

MICHEL FERRARY
Ceram Business School



Les capital-risqueurs comme « transiteurs » de l'innovation dans la Silicon Valley¹

L'innovation radicale résulte de la transition réussie de connaissances créées par des activités d'exploration vers des activités d'exploitation (March, 1991). Cet article analyse la coordination interorganisationnelle des acteurs de l'innovation radicale. La création d'entreprise est analysée comme une phase de transition de l'innovation radicale entre les phases d'exploration et d'exploitation. Le cluster de hautes technologies de la Silicon Valley est appréhendé comme un lieu de coordination interorganisationnelle d'acteurs géographiquement localisés dans la même région. Dans la phase de transition, l'entrepreneur est aidé par des « transiteurs » de l'innovation dont le rôle est tenu par les sociétés de capital-risque. L'émergence d'industries écologiques dans la Silicon Valley permet d'analyser les facteurs de réussite de la coordination interorganisationnelle de l'innovation radicale et du rôle de « transiteurs » des sociétés de capital-risque.

DOI:10.3166/RFG.190.179-196 © 2009 Lavoisier, Paris

1. Cet article résulte d'une recherche financée par l'université de Stanford.

L'innovation technologique radicale est un enjeu stratégique pour la compétitivité et la croissance des firmes (Burgelman *et al.*, 2004). Elle constitue également un enjeu macroéconomique important pour les pouvoirs publics car elle est à l'origine de nouveaux secteurs industriels et de création d'emplois (Christensen, 1997).

L'innovation technologique radicale résulte de l'articulation entre, d'une part, des activités d'exploration qui permettent de combiner des connaissances existantes afin d'en créer de nouvelles dans lesquelles va s'ancre l'innovation radicale et, d'autre part, des activités d'exploitation qui permettent l'industrialisation et la commercialisation de cette innovation (March, 1991). D'un point de vue conceptuel, il convient d'ajouter au modèle de March une phase de transition entre la phase d'exploration et la phase d'exploitation de l'innovation. Le passage des pures activités d'exploration aux pures activités d'exploitation suppose une phase de transition dans laquelle les deux types d'activités coexistent.

L'articulation des activités d'exploration, de transition et d'exploitation peut résulter d'une coordination intra-organisationnelle au sein d'une grande firme. Depuis Burns et Stalker (1961), les théories du management de l'innovation analysent les différentes modalités structurelles et managériales de la coordination intra-organisationnelle du cycle de vie de l'innovation radicale (Broustail et Fréry, 1993 ; Autier, 2000). Cet article explore la coordination interorganisationnelle des acteurs de l'innovation radicale. Il s'agit d'analyser des réseaux d'organisa-

tions dont les interactions donnent naissance à des start-up de hautes technologies. La coordination interorganisationnelle d'acteurs indépendants conduisant à la création d'entreprises est une modalité alternative pour générer et exploiter des innovations radicales (Christensen et Overdorf, 2000, p. 73).

Cependant, l'entrepreneur n'est pas un acteur isolé. La qualité de son encastrément dans les réseaux d'acteurs de l'innovation influence le processus de création et de développement de l'entreprise. Depuis les travaux de Marshall (1920), plusieurs économistes ont montré que les clusters industriels constituent une forme élaborée de ces réseaux d'organisations générant et développant des innovations radicales dont la forme organisationnelle de transition est la création d'entreprise (Longhi et Quéré, 1991 ; Saxenian, 1994 ; Storper, 1997 ; Porter, 1998).

À partir d'une évolution du modèle exploration-exploitation de March (1991) pour l'enrichir d'une phase intermédiaire de transition, l'objectif de cette recherche est de montrer en quoi l'articulation des trois phases dans un processus interorganisationnel au sein d'un cluster industriel suppose l'existence d'acteurs particuliers que l'on qualifie de « transiteurs » de l'innovation radicale. Au sein d'un cluster, ces acteurs organisationnels interviennent à la fin de la phase d'exploration de l'innovation radicale et au début de sa phase d'exploitation, c'est-à-dire lorsque la forme organisationnelle qui supporte l'innovation radicale est la start-up. Dans le cluster de hautes technologies de la Silicon Valley, les sociétés de capital-risque (SCR) sont des acteurs éco-

nomiques qui jouent ce rôle de « transiteurs » de l'innovation radicale auprès de l'entrepreneur entre la phase d'exploration et la phase d'exploitation.

À partir de l'analyse de l'émergence d'industries écologiques dans la Silicon Valley, l'objectif de cette recherche est de comprendre comment l'industrialisation des innovations radicales dans ce domaine est portée par des start-up dans le cadre d'une coordination interorganisationnelle. L'analyse de cette région permet de mettre en évidence la présence importante de SCR. Leur fonction de « transiteurs » de l'innovation radicale est étudiée. Ces acteurs économiques contribuent à la compétitivité de la région et favorisent l'innovation radicale à travers cinq rôles auprès des entrepreneurs et du réseau d'innovation : le financement de l'innovation, la sélection des projets, le transfert de connaissances entrepreneuriales, l'encastrement social des entrepreneurs et la signalisation du potentiel des start-up.

Dans une première partie, un modèle d'analyse des coordinations intraorganisationnelle et interorganisationnelle de l'innovation technologique radicale est présenté. Dans une seconde partie, la coordination interorganisationnelle est approfondie pour décrire le cluster de hautes technologies de la Silicon Valley et mettre en évidence les différents rôles tenus par les « transiteurs » de l'innovation que sont les SCR. Dans une dernière partie, le cadre d'analyse de la coordination interorganisationnelle de l'innovation est mobilisé pour décrire l'émergence d'un cluster d'industries écologiques dans la Silicon Valley et mettre en évidence le rôle des SCR dans cette émergence.

I – ARTICULATION INTRA- ORGANISATIONNELLE ET INTERORGANISATIONNELLE DE L'INNOVATION RADICALE

1. Le cycle de vie de l'innovation radicale

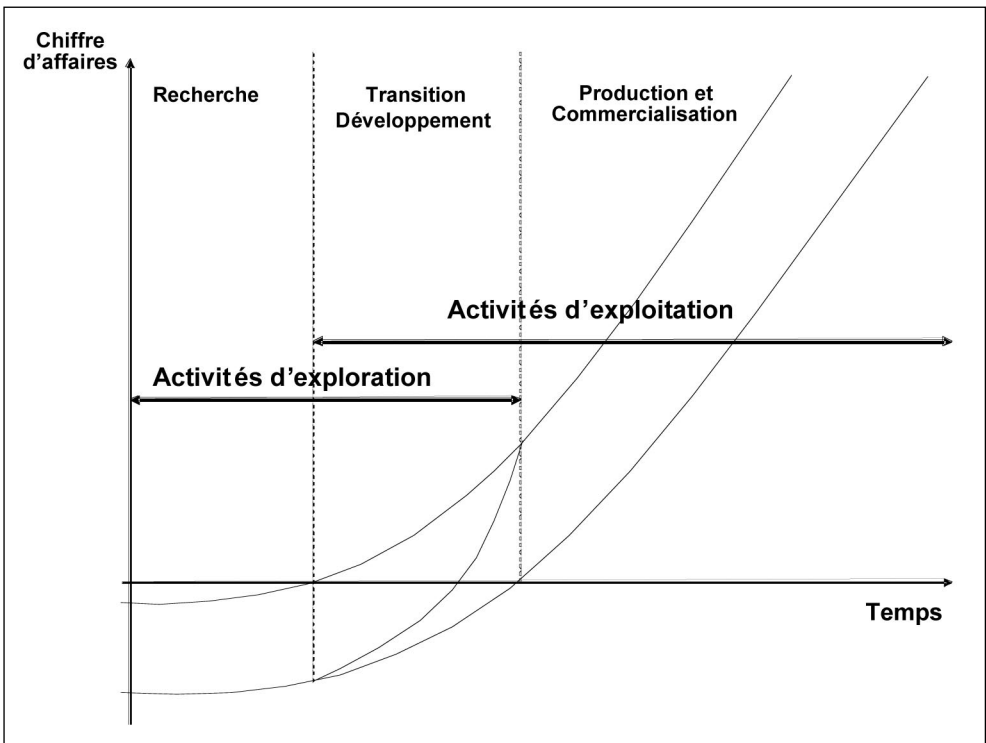
La théorie du management de l'innovation distingue deux formes d'innovation : l'innovation incrémentale et l'innovation radicale. L'innovation incrémentale consiste en des améliorations, des adaptations ou des raffinements de produits, de services, de systèmes de production ou de modes de distribution existants. L'innovation radicale suppose la création d'un produit, d'un service, d'un système de production ou d'un mode de distribution entièrement nouveau (Burgelman *et al.*, 2004, p. 3).

L'importance stratégique que peuvent avoir les innovations radicales amène les entreprises à en définir les modalités d'émergence et de développement afin de reproduire et de contrôler leur cycle de vie. Ce type d'innovation résulte de la combinaison, d'une part, d'activités d'exploration qui permettent de recombinaison des connaissances existantes afin de créer de nouvelles connaissances dans lesquelles s'ancre l'innovation radicale et, d'autre part, des activités d'exploitation qui permettent l'industrialisation et la commercialisation de l'innovation afin de la valoriser (March, 1991). Les connaissances nouvelles générées dans la phase d'exploration se matérialisent progressivement dans une innovation au cours d'une phase de transition. L'innovation est ensuite industrialisée et commercialisée dans une phase d'exploitation. Le passage des pures activités d'exploration aux pures activités d'exploitation suppose une phase de transition dans laquelle les

deux types d'activités coexistent (graphe de la figure 1). Le cycle de vie de l'innovation radicale peut être décomposé entre une phase d'exploration pure (la recherche), une phase d'exploitation pure (la production et la commercialisation) et une phase de transition entre la phase d'exploration et la phase d'exploitation (le développement). March (1991) souligne que les compétences nécessaires aux activités d'exploration sont différentes de celles liées aux activités d'exploitation. Les premières correspondent à des activités de recherche, de recombinaison de connaissances, de création de nouvelles connaissances, d'application de résultats de recherche fonda-

mentale, de fertilisation croisée entre des disciplines et des domaines scientifiques. D'un point de vue économique, la recherche de rentabilité de ces activités est à moyen terme. Elle peut parfois être absente car supposée contradictoire avec des activités d'exploration (Levinthal et March, 1993). Pour leur part, les activités d'exploitation visent à produire et à distribuer de manière industrielle et rentable à court terme un produit ou un service. L'enjeu du management de l'innovation, notamment tel qu'il a été analysé par les travaux sur l'ambidextrie organisationnelle (O'Reilly et Tushman, 2004; Chanal et Mothe, 2005) est de permettre la coexis-

Figure 1 – Cycle de vie de l'innovation radicale



tence des activités d'exploration et des activités d'exploitation tout en assurant la transition des innovations radicales entre les deux phases.

2. Les formes organisationnelles de coordination de l'innovation radicale

La coordination intra-organisationnelle au sein de la firme de hautes technologies

L'articulation des phases d'exploitation, de transition et d'exploitation de l'innovation radicale peut résulter de différentes configurations organisationnelles. Elle peut être réalisée au sein même d'une firme dans un processus intra-organisationnel. Dans cette configuration, schématiquement, le département de la R&D prend en charge l'exploration (recherche) et la transition (développement) de l'innovation radicale. Les départements de production et de commercialisation prennent ensuite en charge les activités d'exploitation.

Depuis les travaux précurseurs de Lawrence et Lorsch (1967) concernant l'intégration et la différenciation organisationnelle des activités de R&D, d'une part, et des activités de production et de commercialisation, d'autre part, la définition d'une configuration organisationnelle optimale de gestion de l'innovation est un enjeu central du management. En pratique, cette coexistence se révèle particulièrement complexe à mettre en œuvre en raison des différences de culture et de temporalité de ces activités (March et Levinthal, 1993). Aussi, les propositions de configurations structurelles se sophistiquent pour faire coexister efficacement activités d'exploration et d'exploitation. Ces différentes formes de coordination intra-organisationnelle correspondent notamment à la struc-

ture adhocratique (Mintzberg, 1982), la structure projet (Midler, 1993), l'isolat (Broustail et Frery, 1993) ou l'organisation ambidextre (O'Reilly et Tushman, 2004; Chanal et Mothe, 2005).

La coordination interorganisationnelle de l'innovation radicale au sein d'un cluster de hautes technologies

L'articulation des trois phases de l'innovation radicale peut également résulter d'un processus de coordination interorganisationnelle dans lequel des organisations complémentaires coopèrent et prennent en charge les activités liées au processus d'innovation. Les travaux de recherche sur les clusters de hautes technologies décrivent l'origine interorganisationnelle de certaines innovations radicales et l'existence de secteurs industriels sous-tendus par des réseaux d'organisations (Piore et Sabel, 1984; Porter, 1998; Dibiaggio et Ferrary, 2003). À cet égard, l'analyse de la Silicon Valley montre comment des innovations radicales dans les domaines des semi-conducteurs, des microprocesseurs, de la micro-informatique, des logiciels, des équipements télécoms et d'internet ont émergé et se sont développées du fait des interactions entre des acteurs composant un réseau complexe d'innovation (Saxenian, 1994; Kenney, 2000; Lee *et al.*, 2000; Ferrary, 2003a). L'industrialisation de certaines de ces innovations a donné naissance à de grandes entreprises de hautes technologies (Hewlett-Packard, Intel, Apple, Sun Microsystems, Cisco Systems, Yahoo! ou Google pour ne citer que les plus connues). En 2007, 1,4 million d'emplois étaient liés aux hautes technologies et 22 000 entreprises étaient recensées dans la Silicon Valley (*Joint-venture*, 2008).

La compréhension de la coordination inter-organisationnelle du cycle de vie de l'innovation radicale conduit à distinguer des lieux d'exploration et des lieux d'exploitation. Au sein du cluster de la Silicon Valley, certaines organisations sous-tendent les activités d'exploration et incubent les start-up qui supporteront le développement de l'innovation radicale. Les organisations qui incubent les « explorateurs » de l'innovation, parfois à leur insu, sont souvent les universités (Stanford, Berkeley, etc.), les grandes entreprises (Hewlett-Packard, Intel, Sun Microsystems, etc.) ou les laboratoires de recherche (Xerox/Parc, SRI). Les innovations radicales transitent de la phase d'exploration à la phase d'exploitation sous la forme organisationnelle de la start-up dans laquelle « l'explorateur » devient un « entrepreneur ». La création d'entreprise correspond à la transition entre la finalisation d'activités d'exploration qui ont généré une innovation radicale correspondant à un marché potentiel et à l'initiation d'une phase d'exploitation par l'industrialisation de cette innovation. Dans la phase de transition, il y a une concomitance des activités d'exploration et d'exploitation. Ensuite l'innovation passe de la phase de transition à la phase d'exploitation dans une organisation autonome en finançant son développement par des capitaux levés dans le cadre d'une introduction en Bourse ou par autofinancement. Elle peut également être exploitée par une grande entreprise qui acquiert la start-up pour en assurer l'industrialisation et la commercialisation. Dans sa phase d'exploitation, l'innovation radicale peut connaître des améliorations du produit et/ou des processus qui lui sont liées. Ces améliorations sont de l'ordre de l'innovation incrémentale (Burgelman *et al.*, 2004).

Une caractéristique de la Silicon Valley est sa capacité à favoriser la création d'entreprises permettant la transition d'une innovation radicale entre sa phase d'exploration et sa phase d'exploitation. Cette capacité particulière explique pourquoi se matérialisent dans cette région des opportunités industrielles alors qu'*a priori* elle n'a pas d'avantage compétitif technologique spécifique par rapport à d'autres régions.

Une compréhension interorganisationnelle de la phase de transition de l'innovation radicale montre que cette dernière résulte d'un processus complexe dans lequel interagisse une grande diversité d'acteurs économiques interdépendants et divers faisant système au sein d'un réseau. Ainsi, des universités, des laboratoires de recherche indépendants, des cabinets d'avocats, des sociétés de capital-risque, des sociétés de conseil, des banques d'affaires et des médias interagissent avec des grandes firmes (Dibiaggio et Ferrary, 2003). La transition de la phase d'exploration à la phase d'exploitation d'une innovation technologique ne résulte pas que du seul fait de l'entrepreneur mais de sa capacité à mobiliser un réseau d'acteurs détenant des connaissances et des compétences complémentaires. La compréhension de la création et du développement de start-up de hautes technologies dans la Silicon Valley montre que les sociétés de capital-risque sont des acteurs particuliers qui interviennent dans la phase de transition entre la phase d'exploration et la phase d'exploitation de l'innovation radicale (Ferrary et Granovetter, 2009).

Dans le cycle de vie de l'innovation lorsque l'individu « explorateur » est convaincu d'avoir créé des connaissances nouvelles pouvant donner lieu à une innovation radi-

cale, il décide de passer à la phase d'exploitation en créant une entreprise. Il devient « entrepreneur ». Dans cette phase, il a besoin de nouvelles compétences et de connaissances que bien souvent il ne détient pas à titre individuel. Pour créer son entreprise et se développer, il doit notamment recruter des salariés et recourir à des experts (avocats, consultants, etc.). La capacité de l'entrepreneur à mobiliser ces compétences conditionne le développement de l'entreprise. Cependant, au moment de sa création, une start-up est bien souvent insolvable car elle n'a pas de client, voir même pas de produits et qu'elle ne commencera à générer des revenus que plusieurs mois, voire plusieurs années après sa création.

Dans cette phase de transition de l'innovation radicale, un moyen pour l'entrepreneur d'accéder à ces compétences consiste à les acquérir grâce à des capitaux financiers obtenus auprès de sociétés de capital-risque. Les SCR sont des sociétés qui lèvent des capitaux auprès d'investisseurs institutionnels (compagnies d'assurance, fonds de pension, universités, grandes entreprises). Ces capitaux sont gérés sous forme de fonds d'investissement (entre 50 millions et 1 milliard de dollars) et ils sont investis à travers des prises de participation au capital d'entreprises à fort potentiel de croissance se trouvant dans leur phase de création.

La qualité des SCR et leur présence en grand nombre distinguent la Silicon Valley des autres clusters de hautes technologies à

travers le monde. En 2006, la *National Venture Capital Association* recense plus de 650 sociétés de capital-risque aux États-Unis, dont près de 180 sont localisées dans la Silicon Valley. Entre 1995 et 2005, les investissements en capital risque dans la Silicon Valley se sont élevés à 110 milliards de dollars, soit 32,59 % des investissements en capital-risque aux États-Unis (338 milliards de dollars de 1995 à 2005)². Sur cette période, cela représente 44 163 dollars d'investissement par habitant (la Silicon Valley compte 2,5 millions d'habitants). Comparativement, en France, de 1995 à 2005, les investissements en capital-risque se sont élevés à 13,04 milliards d'euros, soit 217 euros par habitant sur cette période.

L'analyse de la Silicon Valley montre que les SCR sont très souvent impliquées dans la création et le développement des start-up qui sont devenues des leaders industriels. En 2006, parmi les 30 plus grandes entreprises de hautes technologies de la Silicon Valley qui à leur origine furent des start-up, seules deux n'ont pas été financées par des SCR : Hewlett-Packard qui a été créée en 1939 avant l'apparition du capital-risque et Agilent Technologies, créée en 1999 à partir d'une scission avec Hewlett-Packard. Sur les 28 autres³, douze ont été financées par une SCR l'année de leur création, neuf l'année suivante, deux dans leur deuxième année d'existence et cinq dans leur troisième année ou après. Cette implication des SCR dans la phase de transition de l'innovation radicale au moment de la création d'entreprise justi-

2. PriceWaterhouseCoopers

3. Adobe, AMD, Apple, Applied Materials, Atmel, Cadence Design System, Cisco Systems, Cypress Semiconductor, eBay, Electronic Arts, Google, Intel, Intuit, Juniper Networks, KLA-Tencor, Kompag, LSI Logic, Maxim Integrated, Maxtor, National Semiconductor, Oracle, Sanmina-SCI, Seagate Technology, Solectron, Sun Microsystems, Symantec, Synopsys et Yahoo!

fié de leur attribuer une fonction de « transiteurs » de l'innovation radicale. Attribution qu'il convient d'approfondir puis d'illustrer à partir de l'émergence des industries écologiques dans la Silicon Valley.

II – LES SOCIÉTÉS DE CAPITAL-RISQUE : LES « TRANSITEURS » DE L'INNOVATION INTERORGANISATIONNELLE

1. Une fonction de financement de la phase de transition de l'innovation radicale

La fonction économique officielle des SCR est de financer la création et le développement d'entreprises (Gompers et Lerner, 2004). Lors de sa création une start-up dans le secteur des hautes technologies est d'abord un demandeur insolvable de services aux entreprises et de ressources humaines pouvant lui permettre de se développer. Les apports en capitaux de SCR au moment de la phase de transition de l'innovation radicale permettent à une start-up de recruter et de solvabiliser sa demande de services auprès des prestataires de services spécialisés dans la création d'entreprise (avocats, consultants spécialistes du marketing, de la production, du recrutement, des relations publiques, etc.). Cependant, le financement des start-up n'est pas la seule contribution des SCR à la phase de transition de l'innovation radicale. D'autres contributions, plus informelles à la création sont identifiables et importantes.

2. Une fonction de sélection des innovations radicales

Un capital-risqueur ne finance que 3 ou 4 entreprises sur les 500 projets qu'il reçoit annuellement (Perez, 1986). Dans la

Silicon Valley, une start-up qui n'arrive pas à obtenir des capitaux auprès d'une SCR est fortement handicapée pour financer son développement car ces investissements sont déterminants pour assurer une croissance rapide de l'entreprise (Hellmann et Puri, 2002). Au sein du cluster, les SCR remplissent une fonction de sélection des innovations radicales en analysant trois dimensions : la qualité de la technologie, l'existence d'un marché potentiel et les qualités humaines du ou des entrepreneurs (Ferrary, 2006). Les capital-risqueurs sont spécialisés sur des secteurs industriels (semi-conducteurs, internet, logiciels, télécommunication, biotechnologies, etc.). Cette spécialisation leur permet d'accumuler une connaissance approfondie des enjeux économiques et technologiques du secteur. Cette expertise est reconnue dans les réseaux de la Silicon Valley et des mécanismes de réputation attirent vers les capital-risqueurs de nombreux entrepreneurs en fonction de la spécialisation des SCR. Par rapport à un marché potentiel sur lequel il est spécialisé, par exemple le paiement sur téléphone mobile ou la sécurisation des réseaux informatiques, un capital-risqueur peut recevoir plusieurs dizaines de *business plans*. Il peut ainsi les comparer et ne financer que les deux ou trois projets qui lui paraissent les plus prometteurs. Par leurs décisions d'investissement, les SCR sélectionnent implicitement les start-up qui vont pouvoir se développer. Les choix d'investissement des SCR constituent un processus de sélection collectif reconnu par les autres acteurs du réseau d'innovation. Le fait que très peu de start-up de la Silicon Valley n'aient atteint une taille importante sans financement de SCR ren-

force la réputation de ces dernières dans leur capacité à sélectionner les start-up les plus prometteuses.

3. Une fonction de signalisation de la valeur de l'innovation radicale au sein du cluster

Le financement d'une start-up par une SCR constitue un signal économique pour les autres acteurs du cluster. L'innovation et la création de start-up sont caractérisées par un degré important d'incertitude qui influence le comportement des partenaires potentiels des entrepreneurs. Un avocat, un chasseur de tête, un partenaire industriel, des salariés, un laboratoire de recherche hésitent à être recrutés ou à s'engager dans une collaboration avec une start-up qui vient de se créer, pour laquelle il y a très peu d'informations et qui peut potentiellement rapidement faire faillite. Pour lever cette incertitude et prendre leur décision, les acteurs économiques de la Silicon Valley se réfèrent aux investisseurs qui financent les start-up. Ainsi, une start-up financée par les SCR les plus réputées (Sequoia Capital, KPCB, Menlo Venture, etc.) sera perçue comme une entreprise à fort potentiel, pouvant même conduire certains partenaires à accepter d'être payés en stock-options, et donc de partager une partie du risque entrepreneurial. Ainsi, par exemple, un chasseur de têtes réputé de la Silicon Valley choisit de collaborer ou non avec les start-up qui le sollicitent pour des missions de recrutement en fonction de la qualité de leurs investisseurs.

Inversement, une start-up dont les investisseurs sont peu prestigieux ou inconnus suscite une certaine méfiance des autres partenaires économiques concernant la viabilité de l'entreprise car cela montre que l'entre-

preneur n'a pas su attirer l'attention d'un grand nom du capital-risque. Les start-up qui n'arrivent pas à obtenir des capitaux auprès de SCR supportent un plus haut niveau d'incertitude qui conduit les plus prestigieux des autres acteurs du réseau d'innovation à renoncer à toute collaboration et oblige la start-up à se tourner vers d'autres partenaires.

4. Une fonction d'apprentissage collectif des connaissances liées à la phase de transition

Les capital-risqueurs amènent aux entrepreneurs qu'ils financent leurs connaissances en matière de création d'entreprise et de développement de start-up. Ils accumulent une expertise dans les domaines de la connaissance entrepreneuriale spécifique à la phase de transition de l'innovation radicale portée par une start-up. Cette accumulation est liée au fait que les capital-risqueurs sont souvent eux-mêmes d'anciens créateurs d'entreprise. Cette expertise est également accumulée à travers le financement et l'accompagnement de plusieurs dizaines de création d'entreprises. L'entrepreneur bénéficie directement de l'expérience de l'associé de la SCR qui siège à son conseil d'administration. Il bénéficie également, indirectement, de l'expérience accumulée par tous les autres associés de la SCR qui peuvent apporter leur expertise en cas de nécessité. Ainsi, si l'on considère des SCR comme Sequoia Capital, KPCB ou le Mayfield fund qui ont plus de trente années d'existence, ce sont des dizaines, voire des centaines d'entreprises qui ont été financées. Ces financements ont permis une accumulation de connaissances en matière de management, de protection juridique, de partenariats industriels, de gestion financière, de

recrutement, de marketing, de production, de soutien psychologique... que les capital-risqueurs apportent aux entrepreneurs qu'ils financent. De plus, en cas de nécessité, les capital-risqueurs peuvent temporairement prendre des fonctions managériales au sein même de la start-up. Ainsi dans les années 1980, Pierre Lamont, associé de Sequoia Capital, a pendant plusieurs mois tenu la fonction de directeur financier de Cisco System quand cette dernière connaissait des problèmes financiers.

5. Une fonction d'encastrement social de l'innovation radicale et de l'entrepreneur

Les travaux de recherche sur la Silicon Valley insistent sur l'importance des liens sociaux et de l'encastrement social dans la circulation de l'information et la coordination des acteurs économiques (Saxenian, 1994; Ferrary, 2003a; Granovetter, 2005). L'existence ou la possibilité de créer aisément des liens sociaux préalablement à l'échange économique influence la création et le développement d'entreprises innovantes. Un entrepreneur qui n'est pas encadré dans le réseau d'innovation du cluster aura plus de difficultés à accéder aux ressources de ce dernier. Dans cette perspective, les SCR tiennent un rôle d'encastrement social des acteurs de l'innovation en favorisant la création de liens sociaux économiquement justifiés entre les entrepreneurs et différents partenaires économiques de la Silicon Valley (avocats, consultants, industriels, banques d'affaires, etc.). Les SCR sont des acteurs historiques de la région et ils sont fortement encadrés dans les réseaux sociaux de cette dernière. Les SCR tiennent un rôle d'intermédiaire dans les réseaux de l'innovation.

Elles vont également créer des liens sociaux entre les entrepreneurs qu'elles ont financés et favoriser des partenariats industriels entre eux. Ainsi, Google, qui fut financé par Sequoia Capital et KPCB, a eu comme premiers clients Yahoo! (entreprise financée par Sequoia Capital) et AOL (entreprise financée par KPCB). En bénéficiant du financement des SCR, les entrepreneurs accèdent également à leurs réseaux sociaux.

L'analyse de la coordination interorganisationnelle de l'innovation radicale au sein de la Silicon Valley met en évidence différents rôles tenus par les SCR auprès des entrepreneurs et des autres acteurs du cluster. Cette fonction de « transiteurs » de l'innovation peut être illustrée par l'émergence d'industries écologiques dans la Silicon Valley.

III – LA DYNAMIQUE D'ÉMERGENCE DES INDUSTRIES ÉCOLOGIQUES DANS LA SILICON VALLEY

Depuis le milieu des années 2000, dans plusieurs régions du monde, se constitue une industrie écologique qui s'appuie sur des technologies écologiques pour répondre à une demande industrielle et domestique. Les industries écologiques sont principalement les énergies renouvelables (solaire, avec les cellules photovoltaïques, et éolien); les véhicules électriques, les biocarburants (bioéthanol) et les technologies d'optimisation de la consommation d'énergie. Le marché potentiel des industries écologiques, estimé à 55 milliards de dollars en 2006, devrait représenter 226 milliards de dollars en 2016 (Stack, 2007).

Une approche historique permet de mettre en évidence l'émergence d'un cluster de tech-

nologies écologiques dans la Silicon Valley. L'année 2000 est prise comme point de référence. À cette date la Silicon Valley n'avait pas de compétences ou de ressources particulières en matière de technologies écologiques ni n'avait de sensibilité particulière à l'écologie (par exemple, à cette époque, les États-Unis n'ont pas signé les accords de Kyoto). Quelques start-up dans le domaine des technologies écologiques avaient déjà été créées dans d'autres régions des États-Unis (par exemple *Evergreen Solar* a été fondée en 1994 dans le Massachusetts) et à l'étranger (notamment en Allemagne où *Energy Conversion Devices* a été fondée dans les années 1980 et où *Q-Cells* a été fondée en 1999). En 2000, la Silicon Valley n'avait, *a priori*, pas d'avantage compétitif particulier dans les industries écologiques. Pourtant, progressivement à partir de cette date se sont agrégés des acteurs hétérogènes et complémentaires pour constituer un cluster d'industries écologiques dans lequel une coordination interorganisationnelle a permis l'émergence et l'industrialisation d'innovations écologiques radicales.

En 2000, il existait quelques lieux d'exploration de l'innovation écologique dans la Silicon Valley notamment à l'université de Berkeley avec le *Berkeley Institute of Environment* et le *Renewable&Appropriate Energy Laboratory*. Cependant, à l'université de Stanford, les recherches dans ce domaine restaient marginales et les grands laboratoires de recherche comme le SRI ou le Xerox/PARC exploraient peu ces domaines. En 2003, une enquête réalisée par l'association *Environmental Entrepreneurs* montrait qu'à cette date dans plusieurs états américains des start-up écologiques commençaient à être fondées (Californie, Nouvelle Angleterre, Massachusetts, Texas, Flo-

ride, Colorado, etc.) mais qu'aucune région ne constituait un cluster dominant dans ces technologies. L'étude mentionnait plus particulièrement le retard de la Silicon Valley dans ce domaine.

L'association "The Joint Venture: Silicon Valley Network" regroupant des leaders politiques, des dirigeants d'entreprises et des chercheurs de la région analyse régulièrement la Silicon Valley et ses enjeux économiques et sociaux. En 1998, cette association rédigea un rapport de prospective sur la Silicon Valley de l'an 2010 "Silicon Valley 2010. A Regional Framework for Growing Together" et en 2003, cette même association publia un rapport intitulé "Next Silicon Valley: Riding the Wave of Innovation". Or dans aucun de ces deux rapports les technologies écologiques ne sont présentées comme des opportunités de développement pour la région. Enfin, plus anecdotique mais très révélateur, depuis 2000, cette association publie chaque année le "Silicon Valley Index" qui fait un bilan et identifie les enjeux économiques et technologiques de la région. Entre 2000 et 2007, le terme "Clean tech" n'apparaît jamais dans aucun des rapports. En revanche, dans le rapport de 2008 (relatif à l'année 2007), le terme "Clean tech" apparaît 32 fois et les technologies écologiques y sont pour la première fois identifiées comme des relais de croissance pour la région.

Les années 2004 et 2005 constituent une période charnière dans la construction d'un cluster de technologies écologiques dans la Silicon Valley. Ces années sont caractérisées par une augmentation du nombre de création d'entreprises. Cette période ne connaît pas de ruptures technologiques radicales particulières car les technologies éoliennes, les cellules photovoltaïques, les

biocarburants étaient déjà maîtrisées et avaient fait l'objet de nombreux brevets (par exemple, la première cellule photovoltaïque a été inventée et utilisée par les Bells Labs en 1954). La période n'a pas connu de choc sociologique particulier car les mouvements écologiques et le désir d'une consommation plus respectueuse de l'environnement existent depuis les années 1970 en Californie. La période n'a pas subi de choc économique particulier, même si le prix du pétrole a augmenté en 2004 et 2005, les travaux des économistes montrent, qu'à prix constants, ils ne sont pas plus élevés que lors des chocs pétroliers de 1973-1974 et de 1979-1980. La question est donc de savoir ce qui a changé dans le contexte des années 2000 pour que la phase d'exploitation des technologies écologiques soit initiée et que des start-up soient créées dans ce secteur.

Au début des années 2000 dans la Silicon Valley, un changement important fut que certaines SCR ont commencé à investir dans des start-up développant des technologies écologiques. De ce fait, les SCR ont initié leur rôle de « transiteurs » de l'innovation dans un nouveau secteur industriel. Ainsi la SCR Nth Power, fut créée en 1997 à San Francisco pour investir dans les technologies écologiques avec un premier fond de 30 millions de dollars, ce qui est peu important par rapport aux fonds investis à l'époque dans les start-up informatiques (en 2001, Nth Power aura 190 millions de dollars en gestion et 425 millions en 2007). De même, en 2000, Vantage Point Venture Partner, basée à San Bruno (Silicon Valley), commença à investir dans ce secteur. Rockport Capital, SCR basée à Menlo Park (Silicon Valley) fut fondée en 2001 avec un premier fond de 125 millions de dollars (puis

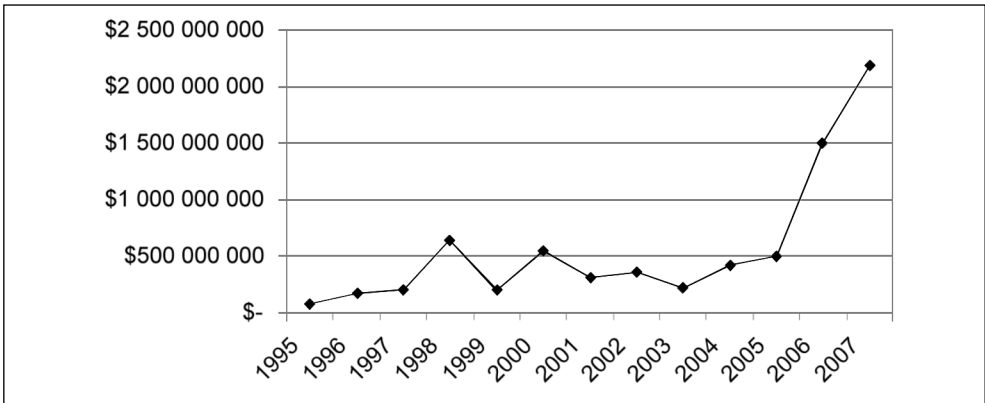
un deuxième de 261 millions en 2006). En 2003, la Californie a bénéficié de 339 millions d'investissement en capital-risque dans les technologies écologiques, puis de 357 millions en 2004 (+5,3 %), 484 millions en 2005 (+35,5 %), 509 millions en 2006 (+5,1 %) et 1,05 milliard en 2007 (+106 %) (Stack, 2007).

En 2004-2005, les investissements en capital risque dans les technologies écologiques ont connu le début d'une augmentation importante aux États-Unis (graphe 1a) et plus particulièrement dans la Silicon Valley. 2006, marque une très forte croissance des investissements en capital-risque et donc corollairement la création d'entreprises dans les industries dans ce secteur (graphe 1b). Cette année-là, Draper Fisher Juvertson, une des SCR les plus réputées de la Silicon Valley, a levé un fond 284 millions de dollars pour investir exclusivement dans les technologies écologiques. En 2006, KPCB, la plus réputée des SCR de la Silicon Valley (notamment pour avoir financé la création de Netscape, Amazon, Sun Microsystems, Compaq, Electronic Arts, Gentech et Google) a annoncé qu'un tiers de son nouveau fond de 600 millions de dollars serait investi dans des start-up développant des technologies écologiques. En 2007, KPCB a recruté comme associé, Al Gore, l'ancien vice-président des États-Unis qui a reçu le prix Nobel de la paix pour son action contre le réchauffement de la planète. Aux États-Unis, en 2007, 2,2 milliards de dollars ont été investis dans 201 start-up relevant des technologies écologiques contre 1,5 milliard investi dans 128 start-up en 2006. En 2007, sur les 9 premiers mois de l'année, les trois sociétés de capital risque américaines qui ont le plus investi dans des start-up écologiques sont implantées dans la Silicon Valley (Khosla Ventures

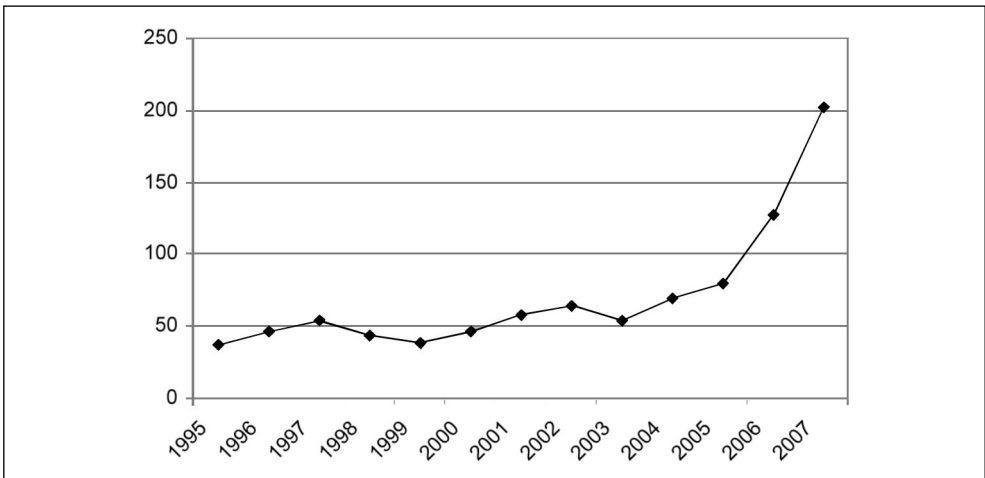
a réalisé 14 investissements pour un montant total de 68,4 millions de dollars; Draper Fisher Jurvetson, 14 investissements pour un montant total de 38,5 millions et KPCB, 11 investissements pour un montant total de 76,8 millions de dollars). Lors des neuf premiers mois de l'année 2007, sur 149 inves-

tissements réalisés dans des start-up écologiques, 68 ont été réalisés dans la Silicon Valley (soit 45,6 % des investissements) ce qui représente 726,2 millions de dollars sur les 1692 millions investis aux États-Unis dans les technologies écologiques sur cette période (soit 43 % des investissements)⁴.

Graphe 1a – Investissements en capital risque dans les technologies écologiques aux États-Unis



Graphe 1b – Nombre de start-up écologiques financées par des sociétés de capital-risque aux États-Unis



Source : National Venture Capital Association.

4. National Venture Capital Association.

En 2008, la plus importante société au monde de production de cellules photovoltaïques, SunPower est une start-up de la Silicon Valley, dont le chiffre d'affaires fut de 774 millions de dollars en 2007 et a connu la plus forte progression à la Bourse du Nasdaq cette année-là.

Entre 2002 et 2006, avec l'augmentation du nombre de SCR et de capitaux dédiés aux technologies écologiques, s'est constitué dans la Silicon Valley, le chaînon qui manquait pour assurer la transition des innovations technologiques écologiques radicales de la phase d'exploration à la phase d'exploitation. Le fait que les SCR investissent dans ce secteur a initié un cercle vertueux en envoyant un signal aux autres acteurs de la Silicon Valley concernant l'opportunité économique que représentaient ces technologies écologiques.

Ce signal a contribué à modifier le comportement des autres acteurs (universités, grandes entreprises, avocats, consultants, médias, etc.). En amont du cycle de vie de l'innovation, des lieux traditionnels d'exploration se sont orientés vers les technologies écologiques. Ainsi, en 2003, l'université de Stanford a lancé le *Global Climate & Energy Project*, un projet de 225 millions de dollars sur 10 ans financé notamment par General Electric, ExxonMobil, Schlumberger et Toyota, regroupant plus de 70 chercheurs sur le campus et 300 thésards et post-docs pour des programmes en recherche fondamentale et en recherche précommerciale. En 2004 fut créé le *Woods Institute for the Environment* à Stanford pour soutenir et coordonner 340 chercheurs et enseignants dans les problématiques de l'environnement et en 2006, le *Precourt Institute for Energy Efficiency* fut créé pour soutenir la recherche dans l'efficacité éner-

gétique. En 2005, le Xerox/PARC a lancé le *Clean Tech Innovation Program* pour favoriser la recherche dans les technologies écologiques notamment dans les domaines de l'énergie solaire, des cellules photovoltaïques, de la purification de l'eau, de la gestion de l'énergie et de la réduction de la consommation de papier. Au cours de cette période, les grandes entreprises étrangères qui avaient décidé de pénétrer le marché des technologies écologiques sont venues s'implanter dans la Silicon Valley et, de fait, elles ont renforcé les compétences du cluster dans ce domaine. Ainsi, des entreprises comme British Petroleum (BP finance notamment la recherche à Berkeley), Kio-cera, Kaco, Mitsubishi Electric, Sanyo ou Sharp ont implanté des unités de recherche dans la région.

En aval, les prestataires de services se sont développés. Ainsi les cabinets d'avocats de la Silicon Valley ont commencé à créer des départements spécialisés dans les technologies écologiques. En 2007, le plus célèbre cabinet d'avocats de la Silicon Valley, Wilson, Sonsini, Goodrich & Rosati (plus de 900 juristes représentant plus de 2000 entreprises high-tech dont 300 cotées en Bourse) a annoncé la création d'une équipe spécialisée dans les technologies écologiques. D'autre part, en 2008, le *California Solar Energy Industries Association* recense en Californie plus de 40 consultants dans le domaine de l'énergie solaire et plus d'une centaine d'installateurs d'équipements solaires.

Enfin, à partir de 2006-2007, les grandes entreprises de la Silicon Valley, se sont engagées dans le mouvement écologique et sont de ce fait devenues des clients des start-up de technologies écologiques de la région. Des entreprises comme Intel,

Google, Cisco Systems ou AMD (autant d'entreprises qui lors de leur création ont été financées par les SCR qui aujourd'hui investissent dans des technologies écologiques) se sont données des objectifs d'équipements en panneaux solaires, de réduction en émissions de gaz carboniques, d'utilisation de voitures écologiques, etc.

Le développement de la voiture électrique dans la Silicon Valley illustre le rôle de la création d'entreprises et des SCR dans le processus interorganisationnel d'industrialisation d'une innovation radicale. La fabrication en série d'une voiture électrique ayant des performances identiques à celles d'une voiture à essence est un enjeu mondial depuis des dizaines d'années. Les grands constructeurs automobiles investissent des montants importants en R&D. Cependant, aucune voiture entièrement électrique n'est commercialisée en grande série. Le fait que désormais les SCR investissent massivement dans les technologies écologiques a modifié la situation. En 2003, dans la Silicon Valley a été fondé la start-up Tesla Motors avec pour objectif de construire en série une voiture électrique autonome sur plus de 300 km. L'essentiel des fondateurs et des dirigeants sont originaires d'entreprises de la Silicon Valley et/ou ont fait leurs études dans la région. En 2006, l'entreprise a réalisé un premier tour d'investissements de 40 millions de dollars auprès de SCR de la Silicon Valley comme Vantage Point Venture, Draper, Fisher & Juvertson et Technology Partners mais également d'investisseurs individuels de la région (Elon Musk, fondateur de PayPal, et Larry Page et Sergey Brin, fondateurs de Google), puis de 45 millions de dollars en 2007 et de 40 millions en 2008 auprès des mêmes investisseurs. En 2006, Tesla

Motors a prévenu 220 exemplaires de son premier modèle à des clients pour l'essentiel californiens (chaque acheteur a effectué un dépôt de réservation de 100 000 dollars). En 2007, le nombre de préventes était de 500. En juillet, 2007, Tesla a ouvert son premier espace commercial à Menlo Park, dans un bâtiment loué par l'université de Stanford. Le premier modèle est sorti d'usine le 1^{er} février 2008 et la production prévue (et déjà vendue) pour 2008 est de 650 modèles. L'industrialisation de cette innovation radicale résulte des interactions entre une grande diversité d'acteurs géographiquement localisés au sein d'une même région. Le projet a été « exploré » et « incubé » clandestinement dans des grandes entreprises et des universités de la région. La phase de transition est financée par des SCR de la région et l'entreprise recrute localement ses salariés. Enfin, les premiers clients et les partenaires industriels de la start-up sont également localisés dans la Silicon Valley.

CONCLUSION

L'innovation technologique radicale peut résulter d'une coordination intra-organisationnelle ou interorganisationnelle. Les mécanismes de coordination doivent assurer une continuité entre les activités d'exploration et les activités d'exploitation de l'innovation radicale. Dans les deux cas, la phase de transition est une phase critique dans laquelle peut s'interrompre le cycle de vie de l'innovation.

Les clusters de hautes technologies constituent une forme élaborée de réseaux d'organisation qui génèrent et développent des innovations radicales. Cependant, si la forme structurelle de la start-up sous-tend

la phase de transition, l'entrepreneur n'est pas un agent isolé. Son succès dépend de la qualité de son encastrement dans un réseau d'experts et plus particulièrement du soutien financier des SCR. Ces derniers jouent un rôle de « transiteurs » de l'innovation en solvabilisant la demande l'entrepreneur, en sélectionnant les meilleurs start-up, en les signalant au réseau d'organisations du cluster, en apportant à l'entrepreneur des connaissances spécifiques à la phase de transition et en l'encadrant socialement avec les autres acteurs du réseau.

L'exemple de la Silicon Valley montre que la décision des SCR d'investir ou non dans de nouvelles technologies a une influence importante sur le franchissement par ces innovations de la phase de transition pour passer à la phase d'exploitation industrielle. Ce rôle spécifique tenu par les SCR dans le cycle de vie de l'innovation radicale coordonnée de manière interorganisationnelle au sein de la Silicon Valley peut constituer une perspective de recherche et d'analyse intéressante des « pôles de compétitivité » français dont la finalité est de générer des innovations radicales. L'exemple de la Silicon Valley montre que l'absence de SCR au sein d'un cluster de hautes technologies constitue une forme de chaînon manquant dans la coordination interorganisationnelle de l'innovation radicale. À l'heure de la création des pôles de compétitivité, il convient de noter l'extrême concentration parisienne des SCR en France puisque près de 80 % d'entre-elles se situent dans la capitale alors que la grande majorité des

71 pôles de compétitivité se trouvent en province. L'État tente de suppléer cette absence par l'implantation dans ces pôles d'antennes d'Oséo (agence publique de financement des entreprises) et en favorisant la création d'incubateurs. Les pouvoirs publics d'autres pays, notamment la Chine, l'Inde ou Israël, s'efforcent eux de favoriser une industrie du capital-risque décentralisée dans les technopoles qu'ils créent afin de supporter la création d'entreprises innovantes. L'analyse du cluster de hautes technologies de la Silicon Valley met en évidence la nature des compétences et des acteurs complémentaires dont la proximité géographique est nécessaire à une coordination interorganisationnelle efficiente de l'innovation radicale. Elle ouvre de ce fait des pistes d'action aux pouvoirs publics pour reproduire une telle agglomération d'acteurs. L'exemple de Silicon Valley devrait inciter les pouvoirs publics à favoriser l'émergence d'une industrie du capital-risque pour favoriser le développement de start-up innovantes. La dynamique innovante des pôles de compétitivité souffre de cette absence de SCR. Pour favoriser la création d'une industrie du capital-risque, les pouvoirs publics pourraient envisager de reconsidérer, voire de supprimer, les activités d'Oséo car cette institution exerce une concurrence « déloyale » aux SCR sans avoir la même contribution que ces acteurs privés. D'autre part, l'État pourrait conditionner la labellisation des pôles de compétitivité à la localisation d'une ou des SCR dans l'espace géographique du pôle.

BIBLIOGRAPHIE

- Broustail J. et Fréry F., *Le management stratégique de l'innovation*, Précis Dalloz, 1993.
- Burns et Stalker, *The Management of Innovation*, Tavistock, Londres, 1961.
- Burgelman R., Christensen C. et Wheelwright S., *Strategic Management of Technology and Innovation*, Mc Graw-Hill, 2004.
- Chanal V. et Mothe C. « Concilier innovations d'exploitation et d'exploration. Le cas du secteur automobile », *Revue française de gestion*, vol. 31, n° 154, 2005, p. 173-191.
- Christensen C., "Making Strategy: Learning by Doing", *Harvard Business Review*, Novembre/Decembre 1997, p. 141-156
- Christensen C. et Overdorf M., "Meeting the Challenge of Disruptive Change", *Harvard Business Review*, March-Avril 2000, p. 66-76.
- Dibiaggio L. et Ferrary M., « Communautés de pratique et réseaux sociaux dans la dynamique de fonctionnement des clusters de hautes technologies » *Revue d'Économie Industrielle*, n° 103, 2003, p. 111-130.
- Ferrary M., "The gift exchange in the Social Networks of Silicon Valley", *California Management Review*, vol. 45, n° 4, 2003a, p. 120-138
- Ferrary M., "Managing disruptive technologies life cycle by externalizing the research. Social network and corporate venturing in the Silicon Valley", *International Journal of Technology Management*, vol. 25, n° 1-2, 2003b, p. 165-180.
- Ferrary M., « Apprentissage collaboratif et réseaux d'investisseurs en capital-risque », *Revue française de gestion*, avril, vol. 32, n° 162, 2006, p. 171-181.
- Ferrary M. et Granovetter M., "The role of venture capital firms in Silicon Valley's complex Innovation Network", *Economy and Society* (à paraître 2009).
- Gompers P. et Lerner J., *The Venture Capital Cycle*, MIT Press, 2004.
- Granovetter M., "The Impact of Social Structure on Economic Outcomes", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 19, n° 1, 2005, p. 33-50
- Joint-Venture, *Index of Silicon Valley*, Joint-Venture, 2008.
- Kenney M., *Understanding Silicon Valley*, Stanford Business Books, 2000.
- Lawrence et Lorsch, *Adapter les structures de l'entreprise*, Éditions d'Organisation, 1967.
- Lee C., Miller W., Hancock M. et Rowen H., *The Silicon Valley Edge. A habitat for innovation and entrepreneurship*, Stanford Business Books, 2000.
- Levinthal D. et March J., "The Myopia of Learning", *Strategic Management Journal*, vol. 14, 1993, p. 95-112.
- Longhi C. et Quéré M., « La technopole comme système industriel localisé : éléments d'analyse et enseignements empiriques », *Économie et Société*, 8, 1991, p. 21-42.
- March J., "Exploration and exploitation in organizational learning", *Organization Science*, vol. 2, n° 1, 1991, p. 71-87.
- Marshall A., *Principle of Economics*, 8th edition, London, MacMillan, 1920.
- Midler C., *L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise*, Interéditions, 1993.
- Mintzberg H., *Structures et dynamique des organisations*, Éditions d'Organisation, 1982.

- Nelson R. et Winter S., *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press, 1982.
- O'Reilly C. et Tushman L., "The Ambidextrous Organization", *Harvard Business Review*, April 2004, p. 74-81
- Perez R., *Inside Venture Capital*, Praeger, 1986.
- Pettigrew A., "Longitudinal Field Research on Change: Theory and Practice", *Organization Science*, vol. 1, n° 3, 1990, p. 267-292.
- Piore M. et Sabel C., *The Second Industrial Divide*, Basic Books, 1984.
- Porter M., "Clusters and the New Economics of Competition", *Harvard Business Review*, Novembre-Décembre 1998, p. 77-90.
- Saxenian A., *Regional Advantage*, Harvard University Press, 1994.
- Stack J., *Cleantech venture capital: how public policy has stipulated private investment*, Cleantech Venture Network, 62, 2007.
- Storper M., *The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*, New York, Guilford Press, 1997.
- Wheelwright S. C. et Clark K. B., *Revolutionizing Product Development*, The Free Press, 1992.