

Proximité Géographique et Innovation

Nadine MASSARD et André TORRE (avec la collaboration d'Olivier CREVOISIER)

in Pecqueur B. et Zimmermann J.B. (eds), 2004, *Economie de Proximités*, Hermès, Paris

L'intérêt manifesté par les économistes de l'espace pour les questions d'innovation est récent. Longtemps confrontés à des difficultés de reconnaissance de leurs pairs et de mise en forme de leurs idées et intuitions, ils ont souvent préféré se tourner vers des sujets plus balisés et n'entretenir que des rapports distendus avec les théoriciens du progrès technique puis, plus tard, des changements et évolutions économiques. Quelques exceptions existent toutefois, avec les travaux pionniers d'Hagerstrand (1967) sur la question de la diffusion de l'innovation au niveau régional puis, au cours des années 70 et 80, avec les recherches menées par Malecki (1983), qui ont pavé la voie des analyses actuelles, jetant les premiers ponts entre les deux approches et explorant de manière systématique les dimensions locales, régionales, productives et institutionnelles du processus d'innovation.

Si Schumpeter a mis très tôt l'accent sur l'apparition en grappe des innovations ou les regroupements d'entrepreneurs innovateurs, la question de l'espace n'est pas présente dans ses analyses, et les avancées de Perroux sur la firme motrice dans sa Région motrice oublient un peu cette dimension au profit de déterminants plus industriels. Il faut attendre Nelson (qui avait lancé, dès 1962, Thompson sur la piste de la localisation des activités d'innovation) pour voir se répandre, avec les systèmes nationaux d'innovation, l'idée que l'innovation peut s'inscrire de manière privilégiée dans certains espaces. C'est pourtant la dimension institutionnelle qui est le plus souvent mise en avant dans ce type de travaux, avec une emphase particulière sur les incitations publiques ou les phénomènes organisationnels.

En dépit de l'importance des conclusions tirées des analyses en termes d'externalités technologiques locales, de localisation des firmes et de polarisation, il faut attendre les années 80 pour voir se rejoindre les recherches sur les systèmes locaux, tels que les districts et les milieux, les approches en termes d'externalités et les analyses des processus d'innovation¹. Géographie de l'innovation, districts technologiques, milieux innovateurs, clusters d'innovation, technopoles... les termes fleurissent, correspondant souvent à des visions différentes du processus d'innovation et de son inscription spatiale. Toutefois, en dépit de leurs divergences, ces approches présentent un terme commun : non seulement elles considèrent que l'innovation peut posséder une dimension spatiale forte et que les firmes retirent un avantage à se localiser dans le même espace, mais elles croient également

¹ On peut se reporter ici pour les premières revues aux numéros spéciaux consacrés à cette question en 1999 par *Economics of Innovation and New technology*, *Regional Studies*, *Cambridge Journal of Economics*, ou plus récemment en 2001, *Industrial and Corporate Change*.

aux vertus de la proximité géographique, qui constituerait le ferment principal de regroupement des firmes au niveau régional ou local.

Nous présentons ci-dessous les recherches qui partagent cette conception, en commençant par les analyses en termes de systèmes localisés de production et d'innovation (I), avant d'aborder les approches économétriques d'évaluation de la dimension géographique des externalités de technologie (II). Nous terminons par la mise en évidence des ambiguïtés de ces deux courants, ambiguïtés qui ne pourront être levées que par l'étude attentive des canaux de transmission des innovations et de leur dimension spatiale (III). A chaque fois, nous discutons de la place jouée par la proximité géographique dans ce type de travaux, en essayant de pointer les apports et limites des approches ainsi considérées.

I. Les vertus supposées de la proximité géographique : les analyses en termes de systèmes localisés de production et d'innovation

Ce n'est que très progressivement que la littérature académique concernant le développement régional et la localisation des entreprises s'est intéressée aux questions d'innovation, la mise en évidence des relations de proximité géographique et de leur importance reposant tout d'abord sur une approche en termes de réseau local, qui donnera naissance à ce qu'il est convenu aujourd'hui d'appeler les analyses des Systèmes Localisés de Production et d'Innovation.

Certains auteurs se sont tout d'abord attachés à réactualiser la théorie des pôles de croissance de Perroux et Hirschman, en approfondissant ses dimensions technologiques et en la prolongeant à l'aide de concepts spatialisés tels que les complexes industriels ou d'innovation (Lasuen, 1972 ; Thomas, 1975). Dans ces recherches, l'accent est mis sur le rôle de l'innovation et ses effets cumulatifs dans le processus de polarisation, par l'effet de la production d'innovation et leur diffusion au sein du pôle de croissance, compte tenu des mécanismes d'adoption. La firme motrice, qui consacre une part importante de ses investissements à l'effort de recherche-développement, est susceptible de générer des inventions et, par la suite, des innovations sur le marché. Si une innovation apparaît profitable, elle se diffuse alors parmi les entreprises technologiquement associées au pôle et en mesure de l'utiliser. Un tel processus est toutefois limité aux plus grands pôles de croissance ; dans les autres, la firme motrice ne génère pas d'innovations, mais est simplement la première à l'adopter au niveau local.

D'autres auteurs (Friedmann, 1972) ajoutent à cette taxonomie de la diffusion locale de l'innovation des formes de polarisation qui appréhendent les effets cumulatifs d'innovations successives et leurs résultats dans l'attraction d'agents possédant un caractère créatif ou innovant. De nouveaux comportements et une nouvelle valeur apparaissent alors dans la gestion des actifs humains localisés. Cette approche reste cependant pauvre en termes d'analyse de la concentration géographique des activités d'innovation. Si elle accorde une large place aux interactions entre firmes, elle fait clairement référence à deux variables spécifiques dans l'organisation des firmes innovatrices au sein d'un système localisé de production : le montant des dépenses de recherche-développement est considéré comme une mesure satisfaisante du processus d'innovation, et l'organisation du réseau local d'activités innovatrices est toujours perçue de manière hiérarchique, la diffusion se faisant des grandes entreprises vers plus petites. Il n'y a donc pas de construction commune

ou interactive de l'innovation, alors que la proximité géographique ici considérée est avant tout circonscrite par les limites du territoire envisagé.

Partant d'une problématique d'économie de l'innovation, la notion de Système National d'Innovation peut être également considérée comme une tentative d'analyse spatialisée des processus d'innovation, deux conceptions concurrentes nourrissant chacune un type particulier de rapport au local². D'un côté domine une vision structurelle et descriptive, qui insiste sur la mise en place de cadres institutionnels nécessaires au développement et à la gestion d'un SNI pré-constitué et met l'accent sur le cadre formel de l'Etat Nation (Nelson, 1993). De l'autre, certains auteurs qui relient plus clairement la notion de SNI au courant évolutionniste insistent sur les externalités, les interdépendances, les boucles rétroactives et les apprentissages collectifs (Andersen, Lundvall, 1994), la référence à la nation restant faible. Il en résulte de multiples notions des systèmes régionaux d'innovation, systèmes localisés d'innovation ou "local growth poles" (Maskell et Malmberg, 1999), qui révèlent deux conceptions de la référence au local. Soit l'enjeu reste la recherche d'un cadre, éventuellement territorial, servant de substrat à une analyse structurelle et descriptive. Le passage du national au local n'implique pas alors de changement de perspective, on reporte simplement l'analyse à un niveau différent. Soit il s'agit de développer une vision plus dynamique, dans laquelle l'espace pertinent n'est plus prédéfini mais peut se créer à plusieurs niveaux de cohérence temporairement stabilisés. L'analyse du rôle de la proximité géographique devient alors un enjeu important.

1. Les clusters de technologie

Les approches de clusters (Porter, 2000 ; Feser, 1998), font avant tout référence aux vertus du regroupement de différentes firmes au sein d'un même espace géographique. Ici encore, la proximité géographique est souvent jugée souveraine, et porteuse de bénéfices en termes de circulation de connaissances, de diffusion d'une culture commune ou de constitution d'un capital humain ou social au sein de l'aire considérée. Tous les clusters ne sont pas articulés autour de l'innovation. Quand c'est le cas, il s'agit parfois de complexes de haute technologie extrêmement performants, comme la Route 128 et la Silicon Valley (Saxenian, 1991), au sein desquels se trouvent co-localisées de nombreuses entreprises high tech et pour lesquels les auteurs suggèrent que la concentration de la R&D industrielle et la combinaison de connaissances tacites et codifiées jouent un rôle majeur. Les réseaux de firmes semblent également occuper une position prééminente, dans la mesure où ils constituent les principales sources des nouvelles idées et connaissances qui contribuent au processus d'innovation : le regroupement de firmes relevant d'industries associées permet une disponibilité en matière d'expertises et de connaissances technologiques et favorise le développement de relations entre offreurs et utilisateurs des technologies, qui se trouvent au cœur du processus d'innovation.

Toutefois, les essaimages (*spin off*) et les relations marchandes ne doivent pas être négligés, même si le rôle joué par les travailleurs hautement qualifiés dans le domaine de l'innovation semble occuper une position centrale dans la création et la diffusion de nouvelles connaissances (Glassmeier, 1988). Travailleurs spécialisés et institutions locales servent de catalyseur dans un processus d'innovation technologique de nature

² Cf. Bellet, Massard et Solal in M. Feldman et N. Massard (2002).

fondamentalement interdépendante. On notera toutefois que le statut de la connaissance ici évoquée n'est que rarement précisé (s'agit-il d'information ? de connaissance tacite ? codifiée ?...) et que la proximité géographique se voit le plus souvent réduite à l'appartenance à un système dont les références sont avant tout de nature organisationnelle ou productive.

L'approche en termes de clusters, qui reste très générale, n'apporte que peu d'éléments d'explication sur les modalités de production et de diffusion de l'innovation au niveau local, et encore moins sur le caractère situé des activités innovantes, *i.e.* sur le rôle joué par l'espace dans la genèse et l'utilisation conjointe des innovations. Pour éclairer ces questions, on peut considérer l'analyse en termes de complexe régional d'innovation (Stohr, 1986), qui prend en compte des facteurs comme l'éducation, les institutions de formation professionnelle, la gestion de la technologie et le financement par capital-risque afin d'expliquer les synergies locales, mais le degré de généralité reste encore trop fort et ne permet pas de traiter du lien avec la proximité, noyé qu'il est dans un espace purement régi par des limites de nature institutionnelle. On reste là encore très proche de la perspective première des systèmes nationaux de production et d'innovation puis de leur variante localisée. Ces recherches présentent l'intérêt de mettre à jour les conditions institutionnelles d'une production d'innovation au niveau régional (par exemple, les politiques en termes d'aides à l'innovation, de formation des ingénieurs et des scientifiques, ou de promotion des relations science-industrie), mais n'apportent pas de réponse à la question du rôle joué par la proximité géographique dans les processus d'innovation.

En fait, c'est plutôt au niveau des conceptions systémiques du local que l'on trouve des réponses à ces questionnements. Cette littérature conclut à l'importance de la proximité géographique dans le processus de diffusion des connaissances et vise avant tout à mettre en évidence les avantages procurés par les regroupements de firmes de technologie porteurs de potentialités de développement. Des recherches ont ainsi été consacrées à des sujets tels que les districts technologiques (Antonelli 1994), les technopoles ou les parcs scientifiques (Monck et al. 1988, Longhi, 1999), les milieux innovateurs (Ratti et al. 1997, Crevoisier 2001), dans le but de mettre à jour les liens complexes entre concentration spatiale et avantage technologique puis de révéler la composante organisationnelle sous-jacente à ce type de fonctionnement local. Au delà de leurs divergences, ces approches présentent deux caractéristiques communes : elles postulent l'efficacité du local et mettent l'accent sur l'importance de la composante organisationnelle par le biais du recours aux réseaux.

2. Les districts industriels et technologiques

Les recherches portant sur les districts industriels, qui prennent naissance dans les travaux de Marshall, ont été avant tout popularisées par Becattini, qui leur a donné leur forme contemporaine et a développé les intuitions en germe dans le texte du père fondateur de l'économie spatiale. La constatation du succès persistant des firmes de petite taille localisées dans des aires géographiques particulières de la Troisième Italie a conduit Becattini à élaborer une analyse qui préfigure l'approche contemporaine des clusters et fonde les vivions en termes de capital social, de confiance et de réseaux locaux de nature interpersonnelle. La caractéristique la plus évidente du district industriel réside en effet

dans la mise en réseau de nombreuses petites firmes sur une aire géographique bien délimitée, au travers du mélange de relations de concurrence et de coopération.

Le district industriel n'est pas le résultat d'une concentration (accidentelle) d'entreprises attirées par des facteurs initiaux favorables, tels que des ressources primaires par exemple, mais bien celui d'un enracinement de nature organisationnelle dans le territoire, qui rend difficile pour les producteurs le dégageant du lieu. Cette liaison privilégiée est due à l'existence d'externalités de proximité qui constituent un bien commun à la disposition de tous au sein du district, externalités génératrices d'effets internes positifs et à l'origine d'un verrouillage des entreprises sur cette zone. L'une des composantes majeures de ces externalités est la présence d'une ressource humaine localisée, dépositaire d'un savoir-faire spécialisé, qui s'accroît par des apprentissages successifs et présente deux caractéristiques. Tout d'abord, les entreprises sont certaines de trouver, dans leur environnement immédiat, des compétences qu'elles auraient beaucoup de difficultés à se procurer ailleurs, ce qui contribue à les fidéliser et à augmenter leur préférence pour le district. Ensuite, de nombreux travailleurs, une fois formés, peuvent devenir des entrepreneurs indépendants, se livrant ainsi à une activité d'essaimage. Les approches les plus récentes en la matière (Asheim, 1996 ; Markussen,...), mettent l'accent sur la flexibilité des processus de production, qui peuvent permettre, comme c'est le cas dans les districts technologiques, de favoriser la création et la diffusion des innovations au niveau local grâce au fort volume d'interactions généré par l'effet de réseau local.

3. Les technopoles

Les recherches consacrées aux technopoles, souvent de nature moins théorique, cherchent à mettre en évidence l'intérêt, en termes de production d'innovations, d'un regroupement de firmes de haute technologie sur un même territoire, non seulement pour des raisons de concentration des potentiels de recherche ou d'innovation, mais encore par les effets de synergie résultant des collaborations entre firmes indigènes.

L'idée originale, davantage opérationnelle que théorique, consiste à rassembler des firmes de haute technologie au sein d'une aire géographique bien définie (souvent de petite dimension) afin de faciliter la communication entre les scientifiques et de susciter les synergies locales en matière d'innovations technologiques. Parfois appelées parcs scientifiques, ces zones combinent la localisation, la production de haute technologie, des relations d'échange entre les acteurs comme les firmes et/ou les laboratoires scientifiques privés et publics, et les réseaux de coopération. Ce concept repose principalement sur l'hypothèse selon laquelle la proximité géographique facilite la communication entre les ingénieurs des différentes firmes. Cependant, il apparaît que de tels échanges ne sont pas limités à des informations relativement standardisées, qui pourraient être transférées à l'aide de schémas ou d'instructions sans nécessiter l'apport explicite et répété des réunions entre techniciens et ingénieurs. Il existe donc certaines formes spécifiques de connaissances qui nécessitent une proximité géographique, ainsi que de nombreux échanges entre les participants, pour être diffusées et appropriées. Les termes de "fertilisation croisée" et "effets cafétéria" illustrent cette démarche et la nécessité d'échanges technologiques informels au niveau local, si bien que la nature "technopolitaine" de tels systèmes dépend à la fois du type de ressources qu'ils offrent (en particulier en matière de RD) et de la densité

et de la pérennité des coopérations industrielles qui associent les firmes appartenant aux mêmes réseaux.

Le rôle joué par les pouvoirs publics rejoint ici la dimension institutionnelle déjà soulignée dans l'approche des Systèmes Nationaux et Localisés d'Innovation. En cela les technopoles oscillent entre deux logiques : instrument d'une pure logique volontariste d'Aménagement du Territoire ou véritable instrument de développement local fondé sur l'innovation.

4. Les milieux innovateurs

L'approche par les milieux innovateurs a été développée par le Groupe de recherche européen sur les milieux innovateurs (GREMI) avec comme objectif de documenter et de comprendre comment et pourquoi certaines régions se révèlent plus innovatrices que d'autres (Maillat, Quévit et Senn 1993 ; Ratti et Bramanti 1997 ; Crevoisier et Camagni 2000 ; Crevoisier 2001). Un milieu innovateur est défini comme un ensemble d'acteurs (entreprises, institutions, etc.) territorialisé, c'est-à-dire localisé et plus ou moins ancré dans un territoire, ensemble dans lequel les interactions se développent de manière multilatérale et sont génératrices d'externalités spécifiques à l'innovation et par la convergence des apprentissages vers des formes de plus en plus performantes de gestion en commun des ressources.

Le milieu innovateur est un idéal-type constitué de trois dimensions :

- l'innovation technologique, les apprentissages et les savoir-faire comme principe de compétitivité ;
- les systèmes de production, les réseaux – ces derniers incluant les règles de concurrence coopération et le capital relationnel – comme principe organisationnel ;
- l'opposition entre la proximité et la distance - l'ici et l'ailleurs -, considérées comme des construits, comme principe territorial.

Cette approche, élaborée au cours de nombreuses études de terrain dans des contextes régionaux très contrastés, a apporté deux types de résultats :

- sur le plan théorique, l'*idéal type* du milieu innovateur peut être appliqué à différentes situations concrètes. Dans la réalité, il n'existe bien entendu pas de milieu innovateur tel que décrit dans la théorie du GREMI, mais cette approche permet d'aborder de manière opérationnelle les problèmes de développement régional. A partir de cela, il fournit des indications normatives permettant d'identifier des possibilités d'amélioration de la capacité innovatrice à l'échelle régionale. L'efficacité de cette démarche a été validée par les études de cas, qui montrent que cette construction correspond idéalement à ce que l'on trouve dans les régions qui innovent, respectivement est absente des régions qui innovent moins.

- sur le plan empirique, ces travaux suggèrent qu'existe, à l'échelle régionale, une capacité spécifique à faire émerger de nouveaux produits et de nouveaux services qui demandent une approche multifonctionnelle, à savoir que différents aspects de la nouveauté (p. ex. le développement en parallèle de la technologie et la création du marché pour un produit qui n'existe pas encore) ne peuvent être pensés de manière séquentielle et

monofonctionnelle. De telles innovations ne semblent pas pouvoir émerger dans des réseaux qui ne reposent pas sur une expérience antérieure commune relevant du territoire. Dans un tel cas, le réseau d'innovation repose largement sur la proximité. De localisée, l'innovation peut devenir localisante, en particulier si l'innovation n'est pas stabilisée et poursuit son évolution. Dès que la dynamique de changement est stabilisée, la logique de la division spatiale du travail reprend le dessus. Autre résultat intéressant, le milieu a des effets considérables sur l'idéation, c'est-à-dire la phase durant laquelle l'idée du nouveau produit ou du nouveau service émerge. Les projets d'innovation développés par un innovateur localisé à Paris ou en Tunisie seront très différents. L'approche par les milieux rend compte du rôle du contexte géographique dans l'émergence des projets d'innovation en considérant les ressources que des acteurs innovateurs sont à même de mobiliser dans un milieu donné. Le territoire est la matrice des processus d'innovation et tout à la fois porte leur empreinte.

La capacité d'un milieu à faire exister les problèmes productifs, à leur trouver des solutions (qui débouchent sur de nouvelles interrogations, et ainsi de suite...), détermine sa compétitivité, est répartie de manière inégale dans l'espace et n'apparaît qu'à certains moments de l'histoire. C'est à identifier ces portions d'espace-temps particulières que sert l'approche par les milieux innovateurs.

Ainsi, l'idée que les systèmes productifs bénéficient d'une concentration spatiale des activités de recherche et d'innovation est aujourd'hui largement admise, la proximité géographique apparaissant comme une condition essentielle de la réussite technologique, en particulier quand il s'agit de PME. Toutefois, les vertus, voire les caractéristiques, des processus de concentration spatiale ainsi engagés restent peu apparents, qu'il s'agisse des modalités de transmission des innovations ou des connaissances au niveau local, ou encore des formes prises par les relations de proximité géographique.

II. Les méthodes économétriques d'évaluation de la dimension géographique des externalités de connaissance

Alors que les recherches précédentes posent généralement comme un a-priori le fait que la proximité géographique joue un rôle dans le processus d'innovation et de transmission des savoirs, les travaux sur les externalités géographiques cherchent à définir, en amont, les principaux fondements de la structuration géographique des activités d'innovation en ne limitant pas l'analyse à des espaces délimités pré-existant. Ce faisant, ils correspondent fortement aux hypothèses sur la proximité géographique, qui ne postulent pas le local.

La mise en évidence et l'étude des externalités positives de localisation sont une constante de l'analyse spatiale, sur la base de deux approches concurrentes mais parfois très proches, respectivement issues des travaux de Marshall et de Weber et Hoover. Si, dans le premier cas, il s'agit avant tout de l'analyse des externalités positives, qui se traduit par la proposition bien connue selon laquelle « les secrets de l'industrie sont dans l'air » et donne naissance à l'analyse en termes de districts, la seconde voie de recherche repose sur l'hypothèse qu'existent des économies d'agglomération, dont le nom même traduit bien les

bénéfices retirés de la co-localisation des entreprises ou des particuliers. Demeure toutefois une constante commune à ces deux approches, celle de la non-prise en compte des processus d'innovation.

En dépit de l'importance des conclusions théoriques issues de l'hypothèse d'externalité technologique locale, ce n'est qu'à la fin des années 80 qu'émergent les premiers travaux d'économétrie appliquée tentant de fournir des points d'appuis empiriques à cette hypothèse. Regroupées, depuis la parution, en 1994, de l'ouvrage de Feldman, sous le vocable de "géographie de l'innovation", ces recherches se donnent pour objectif de développer et d'appliquer des méthodes de réfutation empirique pour traiter de la question de la relation, trop souvent postulée, entre externalité et proximité géographique. Ces approches économétriques visent ainsi à approfondir le rôle joué par la proximité dans le processus de transmission des connaissances, en s'appuyant sur une modélisation des externalités géographiques en matière d'innovation et de technologie.

Selon Autant-Bernard et Massard (1999) quatre grands types d'approches peuvent être distingués en fonction des choix de modélisation opérés pour rendre compte des externalités d'une part, et de leurs caractéristiques géographiques d'autre part. L'encadré n°1 décrit plus techniquement ces méthodes, tandis que nous résumons dans les paragraphes suivants leurs logiques et leurs apports principaux.

1. La recherche de "marqueurs" des externalités

En réponse à P. Krugman selon lequel : « *knowledge flows are invisible, they leave no paper trail by which they may be measured and tracked* » (1991, p. 53), cette première méthode cherche à mettre en évidence des traces directes de la diffusion de connaissances par les citations de brevets, considérées, au moins partiellement, comme révélatrices de ces flux. Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993), suivis par Maurseth et Verspagen (1999) et Verspagen et Schoenmakers (2000), utilisent donc les citations de brevets pour tenter de démontrer le caractère géographique des spillovers technologiques.

En comparant statistiquement les localisations des brevets d'origine avec celle des brevets qui les citent, sur des données américaines à différents niveaux géographiques (comtés, aires métropolitaines, Etats), Jaffe et alii (1993) démontrent que la localisation des citations de brevets dépasse les effets liés à l'agglomération préexistante des activités de production. Maurseth et Verspagen (1999) font une estimation économétrique, sur des données européennes, de l'impact de la proximité géographique au sein de l'ensemble des déterminants de l'intensité des citations entre deux régions. Verspagen et Schoenmakers (2000) développent le même type d'études au niveau de la firme et non des régions. Les résultats confirment dans l'ensemble ceux obtenus dans le cas américain et soulignent l'impact positif de la proximité géographique sur la probabilité de citer un brevet.

L'utilisation des citations de brevets comme marques tangibles de spillovers n'est cependant pas sans poser problème. Une étude récente de Jaffe, Trajtenberg et Fogaty (2000) précise la distance entre spillovers et citations de brevet. S'appuyant sur un échantillon de 2000 inventions, ils estiment qu'environ la moitié des citations de brevets ne correspond à aucun véritable flux de connaissance. De fait, il reste difficile de trouver un indicateur pertinent des externalités technologiques qui, par définition même, peuvent

prendre des formes très diverses et diffuses. C'est pourquoi d'autres auteurs proposent plutôt de rendre compte des externalités locales par la mesure de leurs effets.

2. L'étude des externalités locales par leur effet : la concentration de l'innovation

Les travaux de Feldman et Audretsch (1996) s'attachent à expliquer la concentration des activités innovantes en partant de l'idée que si les spillovers sont localisés, alors certaines régions doivent bénéficier d'effets cumulatifs favorisant la production d'innovation. L'étude de la concentration des activités innovantes semble un moyen pour tester la dimension géographique des spillovers, une première étape consistant simplement à mesurer son niveau par des indices de concentration ou de spécialisation sectorielle. Mais la conclusion reliant celle-ci à l'existence de spillovers locaux est loin d'être directe, il faut aller plus loin pour pouvoir montrer que cette répartition spatiale de l'innovation n'est pas aléatoire et qu'elle est liée aux externalités de connaissance.

Par l'analyse des phénomènes d'autocorrélation spatiale, Caniël (2000)³ montre l'existence d'une influence réciproque positive entre régions voisines sur le niveau d'innovation. L'étude sur les régions européennes montre une autocorrélation positive, ce qui signifie que les activités innovatrices sont concentrées dans quelques aires géographiques et que les aires géographiques développant une forte (respectivement faible) activité d'innovation sont entourées d'aires, elles aussi, fortement (respectivement faiblement) innovatrices. Pour Caniël, cette concentration résulte de la présence d'externalités de connaissances localisées.

Audretsch et Feldman (1996) recherchent les facteurs à l'origine de la concentration de l'innovation. En effet, si les spillovers technologiques ont une dimension locale alors, d'une part, les industries dans lesquelles ces spillovers sont importants doivent être plus concentrées que les autres et d'autre part, les activités innovantes doivent être plus concentrées que les activités de production. Ainsi, même une fois neutralisé, l'effet lié à la concentration de la production, les facteurs à l'origine de la production et de la diffusion de connaissances (recherche académique, présence de travail qualifié) favorisent la concentration de l'innovation. Les auteurs en déduisent l'existence de spillovers de connaissances localisés.

Les externalités restent donc seulement suggérées dans ce type de méthodes. Pour tenter une modélisation des phénomènes d'externalités, il paraît plus pertinent de prendre en compte la concentration comme variable explicative de l'innovation. C'est ce que proposent les analyses fondées sur une fonction de production de connaissances.

3. La proximité géographique comme input de la production d'innovation

Cette troisième méthode d'évaluation des spillovers locaux passe par la mesure de la coïncidence géographique. L'objectif est ici de tester la relation entre la capacité d'innovation des firmes et la proximité par rapport aux autres firmes ou par rapport aux universités. Pour cela, on intègre dans une fonction de production de connaissances, un indice de coïncidence géographique. Le premier indice a été proposé par Jaffe (1989). Il s'agit de mesurer la corrélation entre l'output d'innovation d'une zone géographique et la proximité des firmes et des universités à l'intérieur de cette zone.

³ Méthode reprise entre autres par Paci et Usai (2000) pour l'Italie

Cette démarche a été reprise et approfondie notamment par Acs, Audretsch et Feldman (1991), Feldman (1994), Anselin, Varga et Acs (1997). Le principe commun est de mesurer la relation entre les localisations des firmes et des universités, si l'on s'intéresse aux retombées issues de la recherche publique, ou entre les localisations des différentes firmes, si l'on veut étudier les spillovers interfirmes. L'interprétation donnée est alors la suivante : si l'innovation croît lorsque la coïncidence géographique est élevée, alors on peut penser que les efforts de R&D des uns rejaillissent localement sur l'innovation des autres.

Acs, Audretsch et Feldman (1991) proposent une autre mesure de l'innovation à travers l'introduction d'innovations sur le marché (recensées par l'US Small Business Administration). Ce changement d'indicateur amène des résultats plus nets concernant l'impact de la proximité sur la capacité à innover. De plus il conduit à une meilleure spécification des facteurs soutenant l'innovation dans ses phases les plus aval (au delà du brevet). Feldman (1994) insère ainsi dans la fonction de production d'innovation de nouveaux facteurs constitutifs de l'infrastructure technologique locale, tels que la présence d'industries reliées ou d'activités de services aux industries.

Globalement l'utilisation d'un indicateur de coïncidence géographique fournit une mesure directe du rôle de la proximité géographique et offre un cadre pertinent d'analyse des externalités locales. En retour, les indications fournies par cette méthode doivent être considérées avec précaution. De fait, tout comme dans les modèles de concentration de l'innovation, rien n'est dit sur les relations inter-firmes ou entre firmes et universités. Il ne s'agit pas d'une véritable observation des externalités dans la mesure où l'on ne s'interroge pas sur l'existence réelle d'interactions locales. Le risque est donc d'assimiler trop rapidement proximité géographique et externalités, alors que l'agglomération d'activités de recherche ne signifie pas forcément que celles-ci sont liées. La quatrième direction de recherche tente de mieux appréhender les effets d'interactions par une véritable modélisation des externalités comme stock de recherche externe.

4. La modélisation des externalités et les interactions locales.

Plusieurs auteurs adoptent une méthode alternative sur des données d'entreprises (Zucker et alii, 1994 ; Antonelli, 1994), qui consiste à observer si les dépenses de R&D des firmes ou des universités voisines affectent la capacité d'innovation d'une firme. Pour cela, on mesure l'élasticité de l'innovation de chaque firme (ou groupe de firmes) par rapport aux dépenses de R&D des autres firmes ou des universités situées dans la même zone géographique de référence (ou dans une zone voisine). Cette approche offre une véritable mesure des spillovers en tant que stock externe de recherche : l'output d'innovation d'une firme dépend de l'effort de R&D des firmes ou des universités voisines. Ces approches présentent toutefois l'inconvénient majeur de définir a priori le niveau géographique auquel elles vont mesurer cet effet. On peut en effet considérer qu'une démonstration véritable du caractère localisé des spillovers nécessiterait une comparaison de différents niveaux géographiques de diffusion.

Anselin, Varga et Acs (1997) ouvrent la voie à ce type de problématique en modélisant les externalités de la recherche publique et privée au sein et au voisinage des aires métropolitaines, à différents niveaux géographiques, et remarquent que les externalités disparaissent aux Etats-Unis dans des rayons supérieurs à 50 miles pour la recherche publique. Autant-Bernard (2000) pour le cas français, Beugelsdijk et Cornet (2001) pour la

Hollande et Bottazzi et Peri (2001) sur données européennes étudient la dimension locale des externalités à travers la prise en compte des activités de recherches conduites au sein de la zone géographique considérée et des activités conduites à différentes distances géographiques de cette zone. La fonction de production de connaissance est estimée à partir d'un modèle de proximité géographique en zones concentriques. Si les externalités sont géographiquement bornées, alors le niveau d'innovation local sera plus affecté par la recherche effectuée à proximité que par la recherche effectuée à plus grande distance.

Dans des articles plus récents Anselin, Varga et Acs (2000a, 2000b) proposent une nouvelle méthode de formalisation des externalités géographiques qui s'appuie directement sur les outils de l'économétrie spatiale. La dépendance spatiale est introduite sous la forme d'un processus spatial autorégressif et l'hétérogénéité sous la forme de deux régimes spatiaux, qui rendent compte des différences de modèles de production d'innovation à l'œuvre entre les aires métropolitaines interconnectées (formant système) et les aires métropolitaines isolées.

C'est un renouveau important dans la prise en compte des interactions. Cependant, jusque là, les interactions ne sont révélées que par l'existence d'effets d'une zone géographique sur une autre. Les modalités prises par ces interactions ne sont jamais spécifiées.

ENCADRE 1

1. La recherche d'une correspondance entre la localisation des citations de brevets et la localisation des brevets d'origine

Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) observent l'origine géographique des citations de brevets et cherchent à découvrir un lien entre la localisation des nouveaux brevets et la localisation des brevets auxquels ils font référence. Cependant, pour que ce lien soit pertinent, il faut prendre en compte le fait que les activités technologiques peuvent être au préalable concentrées géographiquement. Ils vont donc construire, comme suit, un échantillon de brevets contrôle : à chaque brevet faisant référence à un autre brevet on associe un brevet déposé dans le même domaine technologique et à la même période, mais qui ne cite pas le même brevet d'origine. Chaque paire de brevet permet de comparer la localisation du brevet contrôle avec celle du brevet d'origine cité dans le brevet testé. A partir des échantillons de citations et de brevets contrôle, il s'agit en fait de tester deux hypothèses : l'hypothèse nulle $H_0 : P_{cit} = P_{con}$ et l'hypothèse alternative $H_a : P_{cit} > P_{con}$; avec P_{cit} la probabilité que le brevet qui fait la citation soit localisé au même endroit que le brevet d'origine et P_{con} la probabilité que le brevet contrôle soit localisé au même endroit que le brevet d'origine.

2. La concentration de l'innovation comme résultat des spillovers de connaissances

Audretsch et Feldman (1996) évaluent la concentration géographique des activités innovantes grâce à des coefficients de Gini, pondérés par la part des activités économiques implantées dans chaque Etat. Puis ils testent un système de deux équations : une équation de la concentration de la production, et une équation de la concentration de l'innovation.

$$(1) \text{Giniva}_i = \beta_1 \text{Tran}_i + \beta_2 \text{Natres}_i + \beta_3 \text{Assets}_i + \beta_4 \text{K/L}_i + \beta_5 \text{Indrd}_i + \beta_6 \text{Skilled}_i + \varepsilon_i$$

$$(2) \text{Ginii}_1 = \gamma_1 \text{Giniva}_1 + \gamma_2 \text{Indrd}_i + \gamma_3 \text{Skilled}_i + \gamma_4 \text{Unire}_i + \varepsilon_i$$

La concentration de la production est fonction des coûts de transport (Tran), du degré de dépendance vis à vis des ressources naturelles (Natres), de la taille du marché (Assets), dont l'étroitesse implique une localisation précise de la production, et de l'intensité capitalistique (K/L), qui va souvent de pair avec un nombre restreint d'entreprises et donc avec une plus forte concentration dans le but de réaliser des économies d'échelle. Enfin, les deux dernières variables (Indrd et Skilled) mesurent les dépenses privées de R&D et la part de travailleurs qualifiés et traduiraient l'importance des externalités de connaissances. La seconde équation est relative à la concentration de l'innovation. Celle-ci ne s'expliquerait pas seulement par la concentration de la production (Giniva), mais également par des éléments favorisant la production et la transmission des connaissances : la R&D industrielle, la part de main d'œuvre qualifiée et la recherche universitaire (Unire).

3. La coïncidence géographique entre laboratoires privés et publics de recherche comme input de production de connaissances (Jaffe, 1989)

Jaffe (1989) reprend la fonction de production de connaissances de Griliches (1979), *i.e.* une fonction Cobb-Douglas à plusieurs inputs :

$$(1) \log(P_{ik}) = \beta_{1k} \log(I_{ik}) + \beta_{2k} \log(U_{ik}) + \beta_{3k} [\log(U_{ik}) \cdot \log(C_{ik})] + e_{ik}$$

avec P, les brevets privés ; I, les dépenses de R&D privées, U, les dépenses de recherche universitaire ; C, la coïncidence géographique entre R&D privée et R&D universitaire à l'intérieur de l'Etat ; e, une perturbation aléatoire ; i, l'unité géographique d'observation (l'Etat) et k, l'aire technologique (*i.e.* le secteur industriel). Jaffe prend également en compte, dans une version plus complète de cette équation, la taille de la population afin d'éliminer les effets dus simplement à la taille de l'Etat et construit un indice de la coïncidence géographique entre R&D industrielle et R&D universitaire au niveau des Etats. Les localisations sont déterminées à l'aide des dépenses publiques de recherche et des effectifs de R&D privée, mesurés au niveau des aires métropolitaines. Cet indice prend la forme d'un coefficient de corrélation non centré :

$$(2) C_i = \frac{\sum_s U_{is} \cdot TP_{is}}{[\sum_s U_{is}^2]^{1/2} \cdot [\sum_s TP_{is}^2]^{1/2}}$$

avec TP_{is} le nombre de salariés de la R&D privée dans une aire métropolitaine s située dans un Etat i . On calcule donc la corrélation entre les dépenses de recherche des universités et le nombre de travailleurs dans la R&D, suivant les zones géographiques.

Le travail de Anselin, Varga et Acs (1997) comporte deux volets. Le premier se situe dans la lignée du travail de Jaffe. En raisonnant au niveau des Etats, ils proposent de nouvelles mesures de la coïncidence géographique. Le second volet passe par une analyse au niveau des aires métropolitaines et non plus des Etats américains. La méthode adoptée s'écarte alors de la logique de coïncidence géographique introduite par Jaffe, pour mettre l'accent sur les interactions locales (cf.§4). Sur la base des travaux de l'économétrie spatiale, et en raisonnant au niveau des Etats, Anselin, Varga et Acs, ajoutent à l'indice calculé par Jaffe trois autres indicateurs de la coïncidence géographique :

- une mesure proche de celle de Jaffe, mais utilisant les comtés au lieu des aires métropolitaines. Cet indicateur, noté CUR_s , est donné par $\sum \delta R_i \cdot \delta U_i / \delta U_i$, avec i chacun des comtés de l'Etat s . On mesure ainsi la proportion de régions où la R&D privée et la recherche publique sont colocalisées ;
- une mesure de la gravité : l'indicateur C de l'équation (1) devient alors : $Grav_i = \sum U_j / (d_{ij})^2$ avec i le comté où est localisée la R&D privée et j le comté où est réalisée la recherche publique. d mesure la distance entre les comtés i et j ;
- deux indicateurs de couverture (« covering ») : $Cov_i = \sum \delta_{ij} \cdot U_j$. Si la distance entre les Comtés i et j est inférieure à 50 (ou 75 miles), alors $\delta_{ij} = 1$, sinon, $\delta_{ij} = 0$. On intègre donc dans la fonction de production de connaissance, un stock de recherche externe, réalisé à l'extérieur de la zone considérée.

4. Les interactions spatiales à différents niveaux géographiques

Pour rendre compte des spillovers à différents niveaux géographiques Anselin, Varga et Acs intègrent un indicateur des variables spatiales ($U50$ et $U75$ et $R50$ et $R75$). Il s'agit de prendre en compte, dans l'équation de production de connaissances, les dépenses de recherche privées (R) et publiques (U) effectuées à la périphérie de l'aire métropolitaine (50 ou 75 miles). Deux équations principales sont testées :

$$(1) K = \alpha + R + U$$

$$(2) K = \alpha + R + R75 + U + U50$$

Dans le même ordre d'idée visant à comparer des externalités à différents niveaux géographiques l'équation principale testée par Autant-Bernard (2000) est :

$$\log(I_g) = \alpha_1 + \beta_1 \log(R_g) + \beta_2 \log(R_{v(g)}) + \beta_3 \log(R_{v'(g)}) + \beta_4 \log(VA_g) + u_1$$

avec I l'output d'innovation (mesuré par les brevets). R le niveau des inputs en recherche, au sein de la zone g , dans les aires limitrophes à la zone g ($v(g)$) et dans les zones limitrophes des zones limitrophes de g ($v'(g)$). α_1 un terme constant et u_1 une perturbation aléatoire. VA un indicateur de valeur ajoutée qui permet de prendre en compte les effets taille des zones.

L'introduction de méthodes d'économétrie spatiale permettant de modéliser des processus autorégressifs spatiaux plus complexes est la voie prise aujourd'hui par Anselin, Varga et Acs (2000a et b) et Varga (2000,2001).

Tiré de Autant-Bernard, Massard (1999).

III. Comment dépasser les ambiguïtés des approches qui postulent la proximité géographique : l'analyse des canaux de transmission des innovations et des connaissances

Les deux approches présentées ci-dessus - les systèmes locaux d'innovation et les spillovers technologiques – souffrent des mêmes limites, qui concernent leur conception naïve des modalités de transmission de l'innovation. Supposée automatique dans le premier cas, qui postule les vertus illimitées de la proximité géographique, elle repose, dans la seconde approche, sur un processus interactif qui n'est jamais vraiment spécifié, alors que la mesure de la proximité géographique varie de l'appartenance à un même espace géographique (le conté, la région...) à la mesure du nombre de miles ou kilomètres séparant deux entreprises.

Dans ce cadre, les enseignements des études de géographie de l'innovation tout comme la mise en place de politiques d'innovation favorisant la proximité géographique ne sont pas sans ambiguïtés. Mais ces dernières montrent que la question de la dimension locale des externalités technologiques peut encore difficilement être traitée indépendamment d'une compréhension plus précise des processus de diffusion de la connaissance dans l'espace, autorisant une véritable entrée dans la boîte noire des voies et conditions de transmission des externalités.

1. L'ambiguïté des résultats concernant les externalités géographiques de connaissances

Les premières études menées en géographie de l'innovation concernaient essentiellement les Etats-Unis et portaient sur des données des années 80. Dans ce cadre les travaux concluaient tous au caractère localisé des externalités de connaissances ou, de manière plus générale, à la forte sensibilité à la proximité géographique des relations science-industrie au sein des Etats et des aires métropolitaines américaines. On remarque que l'extension de ces travaux à des périodes plus récentes et à d'autres pays a largement contribué à nuancer ce résultat premier.

Plusieurs explications à l'ambiguïté croissante de ce résultat général peuvent être avancés :

- on se cantonne généralement, dans les premiers travaux, à l'étude d'un seul niveau géographique prédéfini (état américain ou aire métropolitaine). La multiplication des études et surtout le développement d'approches autorisant la comparaison des résultats obtenus sur plusieurs niveaux géographiques montrent que si la dimension locale existe, elle est loin d'être exclusive. Les entreprises d'un même lieu sont en effet simultanément influencées par des flux de connaissances locaux et beaucoup plus globaux. L'enjeu n'est plus alors de repérer l'existence ou non d'externalités locales mais plutôt de comprendre plus précisément les déterminants d'une diffusion géographique différenciée des flux de connaissances ;

- dans ces premiers travaux on observe principalement un seul pays, les Etats-Unis. Les études menées sur d'autres pays amènent parfois des résultats différents. Apparaît ici sans doute l'influence des contextes institutionnels qui sous-tendent dans chaque nation des modes de production et de diffusion de la connaissance différents, d'où la nécessité d'affiner l'analyse des externalités en précisant mieux les sources, les voies et les conditions de transmission ;

- enfin, les études les plus nuancées sur l'existence d'externalités localisées portent sur les années 90. On peut peut-être y voir l'effet du développement des TIC, qui

expliquerait les différences de résultats obtenus entre les années 80 et 90. Là encore des investigations plus poussées sont nécessaires afin de pouvoir apporter des conclusions sur ce point.

2. L'ambiguïté des politiques d'innovation favorisant la proximité géographique

Les politiques qui tiennent pour acquises les vertus de la proximité géographique en termes de production et de diffusion des innovations donnent parfois des résultats qui ne militent ni pour une concentration systématique de ces activités dans l'espace ni pour une incitation en faveur des réseaux d'innovation localisés. L'exemple donné par Rallet et Torre (2001) sur le cas des réseaux de Diffusion technologique (RDT) est à cet égard éclairant. Mis en place par les Pouvoirs Publics dans les Régions dans le but de favoriser la diffusion des technologies vers des entreprises de taille moyenne ou faible, ces réseaux constituent l'un des supports d'une politique qui vise à assurer la primauté des synergies au niveau local, à partir du présupposé qu'elles sont favorables au processus de développement. Cette politique cherche à mettre en adéquation réseaux locaux spontanés et réseaux institutionnels (du type RDT). Quand les premiers n'existent pas ou sont faiblement développés, elle a pour objectif de les impulser, voire de les créer. Lorsqu'ils existent déjà, l'objectif est de soutenir leur développement en favorisant notamment les coopérations transversales entre partenaires appartenant à des mondes différents (industrie, recherche, formation supérieure, centres techniques...).

L'étude montre que les politiques n'atteignent pas toujours les objectifs annoncés. Les recouvrements entre réseaux spontanés et réseaux institutionnels restent partiels et les réseaux institutionnels ne sont souvent pas en mesure de favoriser les effets de synergies au niveau local, suite à deux difficultés :

- *les différences de logique cognitive, ou l'importance de la proximité organisationnelle.* Une des difficultés est d'établir des coopérations transversales entre acteurs locaux de nature différente (entrepreneurs, chercheurs, formateurs...), dépositaires d'habitudes de travail et de logiques cognitives différentes. Le fait que médecins, chercheurs et entrepreneurs se trouvent à une faible distance n'est pas suffisant pour les faire travailler ensemble et se constituer en réseau, en dépit des efforts des acteurs institutionnels. Les connaissances sont plus facilement transmissibles à l'intérieur d'un même monde professionnel (même à distance) qu'entre des mondes différents (même à proximité). Bien que soutenue par le développement volontariste de réseaux institutionnels, la seule proximité géographique ne peut suffire à briser ces cloisonnements ;

- *le poids du passé.* La proximité organisationnelle n'a pas nécessairement une base locale. Pour des raisons historiques, les acteurs sont souvent engagés dans des coopérations avec des partenaires extérieurs à la région. L'habitude de coopérer avec ces derniers se traduit par la connaissance mutuelle des hommes et des organisations, ainsi que par des procédures de travail communes, qui ont fait leurs preuves. Il est illusoire de vouloir imposer un développement technologique rapide sur une base interventionniste, et plus encore de favoriser de manière volontariste les interactions locales au détriment des contacts extérieurs. Les relations préexistantes sont les plus fortes et ce n'est que dans le cas où elles impliquent à la fois une proximité géographique et une proximité organisationnelle qu'il est possible de les aider ou de les favoriser dans le cadre d'une

politique technologique régionale. C'est donc seulement dans ce cas qu'il est intéressant de favoriser la concentration spatiale des innovations ou des connaissances.

L'analyse de ces ambiguïtés conduit donc à reconsidérer le rôle supposé automatiquement positif de la proximité géographique, au profit d'interactions effectives de nature coopérative entre entreprises ou avec les scientifiques. A la donnée géographique vient s'ajouter une contrainte organisationnelle, l'idée que les firmes pourraient bénéficier sans coûts des résultats de la R&D se voyant remise en cause au profit d'une organisation de sa dissémination. Par ailleurs, la définition même des externalités fait problème. Si l'on considère que les connaissances sont dans l'air, les externalités peuvent être captées sans coûts et la proximité géographique suffit ; elles deviennent en revanche beaucoup moins facilement transférables quand les connaissances sont « encastrées » dans le capital humain. La seule proximité géographique constitue alors une garantie insuffisante, la diffusion (coûteuse) devra être organisée. C'est la raison pour laquelle il faut s'interroger sur les interactions effectives entre agents au sujet des activités d'innovation.

3. Vers l'explicitation des modalités de transmission des externalités

Ainsi, beaucoup des ambiguïtés observées s'expliquent par une vision trop dichotomique du problème posé, dans laquelle il ne s'agirait que de conclure sur le caractère localisé ou global des externalités. Pour dépasser ces ambiguïtés, il faut expliciter les conditions de transmission des externalités, dont on peut dès à présent repérer qu'elles dépendent largement des contraintes institutionnelles et organisationnelles définissant l'origine des externalités transmises, des capacités d'absorption et des caractéristiques des interactions individuelles.

Le rôle de la proximité varie en fonction de l'origine des externalités

L'origine des externalités est d'abord liée à la nature des connaissances transmises : publiques vs privées, fondamentales vs appliquées ou tacites vs codifiées. Un des principaux résultats des études présentées plus haut est de faire éclater les relations souvent trop vite affirmées entre recherche publique - connaissance fondamentale et diffusion globale d'une part et recherche privée - connaissances appliquées et diffusion locale de l'autre. Les interprétations de Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) ou de Audretsch et Feldman (1996) sur cette question sont, par exemple, opposées à celle de Mansfield (1995). Au delà des problèmes méthodologiques posés par la difficulté à rendre compte de la nature de la connaissance, ces oppositions révèlent l'existence de processus complexes, qui ne peuvent sans doute être compris qu'en relation avec les cadres institutionnels qui les fondent (droit de propriété intellectuelle, organisation de la recherche...).

L'origine des externalités est aussi liée au caractère intra ou intersectoriel de la diffusion des connaissances, dont l'analyse devrait fournir de nouveaux éléments dans le débat sur le rôle des structures locales (spécialisées ou diversifiées) dans la croissance des agglomérations innovantes (Glaeser et alii, 1992). Cependant, les résultats apparaissent, au premier abord, contradictoires. Une analyse plus fine montre, là encore, qu'il est possible de sortir de ces contradictions en évitant une approche trop dichotomique et trop exclusivement localisée (Massard, Riou, 2001). Ainsi, Autant-Bernard (2000) défend l'idée que les externalités sont essentiellement locales entre des firmes appartenant à des secteurs

d'activités différents, tandis qu'au contraire la spécialisation sectorielle favoriserait la captation d'externalités plus distantes.

Le rôle de la proximité géographique dépend aussi des capacités d'absorption

Si Cohen et Levinthal (1989), appuyés par différentes études empiriques, montrent que la capacité des firmes à absorber des externalités dépend du niveau de connaissance initialement atteint et de sa diversité, les travaux analysant le lien entre capacité d'absorption et dimension locale des externalités restent peu nombreux. Pourtant, le niveau de recherche, de même que sa diversité, n'influence pas seulement la quantité des externalités reçues mais aussi leur origine géographique (sur le cas français, voir Autant-Bernard, 2000). Le fait de disposer de compétences internes affirmées et diversifiées en RD semble déterminant dans la capacité à valoriser des externalités provenant de sources éloignées de connaissances. Au contraire, des compétences internes faibles et fortement spécialisées autorisent seulement les firmes à bénéficier des sources de connaissances situées à proximité.

Comme le montrent Mangematin et Nesta (1999), la possible complémentarité entre RD interne et externe (sans RD interne il est impossible d'utiliser une connaissance que l'on n'a pas produite) conduit à se poser la question du rôle des coopérations externes, un aspect qui n'est pas approfondi par Cohen et Levinthal. Toutefois, sans que ces derniers abordent explicitement la question de l'espace, leur thèse se trouve en opposition avec les arguments développés pour faire la promotion des systèmes localisés de production et d'innovation (on pense en particulier aux technopoles). Alors que l'approche des SLPI suppose que la proximité géographique pourrait suppléer aux insuffisances de l'organisation interne des firmes, en particulier des PME, l'analyse en termes de capacités d'absorption prône au contraire la mise au service des capacités organisationnelles internes des firmes au profit de l'assimilation de connaissances externes, y compris quand elles sont détenues par de proches voisins.

Là encore sans doute une compréhension plus fine des processus à l'œuvre conduit à s'interroger sur les modalités précises de la transmission des externalités.

Le rôle de la proximité varie en fonction des voies de transmission des externalités

Bien que les interactions soient souvent mise en avant comme éléments explicatifs essentiels de la transmission des externalités, très peu d'estimations directes de leurs différentes formes : relations interpersonnelles, accords de coopération en R&D, copublications... sont disponibles aujourd'hui. Zucker, Darby et Armstrong (1994), suivis depuis par Audretsch et Stephan (1996), Zucker, Darby et Brewer (1998) et Zucker, Darby et Armstrong (1998), jouent le rôle de précurseurs en la matière. Par leur étude sur le cas des biotechnologies en Californie, ces auteurs veulent en effet montrer que la proximité géographique n'est pas suffisante pour bénéficier des spillovers de connaissances issus de l'université ; une entreprise ne peut tirer profit des recherches universitaires que si elle est en relation directe avec les scientifiques à l'origine des découvertes. Ils testent cette hypothèse par l'introduction de liaisons avec les scientifiques ou chercheurs académiques de la zone au sein de la fonction de production de connaissances locales. Ce rôle des connexions actives est aussi souligné par Autant-Bernard et Massard (2000) à l'aide de données de copublications. Almeida et Kogut (1997), à l'aide des données de citations de

brevets, constatent également que les relations interpersonnelles sont des vecteurs importants de diffusion des connaissances. En particulier, la mobilité professionnelle des inventeurs constitue un facteur important de localisation des citations de brevets. Ces études analysent les liens entre dimension géographique, interactions interindividuelles et externalités de connaissances. L'hypothèse testée est la suivante : les externalités sont médiatisées par les interactions entre individus et ces interactions sont de leur côté facilitées par la proximité géographique. Cette incidence assez nette des relations interindividuelles sur les flux de connaissance est sans doute l'une des raisons majeures des effets de proximité. La mobilité des personnes étant circonscrite géographiquement et les possibilités de rencontre facilitées par la proximité, la diffusion se fait surtout à l'intérieur des agglomérations.

Les connaissances empiriques dans ce domaine restent toutefois encore partielles. Les données utilisées sont, en général, peu représentatives de la complexité et de la diversité des relations de coopérations, formelles et informelles, pouvant conduire à la diffusion des connaissances. De plus, l'accent mis sur les relations interindividuelles, qui seraient facilitées par la proximité géographique, nous pousse à nous interroger sur l'impact du développement sans précédent des TIC sur la structuration géographique des échanges scientifiques et technologiques. Plus particulièrement, nous manquons encore cruellement d'études visant à clarifier les interactions entre les contacts de face à face et l'utilisation de média plus codifiés tel qu'Internet : substitut ou complément aux relations interpersonnelles ? Dans le premier cas, on peut s'attendre à une tendance à la dispersion des externalités dans l'espace géographique. Dans le cas inverse, les forces d'agglomération risquent de se trouver renforcées, comme le prévoit Glaeser (1998) dans son analyse sur le devenir des villes (cf. encadré n°2).

ENCADRE 2

TIC : La fin des externalités locales ?

Associées au mouvement accru de codification des connaissances qui marque la période récente, les TIC (Technologies d'Information et de Communication) réduisent considérablement les coûts de la transmission d'information et de connaissance dans l'espace. En cela, elles libéreraient les activités d'innovation de la contrainte spatiale en élargissant le champ de diffusion des externalités et en augmentant les capacités d'interactions entre agents éloignés. Les phénomènes de concentration appuyés sur les effets de proximité géographique seraient alors progressivement amenés à disparaître, laissant d'autres formes de proximité prendre le dessus dans la détermination des interactions scientifiques et technologiques (communauté de chercheurs née des liaisons Internet par exemple...). Cependant les approches théoriques et empiriques plus fouillées qui se font jour depuis quelques années ne confirment pas directement cette idée simple et montrent plutôt l'existence d'effets contraires de l'introduction des TIC sur la relation innovation/proximité.

Deux types d'approches sont repérables dans ce domaine :

1/. Interactions de face à face, apprentissage et avantages des agglomérations urbaines

Les communications électroniques sont-elles des compléments ou des substituts aux échanges de face à face ? Les travaux qui tentent de répondre à cette question s'appuient sur les théories de l'apprentissage et de la formation de capital intellectuel pour montrer que l'apprentissage résulte des transferts de connaissances par échanges face à face entre agents disposant de qualification ou de connaissances

différentes. Les agglomérations urbaines apparaissent alors comme des lieux où ces interactions, qui bénéficient de la proximité géographiques, sont le plus susceptibles de se développer (Glaeser, 1999). Selon Gaspard et Gleaser (1998), l'introduction des TIC dans ce cadre conjugue deux effets contraires.

- d'une part, sachant que toute interaction comporte à la fois des communications électroniques (pour les échanges courts surtout) et des contacts face à face (pour les échanges plus longs et approfondis), le développement des TIC modifie la part relative des interactions directes réalisées en face à face. L'amélioration des télécommunications fait en effet monter le niveau à partir duquel les échanges de face à face deviennent nécessaires. Ceci décrit un effet de substitution qui tendrait à réduire les contraintes spatiales dans l'établissement d'interactions et en conséquence à réduire l'avantage des agglomérations urbaines dans ce domaine ;

- d'autre part, le développement des TIC augmente le niveau global des interactions par la création d'opportunités nouvelles. Chaque interaction établie impliquant une part de contacts face à face, cette montée globale des interactions se traduit par un besoin accru d'échanges face à face. Ceci décrit un effet de complémentarité qui va dans le sens d'un renforcement du rôle des villes, particulièrement important dans le cadre d'une économie informationnelle de plus en plus « fondée sur la connaissance ».

Le devenir des agglomérations innovantes résulte donc de la conjugaison complexe de ces deux effets. Les tentatives d'évaluations empiriques restent encore très rares et relèvent souvent plus de l'illustration que de la démonstration, compte tenu des difficultés à isoler les effets recherchés des nombreux autres effets agissant sur la relation agglomération /TIC. Elles consistent, par exemple, à observer les corrélations entre l'utilisation des télécommunications et la proximité géographique ou l'appartenance à un milieu urbain, ou entre les voyages d'affaire et les communications téléphoniques. Les études tentant de repérer empiriquement l'influence des TIC sur les caractéristiques des communications scientifiques devraient aussi aider à mieux cerner les éléments de cette conjugaison substitut/complément, même si elles restent encore aujourd'hui très rares.

2/. Infrastructures de communication, intégration et agglomération.

Dans une approche plus macro-économique des dynamiques de développement différenciées dans l'espace, les modèles de croissance endogène qui introduisent des déterminants spatiaux montrent comment la réduction forte des coûts de transaction des marchandises dans un monde où les externalités de connaissances restent localisées peut conduire à des phénomènes d'agglomération renforcés. Dans un tel cadre, l'introduction des TIC et le développement des infrastructures qui y sont liées, auraient pour effet de décroiser les interactions technologiques et les flux de connaissances, impliquant une réduction forte des forces d'agglomération et une possible dispersion des activités d'innovation dans l'espace (Riou, 2002). Pour d'autres auteurs, certains effets peuvent cependant remettre en cause ce résultat premier. En tant qu'infrastructure matérielle les TIC ont aussi un coût d'accès important. Les effets de complémentarité et les besoins de coordination qu'impliquent les investissements en TIC créeraient des nouvelles asymétries spatiales dans l'accès à ces infrastructures et donc la diffusion des connaissances. L'importance du rôle des grandes firmes et des groupes pourraient aussi impliquer une plus forte utilisation des TIC pour la diffusion de connaissances intra-firme. Ainsi plutôt que de favoriser l'implantation de firmes innovantes dans les zones périphériques, le développement des télécommunications, associé au maintien de coût de transport positif, pourrait au contraire conduire les firmes à concentrer d'autant plus facilement les activités innovantes dans les zones agglomérées qu'elles savent pouvoir ensuite transporter cette connaissance facilement dans leurs implantations du monde entier (Gersbach, Schmutzler, 2000). Là encore, une conclusion définitive reste difficile tant on manque d'études empiriques permettant de cerner plus précisément l'articulation de ces différents effets.

4) Proximité géographique temporaire et localisation des entreprises innovantes : le rôle joué par la taille des firmes

Le fait que les entreprises ressentent un besoin de proximité géographique durant certaines phases du processus de production, d'innovation ou de RD n'implique pas pour autant une localisation à proximité des autres firmes. La taille joue ici un rôle déterminant,

les entreprises importantes pouvant s'affranchir d'une contrainte de proximité géographique en délocalisant une partie de leur personnel, y compris pour des périodes relativement longues, alors que les firmes de taille plus faible (TPE ou petites PME) sont souvent contraintes à une localisation alors même qu'elles n'ont besoin que d'une proximité géographique temporaire.

On peut penser que les entreprises ressentent en effet un besoin plus ou moins important de proximité géographique, du aux nécessités d'acquisition de connaissances externes, selon les phases de production (Gallaud et Torre, 2001). Pour ne prendre que le cas du processus de RD, les opérations de *R&D d'exploration*, qui concernent l'exploration des voies d'un changement technique durable, par la recherche de nouvelles connaissances et de la manière de les utiliser dans le processus innovant (voir Leveque et al., 1996), nécessitent une proximité géographique avec les apporteurs de connaissances. Ceci est moins vrai dans le cas d'exploitation d'une technique d'innovation relativement connue. *La R&D d'exploitation* traduit une routinisation de la façon de produire l'innovation, et les coopérations nécessitent alors seulement des rencontres de face à face temporaires. Enfin, l'imitation des processus innovants des firmes concurrentes, ou *R&D d'imitation*, qui nécessite rapidité et flexibilité, est généralement internalisée et ne requiert pas de proximité géographique avec d'autres organisations.

Processus de R&D d'exploration	Proximité géographique permanente
Processus de R&D d'exploitation	Proximité géographique temporaire
Processus de R&D d'imitation	Proximité géographique accessoire

Le terme de proximité géographique permanente ou temporaire, qui s'applique au processus, ne doit alors en aucun cas être confondu avec la localisation des firmes, différente selon leur taille. Ainsi, les firmes de taille importante, les filiales de groupe ou les Universités, peuvent échapper à la contrainte de localisation permanente dans la phase initiale d'exploration en utilisant des artifices tels que le déplacement d'équipes de chercheurs ou le dépaysement de Docteurs par exemple, une solution permise par le volume important de ressource humaine dont elles disposent. En revanche, pour les firmes de taille plus faible, la coïncidence entre la nécessité d'une R&D d'exploration et la nécessité d'une proximité géographique permanente pendant la durée de ce processus constitue souvent un facteur déterminant de localisation, une même personne se trouvant souvent assignée à des tâches qui relèvent de phases différentes du processus de R&D. Elles sont alors contraintes de se localiser à proximité d'autres firmes ou laboratoires, y compris si elles n'ont besoin de la proximité géographique que pendant une seule phase de leur processus de R&D. Il ne faut donc surtout pas confondre proximité géographique et localisation des firmes, l'existence d'une proximité géographique permanente durant la phase de R&D d'exploration ne signifiant en aucune manière une localisation obligatoire à proximité, alors que cette même donnée représente souvent une contrainte de localisation pour les firmes de moindre taille. C'est la raison pour laquelle les réseaux d'innovation sont fortement localisés dans le cas de firmes de petite taille, ce qui est moins vrai pour les entreprises plus grandes.

Conclusion

La forte polarisation spatiale des activités d'innovation, caractéristique des structures industrielles des principaux pays industrialisés, laisse penser à un rôle essentiel de la proximité géographique dans l'organisation de la production, au point d'inspirer des politiques de développement technologique local axées sur cette seule variable. Pourtant, et comme le montrent les recherches menées sur ce sujet, il reste difficile de déterminer son implication exacte dans la structuration spatiale des relations industrielles.

Les travaux en termes de Systèmes Localisés de Production et d'Innovation, qui tentent de définir les conditions institutionnelles et organisationnelles locales favorables au développement des processus collectifs d'innovation, postulent généralement les vertus de la proximité géographique, alors que la géographie de l'innovation l'estime propice à la diffusion des externalités de connaissances, sources des phénomènes d'agglomération. Loin d'apporter des conclusions définitives, ces approches incitent à une vision plus fine de la complexité des dimensions spatiales du processus d'innovation et bousculent les schémas naïfs engendrés par l'observation rapide des phénomènes de coïncidence spatiale. Ainsi, il apparaît nettement que la dimension locale ne joue jamais de manière exclusive : diffusion locale et globale des externalités se mêlent. Mais encore davantage, la proximité géographique, pour être bénéfique, doit s'associer à un certain nombre de conditions organisationnelles particulières (canaux de transmission des innovations et connaissances, interactions entre agents de différentes formes, processus coopératifs), ainsi qu'à des institutions locales, qui jouent un rôle d'incitation ou d'accompagnement.

Au delà de ces interrogations, restent encore certaines questions mal résolues aujourd'hui.

On doit ainsi s'interroger sur le rôle des TIC, et se demander si la proximité géographique est une condition favorable à la mise en place des interactions interindividuelles et des collaborations qui médient les flux de connaissances. Compte tenu des coûts d'investissements, à l'origine d'asymétries importantes entre firmes, et des effets de complémentarité et de coordination qui les caractérisent, la proximité géographique apparaît alors comme une donnée importante de la construction de cette capacité d'innovation.

Enfin, peu de choses sont dites sur la dimension temporelle des effets de proximité géographique sur l'innovation. Malgré quelques approches en termes de cycles de vie, les analyses sont généralement statiques. Pourtant de nombreux éléments laissent penser que la nature des processus de transferts, les acteurs et les institutions concernées varient au long de la vie d'une agglomération. L'articulation local-global et les différenciations sectorielles peuvent relever de cette dimension temporelle des effets de proximité, ceux-ci ne jouant pas uniformément aux premières étapes de la production de nouvelles connaissances ou de l'apparition de nouveaux secteurs et pour des connaissances et des secteurs déjà matures. On sent bien aussi que ces effets de proximité ne sont pas indépendants des dynamiques de spécialisation et des relations interrégionales qui se dessinent avec le temps dans l'espace. Une connaissance plus fine de ces caractéristiques dynamiques apparaît donc comme une condition préalable à la définition de politiques publiques locales sortant de la simple retranscription de modèles pour aller vers la participation à l'émergence de nouvelles formes organisationnelles spatialisées favorables à l'innovation.

Bibliographie

Essentiels

- AUTANT-BERNARD C. et MASSARD N. (1999), "Econométrie des externalités technologiques locales et géographie de l'innovation: une analyse critique", *Economie Appliquée*, tome LII, n°4, p.35-68.
- FELDMAN M. P. (1994), *The geography of innovation*, Economics of Science, Technology and Innovation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, p.155.
- FELDMAN M.P. et MASSARD N. (2002), *Institutions and systems in the geography of innovation*, Kluwer Academic Publishers, 368p.
- JAFFE A. B., TRAJTENBERG M. et HENDERSON R. (1993), " Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations ", *The Quarterly Journal of Economics*, août, p. 577-598.
- PORTER M. (2000), Locations, clusters and company strategy, in Clark et al. (eds), *The Oxford handbook of economic geography*, Oxford U. Press, Oxford.
- RALLET A. et TORRE A. (2001), Proximité Géographique ou Proximité Organisationnelle ? Une analyse spatiale des coopérations technologiques dans les réseaux localisés d'innovation, *Economie Appliquée*, LIV, 1, 147-171.
- ZUCKER Lynne G., DARBY Michael R. et ARMSTRONG Jeff (1994), " Intellectual capital and the firm : the technology of geographically localized knowledge spillovers ", *NBER Working Paper Series*, Working Paper n°4946, NBER, Cambridge.

Pour en savoir plus

- ACS Zoltan J., AUDRETSCH David B. et FELDMAN Maryann P. (1991), Real effects of academic research : comment , *The American Economic Review*, vol. 82, n° 1, Mars, p. 363-367.
- ALMEIDA Paul et KOGUT Bruce (1997), The localization of ideas and the mobility of engineers in regional networks , *Working Paper*, juin, p. 45.
- ANDERSEN E.S. and LUNDVALL. (1994), Innovation Systems and Economic evolution: a division of labour approach, *EUNETIC Conference*, Strabourg.
- ANSELIN Luc, VARGA Attila et ACS Zoltan (1997), Local geographic spillovers between university research and high technology innovations , *Journal of Urban Economics*, n° 42, p. 422-448.
- ANSELIN Luc, VARGA Attila et ACS Zoltan (2000a), Geographic spillovers and university research: aspatial econometrics perspective, *Growth an Change*, 31, 501-516.
- ANSELIN Luc, VARGA Attila et ACS Zoltan (2000b), Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities, *Papers in Regional Science* 79, 435-445.
- ANTONELLI Cristiano (1994), Technological districts localized spillovers and productivity growth. The italian evidence on technological externalities in the core regions, *International Review of Applied Economics*, p. 18-30.
- ASHEIM B. (1996), Industrial districts as 'learning regions': A condition for prosperity? *European Planning Studies*, 4,4: 379-400.
- AUDRETSCH David B. et FELDMAN Maryann P. (1996), R&D spillovers and the geography of innovation and production , *The American Economic Review*, vol 86, n° 3, juin, p. 630-640.
- AUDRETSCH David B. et STEPHAN. P. (1996), Company-scientists locational links: the case of biotechnology, *American Economic Review*, 805, 83, p.641-652.
- AUTANT-BERNARD C. (2000), *Géographie de l'innovation et externalités locales de connaissances. Une étude sur données françaises*, Thèse pour le doctorat en sciences économiques, Université Jean Monnet St-Etienne.
- AUTANT-BERNARD C. et MASSARD N. (2000), Scientific interactions, geographic spillovers and innovation. An empirical study on the French case, *40th European Regional Science Association Congress*, Barcelone, 29 août-1er sept.
- BEUGELSDIJK S. et CORNET M. (2001), How far do they reach ? The localization of industrial and academic knowledge spillovers in the Netherlands, *CentER Discussion Paper* n°2001-47, p. 33

- BOTTAZZI L. et PERI G. (2001), Innovation and Spillovers in regions: evidence from European Patent Data, *Third Congress on Proximity*, Paris, 13 et 14 décembre, p.40.
- CANIELS M.C.J. (2000), "The geographic distribution of patents and value added accross european regions", *Working paper, MERIT*, Août, p.10.
- COHEN W.M. et LEVINTHAL D.A. (1989), "Innovation and learning : the two faces of R&D", *The Economic Journal*, n°99, septembre, p.569-596.
- CREVOISIER O. et CAMAGNI R. (2000), *Les milieux urbaines: innovation, systèmes de production et ancrage*, Neuchâtel: EDES, 360 p.
- CREVOISIER O. (2001), L'approche par les milieux innovateurs : état des lieux et perspectives, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1, 153-165.
- FESER
- FRIEDMANN J. (1972): A general theory of polarized development; in N.M. HANSEN: *Growth centers in regional economic development*, the Free Press, New York.
- GALLAUD D. et TORRE A. (2001): "Are innovation networks localised? Proximity in the diffusion of knowledge. The case of SME's in "agbiotech" Communication aux *Troisièmes Journées de la Proximité*, Paris, Dec.
- GASPARD J. et GLAESER E.L. (1998), Information Technology and the Future of Cities, *Journal of urban Economics*, 43, 136-156.
- GERSBACH H. et SCHMUTZLER A. (2000), Declining costs of communication and transportation: what are the effects on agglomerations ?, *European Economic Review*, 44, 1745-1761.
- GLAESER Edward L., (1999), Learning in Cities, *Journal of Urban Economics*, 46, 254-277.
- GLAESER Edward L., KALLAL Hedi D., SCHEINKMAN José A. et SHLEIFER Andrei (1992), " Growth in cities ", *Journal of Political Economy*, vol. 100, n° 6, p. 1126-1152.
- GLAESER E.L. (1998), "Are cities dying ?", *Journal of Economic Perspectives*, vol.12, n°2, p.679-696.
- GLASMEIER A. (1988), "Factors governing the Development of High-tech Industries Agglomerations: A Tale of three Cities", *Regional Studies*, 22, 287-301.
- HAGERSTRAND T. (1967), *Innovation Diffusion as a Spatial Process*, Chicago U.P., Chicago
- JAFFE Adam B. (1989), " Real effects of academic research ", *The American Economic Review*, vol. 79, n° 5, décembre, p. 957-970.
- LASUEN J.R. (1973): Urbanization and Development. The Temporal Interactions between Geographical and Sectoral Clusters ; *Urban Studies* ; 10, 163-188.
- LONGHI Ch. (1999), Networks, collective learning and technology development in innovative high technology regions : the case of Sophia-Antipolis, *Regional Studies*, 33, 4, 333-342.
- LUNDAVALI, B.A. (1992), "Relations entre utilisateurs et producteurs, systèmes nationaux d'innovation et internationalisation", in Foray, D. et Freeman, Ch. (eds), *Technologie et Richesse des Nations*, Economica, Paris.
- MAILLAT D. QUEVITT M. et SENN L. (éds.) (1993), *Réseaux d'innovation et Milieux innovateurs : Un pari pour le développement régional*, Neuchâtel : GREMI, EDES.
- MALECKI J. (1983), "Technology and Regional Development : a Survey", *International Science Review*, 8 (2), 89-125.
- MARKUSEN A., 1996, Sticky places in slippery space : a typology of industrial district, *Economic Geography*, 72,3, 293-313.
- MASKELL, P., MALMBERG, A. (1999), "Localised learning and industrial competitiveness ", *Cambridge Journal of Economics*, 23, 167-185.
- MANGEMATIN V. et NESTA L. (1999) « What kind of knowledge can a firm absorb ? » *International Journal of Technology Management*, 18, 3-4, 149-172.
- MANSFIELD Edwin (1995), " Academic research underlying industrial innovations : sources, characteristics, and financing ", *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXVII, n°1, Février, p. 55-65.
- MASSARD N. et RIOU S. (2001)
- MAURSETH Botolf et VERSPAGEN Bart (1998), "Knowledge spillovers in Europeand its consequences for systems of innovation", *ECIS Working Paper*, n°98-001, octobre, p.21.
- MONCK, C.S., PORTER, S.P., QUNITAS, P. et STOREY, D.J. (1988), *Science Parks and the Growth of High Technology Firms*, Croom Helm, London.

- NELSON R. (1993), *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*, NY, Oxford University Press.
- PACI Raffaele et USAI Stephano (1999), "The role of specialisation and diversity externalities in the agglomeration of innovative activities", *CRENOS Working Paper*, 41 p.
- PACI Raffaele et USAI Stephano (2000), "Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation", *CRENOS Working Paper*, Mars, p. 28.
- RATTI, R., BRAMANTI, A., GORDON, R. (eds) (1997), *The Dynamics of Innovative Regions The GREMI Approach*, Ashgate Publishing, Aldershot.
- SAXENIAN A. (1991), The Origins and the Dynamics of Production Networks in Silicon Valley, *Research Policy*, 20, 423-437.
- STOHR W.B. (1986): Regional Innovation Complexes; *Papers of the Regional Science Association*.
- THOMPSON W. (1962), Locational Differences in Inventive Effort and their Determinants, in R. Nelson (ed): *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, Princeton.
- THOMAS M.D. (1975): Growth pole theory, technological change and regional economic growth; *Papers of the Regional Science Association*, 34, 3-25.
- VARGA A. (2000) Local academic knowledge spillovers and the concentration of economic activity, *Journal of Regional Science*, 40, 289-309
- VARGA A. (2001) Universities and regional economic development: does agglomeration matter ? in Johansson, Karlsson and Stough (eds.) *Theories of endogeneous regional growth – Lessons for regional policies*, Springer, 345-367.
- VERSPAGEN Bart et SCHOENMAKERS Wilfred (2000), "The spatial dimension of knowledge spillovers in Europe : evidence from firm patenting data", *Working paper*, avril, p.18.
- ZUCKER Lynne G., DARBY Michael R. et ARMSTRONG Jeff (1998), "Geographically localized knowledge: spillovers of markets ?" *Economic Inquiry*, 36, p.65-86.