi, le système progresse rapidement mais risque ensuite un blocage dans une configuration éloignée de l'optimum global. Comme le souligne le modèle de Kauffman et comme le montrent les cas des réseaux japonais, la co-évolution interne d'un réseau agit favorablement sur sa dynamique à court terme. Les liens forts entre les membres permettent une réponse rapide à une demande instantanée de l'environnement, mais ne peuvent pas assurer la pérennité du réseau à long terme. Ceci rejoint les résultats de Maillat (1996), qui démontre que les systèmes de production locaux ont un territoire produit limité, profitent de savoirs historiquement constitués et innovent de manière incrémentale.

Les « réseaux meutes » exploitent ainsi au mieux leurs ressources actuelles (comme chez les loups, où le groupe permet d'attaquer des animaux plus gros et de se repartir ensuite les prises). Ils sont proches des « réseaux convergents » au sein desquels « chaque acteur peut mobiliser toutes les compétences du réseau sans être impliqué dans des adaptations coûteuses »^{xx} (Callon et al. 1992 : 223). Mais la forte co-évolution interne du réseau enchâsse ce dernier dans des processus de production rigides (les loups n'adaptent pas leur technique de chasse à leur proie, fondée sur l'approche et la poursuite rapide) et réduit sa capacité à s'adapter rapidement à un environnement changeant.

3.2. DE LA CO-EVOLUTION EXTERNE A L'EXPLORATION : LE « RESEAU MIGRATEUR »

Le deuxième type de réseau peut être qualifié de « réseau migrateur ». Il est caractérisé par une forte co-évolution externe (figure 1), qui lui permet d'explorer de nouvelles ressources.

Le réseau de Nagano n'arrive pas toujours à répondre à ses clients de différentes industries de façon efficace car l'utilisation des ressources collectives du réseau n'est pas optimale. En effet, les membres du réseau, bien que situés dans la même préfecture, sont faiblement liés. Mais la multiplication des clients et des liens entre les différents systèmes de production mis en place au sein du réseau pour répondre aux multiples ordres oblige le réseau de Nagano à se

réinventer en permanence. Chaque changement des ordres d'un client pousse les membres du réseau à adapter l'ensemble de leurs ressources. Par le passé, les ordres venaient régulièrement des grandes entreprises mais avec la délocalisation des industries de montres et d'appareils photographiques, les PME ont été obligées de modifier leurs domaines de travail et de se réorienter vers des domaines nouveaux. Après la production des pièces pour les montres, pour les imprimantes et pour les cartouches d'imprimantes, la réorientation vers les nanotechnologies semblait assez naturelle. Les compétences comme la mécanique de précision constituent aujourd'hui une bonne base et certaines entreprises ont déjà eu des résultats et ont commencé à commercialiser leurs premiers produits. Il existe également dans le réseau de Nagano des entreprises qui font de la recherche dans d'autres domaines, comme la production de fibres et de connecteurs optiques, ou le design et la production des instruments médicaux. Certaines entreprises, comme Hiraide Precision ont mis en place des partenariats avec les universités ou les centres de recherche, pour guider l'ensemble du réseau dans ces nouvelles activités.

« Ils [Seiko] ont vendu le Movement [marque] à Hong Kong et on a donc commencé à livrer à Hong Kong. Les derniers ordres de là-bas sont venus en 1991. Mais avant cela Seiko a commencé à faire d'autres choses, comme les imprimantes d'Epson. Donc nous avons essayé de suivre ces développements. On a commencé à faire d'autres pièces métalliques, comme par exemple ces connecteurs [...] on nous a ensuite demandé de faire des nouvelles pièces pour mini imprimantes, mini moteurs, des disquettes [...] en fait, les clients nous ont demandé si on pouvait le faire, on a investi dans la R&D et on l'a fait » (cas Nagano).

Dans le modèle NKCS, la co-évolution externe ralentit l'adaptation. En effet, chacun des changements réalisés par une des S espèces est remis en cause par les C espèces voisines. Le nombre d'itérations nécessaires pour atteindre un optimum local est donc en moyenne plus grand. Kauffman appelle cette oscillation autour des optima locaux la « danse couplée »^{xxi} (1993 : 243). Les mouvements adaptatifs de chacune des S espèces changent la performance des C espèces voisines, provoquant des situations de déséquilibre mais également des nouvelles possibilités de progression sur le terrain d'adaptation.

Les « réseaux migrateurs » ont la capacité de renouveler leurs ressources dans une perspective de long terme. Comme une volée d'hirondelles, que les changements saisonniers des ressources alimentaires poussent à un voyage proche de 10000 km, les « réseaux migrateurs » peuvent définir de grandes orientations (par exemple à travers des opérations de R&D) ou utiliser des guides (entreprises pilotes) canalisant les efforts de ses membres.

3.3. DE LA FAIBLE CO-EVOLUTION A L'ATTRITION : LE « RESEAU TROUPEAU »

Le troisième type de réseau peut être qualifié de « réseau troupeau ». Il est caractérisé par des co-évolutions interne et externe faibles (figure 1), qui rendent sa transformation difficile autrement que par disparition et remplacement de ses membres.

Les réseaux de Musashi Murayama, Suwa, Hitachi ou Hamamatsu sont des exemples de « réseau troupeau ». Ce sont des réseaux typiques de sous-traitance, où les entreprises sont liées parce qu'elles travaillent pour le même client et appartiennent au même *keiretsu*. Ces réseaux sont performants quand l'environnement est stable. En effet, les adaptations incrémentales ne sont pas possibles en raison d'un manque des liens internes, puisque l'utilisation des ressources collectives est insuffisante. Dans le cas des changements majeurs, où une perte de clients survient, chaque entreprise entreprend des actions individuelles pour s'adapter ce qui conduit à une situation chaotique et à une dissolution progressive des réseaux. Ce phénomène est en partie dû à la faible diversité des clients. Ainsi, par exemple, suite à la fermeture de l'usine de Nissan à Musashi Murayama, le réseau a progressivement disparu. La situation est similaire dans le réseau d'Hitachi où l'on peut également constater que de nombreuses petites entreprises disparaissent.

« Quand Ghosn est venu il a dit qu'il voulait dissoudre le keiretsu. C'est vrai que cela s'est accéléré **à partir de ce moment-là** [...] Beaucoup d'entreprises ont fermé » (cas Musashi Murayama).
« De 1000 [entreprises] on est arrivé à 700 [...] Hitachi a transféré l'usine en Asie du Sud-est, en Malaisie. [...] On est passé de « seulement Hitachi » à zéro Hitachi. Je ne pouvais pas penser au futur. Je ne savais pas, je ne comprenais pas ce qu'ils pensaient, chez Hitachi » (cas Hitachi).

Dans le modèle NKCS, la performance des optima locaux est plus grande pour des valeurs modérées de K et de C que pour des valeurs nulles. Pour Kauffman, « les interactions épistatiques semblent tirer le terrain vers le haut en élevant les étendues montagneuses »^{xxii} (1993 : 56).

Dans les « réseaux troupeaux », le nombre d'entreprises permet uniquement de profiter de divers effets d'agglomération, comme le partage d'infrastructures (chez les zèbres, la taille de l'espèce ne lui permet pas de trouver plus d'herbe ou d'adapter l'alimentation de ses membres à la saison sèche, elle permet seulement de réduire la proportion de pertes liées aux attaques de prédateurs).

3.4. L'EQUILIBRE ENTRE CO-EVOLUTION INTERNE ET EXTERNE : LE « RESEAU COLONIE »

Le quatrième type de réseau peut être qualifié de « réseau colonie ». Il est caractérisé par des co-évolutions interne et externe fortes (figure 1), qui lui permettent de combiner exploitation de ressources existantes et exploration de nouvelles ressources.

Les réseaux d'Ota-ku, d'Higashi Osaka et de Shizuoka sont des exemples de « réseaux colonies ». Au sein du réseau d'Ota-ku, les entreprises se spécialisent dans une ou quelques tâches de traitement de pièces dans les domaines de la métallurgie, de la mécanique et du plastique. Elles combinent les compétences pour répondre aux besoins interdépendants de nombreux clients. Les entreprises sont liées non seulement par des liens d'affaires mais aussi par des liens sociaux. En raison de la proximité géographique des entreprises et de la densité de leurs liens, elles peuvent réorganiser rapidement la production et répondre à un ordre particulier. Elles sont également capables de s'engager dans l'exploration de nouveaux domaines, seules ou en partenariats avec les centres de recherche. Le réseau a par exemple travaillé sur le développement de câbles utilisés dans le trafic ferroviaire (notamment pour le train à grande vitesse, le *shinkansen*), sur le cœur artificiel ou sur des pièces pour l'industrie nucléaire. Le réseau de Higashi Osaka, riche en compétences et liens internes, a une multitude de clients, appartenant essentiellement aux industries métallurgiques, mécaniques et électroniques. Parallèlement à la production des pièces dans ces domaines, le réseau est engagé dans la recherche et le développement. Des nouveaux domaines sont explorés, comme les nano-technologies et les biotechnologies. Dans le réseau de Shizuoka, les groupes d'entrepreneurs sont formés et chaque membre investit dans des projets communs, au service de Yamaha et nombreux autres clients. Dans certains cas, un des entrepreneurs agit comme coordinateur. L'entreprise à l'origine de l'idée développe un produit ou un procédé de production en coopération avec un petit groupe d'entreprises spécialisées dans un domaine particulier.

« Il y a des choses au-delà du travail qui nous lient. Les liens entre personnes [...] Par exemple, on a un appel et dans l'espace d'une heure ou deux on peut avoir le matériel. Et on peut tout de suite organiser les différentes tâches » (cas Ota-Ku).

« Notre domaine de travail était la transformation, c'est-à-dire donner la forme souhaitée au métal, le découper d'une certaine manière [...] Il y a quelque temps, différents projets ont commencé. On réfléchit au nanobusiness, à l'environnement et aux satellites. On utilise par exemple les micro-organismes pour diminuer les odeurs. On a fait cette recherche en coopération avec d'autres entreprises pour différents clients [...] A cinq minutes à pied il y a les personnes qu'il me faut [...] on peut tout de suite organiser les différentes tâches [...] la vitesse ici est vraiment extraordinaire » (cas Higashi Osaka).

« Je pense que pour nous, les PME, c'est bénéfique de faire partie du réseau. Car on ne peut pas tout faire, à cause de notre taille et puis, il y a aussi des projets qui se créent [...] ça bouge pas mal en fait. En ce moment on

fait plusieurs projets. Par exemple, mon entreprise est spécialisée dans ceci, une autre dans cela, et donc on s'aide mutuellement. Dans le projet que l'on réalise actuellement, je suis plus ou moins le centre du groupe » (cas Shizuoka).

Dans un réseau, la présence de liens internes et externes simultanément forts permet de combiner exploitation des ressources existantes et exploration de nouvelles possibilités, limitant les « trappes de compétences »^{xxiii} (Levitt et March, 1988). Ces résultats peuvent être formalisés à partir du modèle de Kauffman. Quand NK est sensiblement supérieur à CS, le système s'adapte rapidement, et il est stable ensuite. A l'inverse, quand le NK est sensiblement inférieur au CS, le système change rapidement, d'une manière chaotique. Le niveau optimal d'adaptabilité, alliant exploitation des ressources disponibles et exploration de nouvelles ressources, est obtenu quand la co-évolution interne (NK) est proche de la co-évolution externe (CS). Pour Kauffman, « le couplage épistatique interne de chaque membre d'une espèce devrait être suffisamment important pour contrebalancer le couplage épistatique entre les espèces »^{xxiv} (1993 : 280). En d'autres termes, les réseaux doivent ajuster la complexité interne du réseau à la complexité de l'environnement auquel ils sont confrontés, ce qui rejoint la dialectique différenciation/intégration de Lawrence et Lorsch (1967). Pour être adaptables les réseaux doivent non seulement chercher l'efficacité à court terme (exploitation), mais encore constamment rénover leurs portefeuilles de compétences (exploration), en développant des réponses originales pour des groupes reliés de clients.

Les « réseaux colonies » sont donc capables d'exploiter efficacement leur environnement (comme les fourmis qui creusent des galeries ou utilisent des brindilles pour construire leur nid) mais également de répondre à ses variations brutales (comme les termites qui se sont adaptées à l'arrivée de différents prédateurs, araignées ou chimpanzés). Abecassis et Benghozi (1999) ont montré cette dualité de l'adaptation dans l'industrie de l'habillement, dans laquelle les industriels alternent entre la mobilisation de réseaux de proximité et celle de réseaux distants, selon l'état d'avancement dans le processus de développement.

CONCLUSION

L'étude des réseaux à partir du modèle NKCS a permis de percevoir les avantages et les inconvénients des co-évolutions interne et externe. Le tableau 2 présente la typologie des réseaux qui émerge de l'analyse.

		Co-évolution externe	
		Forte	Faible
Co-évolution interne	Forte	Réseaux colonies	Réseaux meutes
	Faible	Réseaux migrants	Réseaux troupeaux

Tableau 2 - Une typologie des réseaux fondée sur la co-évolution des espèces

Dans cet article, nous avons montré que la co-évolution joue un rôle central dans l'adaptabilité d'un réseau. Au niveau théorique, ce travail apporte des éclairages sur les niveaux optimum de co-évolution au sein d'un réseau, nécessaires à une adaptation efficace combinant exploitation et exploration. Au niveau méthodologique, il permet d'envisager le rapprochement de données qualitatives et de données simulées. Nous montrons en effet, en nous appuyant sur les cas réels que le modèle NKCS représente un outil pertinent pour la compréhension des processus d'adaptation des populations d'entreprises. Comme le note Anderson (1999 : 227), « ce qui est nécessaire est une approche qui combine l'observation empirique avec la capacité informatique de simuler les nombreuses trajectoires possibles à travers lesquelles les réseaux complexes d'agents interdépendants peuvent évoluer »^{xxv}.

Cette recherche a deux principales limites. Tout d'abord, malgré l'étude de neuf réseaux d'entreprises, seuls un « réseau meute » (Kiryu) et un « réseau migrant » (Nagano) ont pu être isolés. La réplique littérale de résultats concernant leur dynamique d'adaptation n'a donc pu être réalisée. La validité interne de ces derniers est donc limitée. Ensuite, si l'étude de réseaux au Japon permet d'isoler certains éléments de contexte, elle réduit également la validité externe de nos résultats. Cette recherche pourrait donc être répliquée à autre zone géographique, s'intéressant ainsi à des réseaux occidentaux.

RÉFÉRENCES

- C. Abecassis C. et P. J. Benghozi, « Nouvelles technologies et réorganisation des filières industrielles : le cas de l'habillement », *Systèmes d'information et Management*, Vol. 2, No. 4, p. 91-111, 1999.
- R. S. Achrol et P. Kotler, « Marketing in the Network Economy », *Journal of Marketing*, Vol. 63, Special Issue, p. 146-163, 1999.
- P. Anderson, « Complexity Theory and Organization Science », *Organization Science*, Vol. 10, No. 3, p. 216-232, 1999.
- J. Angot et E. Josserand, « Analyse des réseaux sociaux » in R.-A. Thiétart (Ed.), *Méthodes de recherche en management*, p. 397-421, Dunod, Paris, 2003.
- J. B. Barney, « Firm Resources and Sustained Competitive Advantage », *Journal of Management*, Vol. 17, No. 1, p. 99-120, 1991.
- G. Becattini, *Mercato e forze locali: il distretto industriale*, Il Mulino, Bologna, 1987.
- E. Bruderer et J. Singh, « Organization Evolution, Learning, and Selection: A Genetic-Algorithm-Based Model », *Academy of Management Journal*, Vol. 39, No. 5, p. 1322-1349, 1996.
- R. S. Burt, *Toward a Structural Theory of Action: Network Models of Social Structure, perception, and Action*. Academic Press, New York, 1982.
- R. S. Burt, « The Social Structure of Competition » in N. Nohria et R. Eccles (Eds.), *Networks and Organisations: Form and Action*, p. 57-91, Harvard Business School Press, Cambridge, Massachussets, 1992.
- M. Callon, P. Laredo et V. Rabeharisoa, « The Management and Evaluation of Technological Programs and the Dynamics of Techno-economic Networks : The Case of the AFME », *Research Policy*, Vol. 21, No. 3, p. 215-236, 1992.
- G. R. Carroll et R. M. Burton, « Organizations and Complexity: Searching for the Edge of Chaos », *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 6, No. 4, p. 319-337, 2000.
- W. P. Cunningham, M. A. Cunningham et B. W. Saigo, *Environmental Science: A Global Concern*, McGraw-Hill Science, 7th edition, 2001.
- N. K. Denzin et Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research*, Sage, Thousand Oaks, 1994.
- K. M. Eisenhardt, « Building theories from case study research », *Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 4, p. 532-550, 1989.

- M. Forgsgrén et J. Johanson, (1992), « Managing Internationalization in Business Network » in M. Forgsgrén et J. Johanson (Eds.), *Managing Networks in International Business*, Gordon and Breach, Philadelphia, p. 1-16, 1992.
- A. Grandori et G. Soda, « Interfirm Networks: Antecedents, Mechanisms and Forms », *Organization Studies*, Vol. 16, No. 2, p. 183-214, 1995.
- M. Granovetter, « The Strength of Weak Ties », *American Journal of Sociology*, Vol. 78, No. 6, p. 1360-1380, 1973.
- Granovetter M., « Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness », *American Journal of Sociology*, Vol. 91, No. 3, p. 481-510, 1985.
- R. Gulati, « Alliances and Networks », *Strategic Management Journal*, Vol. 19, No. 4, p. 293-317, 1998.
- M. T. Hannan et J. H. Freeman, « The population Ecology of Organizations », *American Journal of Sociology*, Vol. 82, No. 5, p. 929-964, 1977.
- M. T. Hannan et J. H. Freeman, « Structural Inertia and Organizational Change », *American Sociological Review*, Vol. 49, No. 2, p. 149-164, 1984.
- S. E. Human et K. G. Provan, « An Emergent Theory of Structure and Outcomes in Small-Firm Strategic Manufacturing Networks », *Academy of Management Journal*, Vol. 40, No. 2, p. 368-403, 1997.
- S. Kauffman, *The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- M. P. Koza et A. Y. Lewin, « The Co-evolution of Strategic Alliances », *Organization Science*, Vol. 9, No. 3, p. 255-264, 1998.
- M. S. Kraatz, « Learning by Association? Interorganizational Networks and Adaptation to Environmental Change », *Academy of Management Journal*, Vol. 41, No. 6, p. 621-643, 1998.
- P. R. Lawrence et J. W. Lorsch, *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration*, Harvard Business Press, Boston, 1967.
- D. A. Levinthal, « Adaptation on Rugged Landscapes », *Management Science*, Vol. 43, No. 7, p. 934-950, 1997.
- B. Levitt et J. G. March, « Organizational learning », *Annual Review of Sociology*, Vol. 14, p. 319-340, 1988.
- D. Maillat, « Systèmes territoriaux de production et milieux innovateurs » in *Réseaux d'entreprises et développement local*, p. 75-90, Les Editions de l'OCDE, Paris, 1996.

- J. G. March, « Exploration and Exploitation in Organizational Learning », *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, p. 71-87, 1991.
- B. McKelvey, « Avoiding Complexity Catastrophe in Coevolutionary Pockets: Strategies for Rugged Landscapes », *Organization Science*, Vol. 10, No. 3, p. 294-321, 1999.
- B. McKelvey, « Energizing Order-Creating Networks of Distributed Intelligence », *International Journal of Innovation Management*, Vol. 5, No. 2, p. 181-212, 2001.
- M. Miles, et A. M. Huberman, *Analyse des données qualitatives: recueil de nouvelles méthodes*, De Boeck Université, Bruxelles, 1991.
- G. Morgan, *Images de l'organisation*, DeBoeck Université, Bruxelles, 1999.
- N. Nohria et R. Eccles (Eds), *Networks and Organisations: Form and Action*, Harvard Business School Press, Cambridge, Massachussets, 1992.
- A. L. Oliver et M. Ebers, « Networking Network Studies: An Analysis of Conceptual Configurations in the Study of Inter-Organizational Relationships », *Organization Studies*, Vol. 19, No. 4, p. 549-583, 1998.
- I. Paniccia, « One, a hundred, thousands industrial districts. Organizational variety of local networks of SMEs », *Organization Studies*, Vol. 19, No. 4, Special Issue: The organizational texture of interfirm relations, p. 667-699, 1998.
- J. Pfeffer et G. R. Salancik, *The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective*, Harper and Row, New York, 1978.
- J. M. Podolny et K. Page, « Network Forms of Organization », *Annual Review of Sociology*, Vol. 24, p. 57-76, 1998.
- J. W. Rivkin, « Imitation of Complex Strategies », *Management Science*, Vol. 46, No. 6, p. 824-844, 2000.
- J. W. Rivkin, « Reproducing Knowledge: Replication Without Imitation at Moderate Complexity », *Organization Science*, Vol. 12, No. 3, p. 274-293, 2001.
- F. T. Rothermael et D. L. Deeds « Exploration and Exploitation Alliances in Biotechnology: A System of New Product Development », *Strategic Management Journal*, Vol. 25, No. 6, p. 201-221, 2004.
- O. Sorenson, *The Complexity Catastrophe in the Computer Industry: Interdependence and Adaptability in Organizational Evolution*, Ph.D. Dissertation, Sociology, Stanford University, 1997.
- B. Uzzi, « Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness », *Administrative Science Quarterly*, Vol. 42, No. 1, p. 35-67, 1997.

- K. E. Weick, « Educational Organizations as Loosely Coupled Systems », *Administrative Science Quarterly*, Vol. 21, No. 1, p. 1-19, 1976.
- B. Wernerfelt, « A Resource-Based View of the Firm », *Strategic Management Journal*, Vol. 5, No. 2, p. 171-180, 1984.
- D. H. Whittaker, *Small Firms in the Japanese Economy*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.
- E. J. Zajac, M. S. Kraatz et R. K. F. Bresser, « Modeling the Dynamics of Strategic Fit », *Strategic Management Journal*, Vol. 21, No. 4, p. 429-454, 2000.

ANNEXE 1 – DESCRIPTION DU MODELE NKCS

Dans le modèle NK, simplification du modèle NKCS n'intégrant que la co-évolution interne, la contribution de chacune des N parties du système à la performance globale dépend de sa valeur (0 ou 1) et de celle de ses K voisins. L'évolution du système s'opère par optimisation locale : des réseaux booléens font changer les parties une à une jusqu'à atteindre un optimum local (aucune partie ne peut augmenter sa performance, même si la performance globale peut potentiellement augmenter si plusieurs parties changent simultanément). Kauffman utilise la métaphore du terrain d'adaptation : le système change et se déplace entre « pics de fortune » et « vallées de dénuement » jusqu'à ce qu'aucune de ses parties ne puisse augmenter sa performance. La forme du terrain d'adaptation dépend de K (Figure 2). Bruderer et Singh considèrent que « les terrains d'adaptation organisationnels sont des métaphores utiles pour décrire la dynamique de l'évolution d'organisations »^{xxvi} (1996 : 1325). Les interactions entre les éléments du système lui permettent de s'adapter plus rapidement (la modification d'une seule de ses parties entraîne des changements importants de performance) mais augmentent sa rigidité, de par la multiplication des optima locaux.

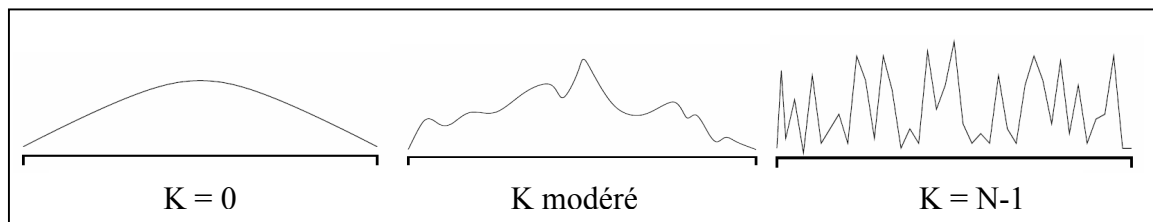


Figure 2 – Co-évolution interne et forme du terrain d'adaptation dans le modèle NK

Dans le modèle NKCS, une population peut être représentée sous forme matricielle, de N colonnes et S lignes. Alors qu'avec une co-évolution externe très faible ($C=1$), une grande partie des espèces atteint un optimum local rapidement (fonction du niveau de co-évolution interne K), avec un niveau de co-évolution externe plus fort ($C=8$), le temps nécessaire est beaucoup plus long (Figure 3). Avec $K=2$ et $C=8$, les espèces n'atteignent jamais d'optimum local, une des espèces venant à chaque période déstabiliser ses voisins.

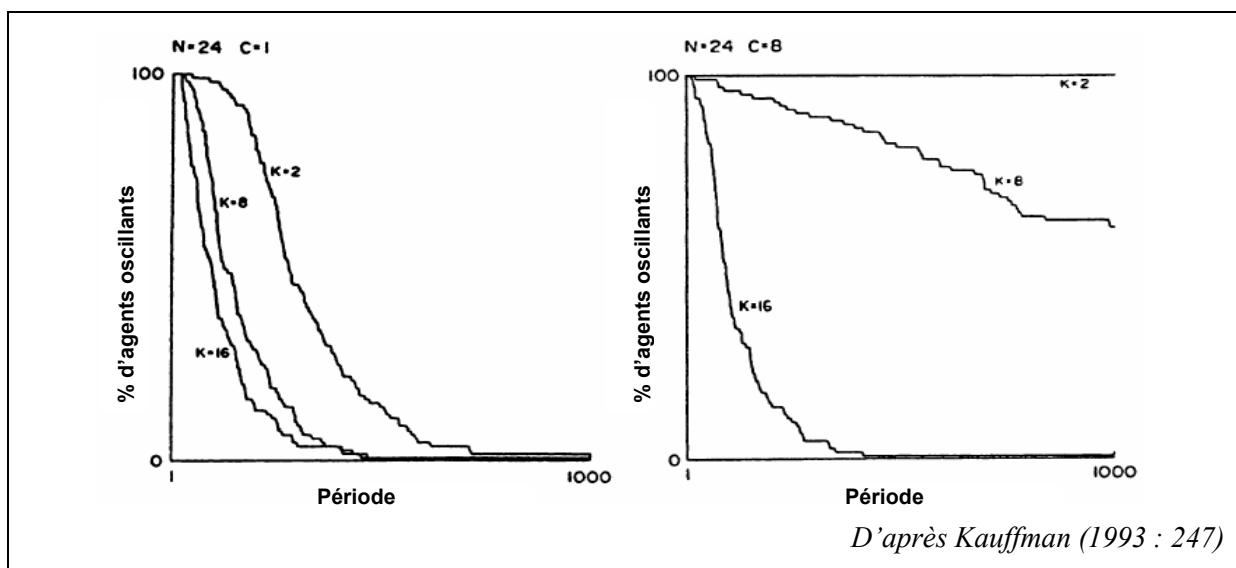


Figure 3 – Co-évolution externe et atteinte d'optima locaux dans le modèle NKCS

- ⁱ Traduction personnelle de « outcomes increasingly are decided by competition between networks of firms rather than competition among firms ».
- ⁱⁱ Traduction personnelle de « any collection of actors ($N \geq 2$) that pursue repeated, enduring exchange relations with one another and, at the same time, lack a legitimate organizational authority to arbitrate and resolve disputes that may arise during the exchange ».
- ⁱⁱⁱ Traduction personnelle de « descriptive, algebraic, and linear deterministic ».
- ^{iv} Traduction personnelle de « One prominent void is in the area of the role that interorganizational networks may play in adaptation ».
- ^v Traduction personnelle de « The essence of exploitation is the refinement and extension of existing competences, technologies, and paradigms ».
- ^{vi} Traduction personnelle de « The essence of exploration is experimentation with new alternatives ».
- ^{vii} Traduction personnelle de « Complexity theory explicitly addresses the question of how much interconnection is best (...) what level of interdependency is associated with the best performance ».
- ^{viii} Traduction personnelle de « dynamic, stochastic, recursive and non linear ».
- ^{ix} Traduction personnelle de « Diversity could be a richness and a need, and not necessarily the proof of a lack of strategy ».
- ^x Cette mesure se retrouve en biologie : variété des biens vivants dans une communauté, qui représente à la fois le nombre d'espèces et le nombre d'individus (abondance relative) au sein des espèces (Cunningham et al., 2001). Par exemple, la distance de Hamming est le nombre de positions de deux chaînes de la même longueur pour lesquelles les éléments correspondants sont différents.
- ^{xi} Traduction personnelle de « complexity catastrophe ».
- ^{xii} Presque un quart des 56 articles soumis au numéro spécial sur la complexité de la revue *Organization Science* traitent de ce modèle (Anderson, 1999 : 24).
- ^{xiii} Traduction personnelle de « In a strategy whose pieces are numerous and tightly knit, small probabilities that each element will be replicated incorrectly cumulate to produce a high likelihood that imitators will fare poorly ».
- ^{xiv} Traduction personnelle de « Edge of chaos ».
- ^{xv} Selon les chercheurs japonais, il existe quatre types de districts industriels au Japon : ville-entreprise ; district régional ; zone industrielle urbaine et district traditionnel.
- ^{xvi} Sur l'analyse des réseaux sociaux voir Angot et Josserand (2003).
- ^{xvii} Certains entrepreneurs nous ont donné des récits année par année, depuis l'éclosion de la bulle économique du Japon en 1992.
- ^{xviii} *Machi koba* en japonais. Les japonais utilisent cette expression pour désigner les usines (entreprises industrielles) dans les centres urbains.
- ^{xix} Traduction personnelle de « As K increases, the proportion of agents reaching Nash equilibria increases ».
- ^{xx} Traduction personnelle de « Any actor can at any time mobilize all the network's skills without having to get involved with costly adaptation ».
- ^{xxi} Traduction personnelle de « coupled dancing ».
- ^{xxii} Traduction personnelle de « epistatic interactions appear to buckle up the landscape like heaving mountain ranges ».
- ^{xxiii} Traduction personnelle de « competency traps ».
- ^{xxiv} Traduction personnelle de « Internal epistatic coupling of each member of a species should be important enough to counterbalance the epistatic coupling between partners ».
- ^{xxv} Traduction personnelle de « What is needed is an approach that melds empirical observation with the computer's power to simulate the many possible paths through which complex networks of interacting agents can evolve ».
- ^{xxvi} Traduction personnelle de « Organizational fitness landscapes are a useful metaphor for describing the dynamics of organizational evolution ».