

X

Géographie de la recherche et hiérarchie urbaine

Marion Maisonobe¹

¹ CNRS, UMR Géographie-cités, CNRS - Université Panthéon-Sorbonne - Université de Paris
- EHESS, Campus Condorcet, Aubervilliers, France

x.1. Introduction

Quelles sont les logiques spatiales de développement des activités de recherche ? À l'échelle d'un pays donné, dans quelle mesure la répartition des activités de recherche est-elle dépendante de la hiérarchie urbaine ? Observe-t-on une relation entre la taille des villes et le type d'activités scientifiques qui s'y développe ? Ces trois questions, simples en apparence, n'admettent pas de réponses stabilisées dans la littérature actuelle.

Cela tient d'abord à des différences de définitions car il convient de s'entendre sur ce que l'on entend par « activités de recherche », et sur les méthodes et données permettant d'en mesurer la répartition. Cela s'explique aussi par l'impossibilité de fournir des réponses valables en tous temps, en tous lieux et pour tous types de recherche scientifique d'autant que la géographie de la recherche que l'on observe aujourd'hui à l'échelle d'un pays donné résulte de logiques de localisation qui ont pu varier dans le temps et l'espace. La hiérarchie urbaine n'étant pas non plus stable dans le temps, il s'agit encore de tenir compte de la coévolution entre géographie de la recherche et géographie urbaine. Enfin, cela témoigne d'une communication limitée entre historiens, économistes, sociologues, et géographes s'intéressant aux activités de recherche – conduisant à des positions apparemment peu conciliables pour comprendre et expliquer les logiques spatiales de ce secteur d'activité.

Centralités et hiérarchies des réseaux et des territoires,
coordonné par Julie Fen-Chong. © ISTE Editions 2021.

En faisant le point sur la diversité des savoirs existants sur ce sujet en sciences sociales, en travaillant à décortiquer les termes utilisés, et en prenant pour terrains d'étude le cas des systèmes de recherche contemporains français et britanniques, ce chapitre propose d'éclairer les déterminants spatiaux des activités de recherche et les raisons de la surreprésentation de ces activités dans certaines catégories de villes.

x.2. La répartition spatiale des activités de recherche

x.2.1. La recherche : une activité métropolitaine ?

Les travaux qui s'intéressent à la répartition spatiale des secteurs d'activités humaines permettent de mettre en évidence le fait que certaines activités sont inégalement réparties dans l'espace alors que d'autres, plus banales, sont présentes à tous les niveaux de la hiérarchie urbaine.

Ainsi, les emplois attachés aux activités d'hôtellerie et restauration et ceux de la vente alimentaire sont plus nombreux et répandus que les emplois attachés aux activités de recherche (Pumain *et al.* 2006). À l'échelle mondiale, la provenance des produits de la recherche scientifique (brevets et publications) reflète également cette concentration spatiale (Leydesdorff et Bornmann 2012 ; Grossetti *et al.* 2014).

Pour plusieurs pays, l'estimation de lois d'échelle à partir de la distribution spatiale des activités de recherche indique que cette activité (décrite, selon les études, par le nombre d'emplois ou par celui des brevets et publications qui en résultent) est surreprésentée dans le haut de la hiérarchie urbaine décrite par ces lois. Autrement dit, ces estimations montrent que les activités de recherche sont plus particulièrement concentrées dans les villes les plus peuplées en France (Pumain *et al.* 2006), aux États-Unis (Bettencourt *et al.* 2007 ; Nomaler *et al.* 2014), ou encore au Royaume-Uni (Arcaute *et al.* 2015). Les auteurs ayant observé cette surreprésentation dans les grandes villes ne l'interprètent pas tous de la même manière.

Pour Bettencourt *et al.*, les activités humaines concentrées dans le haut de la hiérarchie urbaine sont des activités qui bénéficient des possibilités d'interactions offertes par les grandes villes. Elles se sont spontanément développées dans les villes les plus peuplées car la taille de la ville était une condition nécessaire à leur développement. Pour Pumain *et al.*, en revanche, les grandes villes sont grandes car elles ont capté un large panel d'activités stratégiques qui ont entraîné une croissance de leur population, mais la taille des villes n'est pas, initialement, une condition nécessaire au développement de ces activités. Dans sa « théorie évolutive des villes », Pumain (2010), explique que les grandes villes ont néanmoins des facilités pour capter les activités innovantes au moment de leur émergence, ce qui tend à entretenir leur

croissance. Les activités de recherche étant innovantes, il serait naturel qu'on les retrouve dans la plupart des grandes villes d'aujourd'hui. Cette théorie ne contredit pas le fait que certaines villes, petites et moyennes, puissent bénéficier d'une spécialisation dans le domaine de la recherche.

Ainsi, comme l'indiquent Finance et Swert (2020) : « Ce processus [d'évolution des villes] peut également dépendre du choix des villes de créer un produit innovant ou d'adopter un secteur d'activité innovant, en raison d'un environnement, intrinsèque à la ville ou aux villes de la même région, propice au développement de ces innovations. Cela conduit à la formation de villes spécialisées, pour lesquelles les facteurs de localisation peuvent être plus indépendants de la taille de la ville (par exemple lorsqu'il s'agit d'exploiter des "gisements de ressources" pour des activités extractives, des sites touristiques pittoresques, ou même de la recherche scientifique lorsqu'elle est concentrée dans des villes relativement petites mais très spécialisées, comme en Europe, Oxford, Cambridge ou Heidelberg). ».

Dans ces théories portant sur les logiques de croissance des villes et la localisation des activités humaines, les activités de recherche sont définies comme obéissant aux logiques de localisation des activités dites « innovantes », qui sont aussi encore parfois qualifiées d'activités « métropolitaines supérieures » ou « stratégiques ». Ces dernières catégories ont progressivement remplacé la catégorie « tertiaire », largement utilisée jusque dans les années 1990 pour désigner simultanément les activités de service et les activités technologiques à haute valeur ajoutée. Cependant, ces différentes catégories font généralement l'objet de critiques soit parce qu'elles englobent des types trop divers d'emplois et de secteurs d'activité, soit parce que leur définition tend à trop figer la situation.

Dès le milieu des années 1970, à mesure que la part des emplois concernés par le secteur tertiaire augmentait dans la population active (Polèse 1974), les critiques sur l'usage de la catégorie « tertiaire » se sont multipliées, principalement en lien avec sa trop grande hétérogénéité (Tauveron 1974 ; Claval 1977, p. 89 ; Bailly 1985). À la fin des années 1990, en France, l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) entérina une nouvelle catégorie d'activités permettant de regrouper les fonctions « stratégiques », bientôt qualifiées de « fonctions métropolitaines supérieures » (Julien et Pumain 1996 ; Julien 2002). Les activités de recherche y sont alors intégrées (Saint-Julien 1999).

Cette dernière catégorie n'est toutefois pas sans poser problème pour aborder les activités de recherche. Comme l'indique Olivier Bouba-Olga (2018), celle-ci intègre uniquement celles menées dans les instituts de recherche et les entreprises tandis que les emplois des universitaires et médecins hospitaliers sont comptabilisés avec

d'autres catégories d'emplois. L'autre limite vient de la définition elle-même qui est « tautologique » puisque sont considérées comme « métropolitaines » les activités qui, à la fin des années 1990, étaient davantage présentes dans les grandes villes que dans les petites villes. Cela semble suggérer que ces activités sont par nature des activités métropolitaines alors qu'en analysant les écarts au modèle dans la répartition spatiale de la fonction « conception recherche » en 2014, Bouba-Olga fait apparaître de nombreux cas atypiques, qui, selon lui ne sont pas réductibles à la taille ou à la densité urbaine des aires considérées : « L'hypothèse que l'on peut formuler est qu'ils résultent d'autres déterminants que la position dans la hiérarchie urbaine : d'effets de spécialisations marquées, héritées de l'histoire (l'aéronautique sur Toulouse, (...) la chimie et l'aéronautique sur Pau, ...), ou encore de dynamiques macro-régionales qui favorisent le développement de certains secteurs selon que l'on se situe au Nord ou au Sud de la France, près des littoraux, ou de certaines frontières (proximité de la Suisse, par exemple) » (*ibid.*). Il montre également que ces activités ne sont pas devenues plus « métropolitaines » entre 1980 et 2014 mais que leur répartition est restée relativement stable sur la période. Elles ont toutefois gagné en importance dans le total des emplois du pays.

En fait, parce qu'elle est associée à d'autres fonctions comme l'enseignement supérieur, le développement industriel, l'innovation technologique, ou encore l'offre de santé, la fonction recherche obéit à des logiques de répartition spatiale multiples, qui sont rarement considérées de concert. Ainsi, les travaux ciblés qui se développent au cours des années 1990 sur les industries de haute technologie interrogeaient la localisation des lieux de production de biens nouveaux dont la conception résultait d'efforts de recherche et nous éclairaient par exemple sur les facteurs de localisation de la recherche appliquée (Fache 1999). C'est d'ailleurs dans ce cadre que, constatant l'existence de rapports privilégiés entre recherche technologique et industrie, Solange Montagné-Villette en était venue à envisager une dilution de la frontière entre le secondaire et le tertiaire (Montagné-Villette 2001).

Si le résultat du cumul de ces différentes logiques de spatialisation aboutit à ce qu'une part importante des emplois de la recherche se localise dans les grandes villes, les travaux en géographie de l'enseignement supérieur, géographie de l'industrie, sociologie et histoire des institutions scientifiques suggèrent que cela ne tiendrait pas tant aux caractéristiques de la fonction recherche qu'aux déterminants géographiques des activités scientifiques, des activités qui y sont associées, ainsi qu'aux enjeux de pouvoir et d'aménagement qu'elles véhiculent.

x.2.2. Les institutions de la recherche : des logiques de spatialisation multiples

Les logiques de spatialisation que nous abordons ici sont celles de la géographie des activités de recherche telle qu'elle peut se mesurer à partir des statistiques portant sur les emplois et les données de production scientifique. Aussi est-il important de remarquer que la géographie mise en évidence par ces sources est essentiellement une géographie institutionnelle de la recherche. Les emplois et produits de la recherche sont associés administrativement à des établissements qui, en pratique, ne sont pas toujours les lieux effectifs au sein desquels les recherches ont été réalisées. Trois cas de figure permettent d'illustrer cela. Premièrement, il y a le cas des sciences de terrain qui requièrent de se rendre sur les lieux étudiés (terres polaires ; montagnes ; océans ; déserts, rifts etc.) ou d'accéder à des équipements spécifiques. Même si les pratiques de sciences à distance se développent, de nombreuses recherches ne peuvent se dérouler sans ces missions sur le terrain (Bigg *et al.* 2009 ; Strouk 2020). Deuxièmement, même pour les sciences de laboratoire comme la biologie moléculaire, les périodes d'écriture, d'apprentissage et d'échanges scientifiques sont souvent organisées à distance des laboratoires de recherche (écoles d'été, séjours de recherche, *coding camps*, et conférences scientifiques) dont les géographies, plus éphémères se distinguent de celle des laboratoires (Benson 2001 ; Steel 2006 ; Craggs et Mahony 2014). Troisièmement, le travail à domicile occupe une place non négligeable parmi les scientifiques. Cela est bien sûr vrai de l'année 2020, au cours de laquelle l'activité scientifique s'est poursuivie en dépit de la fermeture des universités et laboratoires (DeFilippis *et al.* 2020 ; Fraser *et al.* 2020 ; Vincent-Lamarre *et al.* 2020), mais c'est aussi vrai des pratiques quotidiennes, en témoignant les jours et périodes de soumissions d'articles et recensions sur les plateformes de revues en ligne (Cabanac et Hartley 2013). Outre ces aspects liés aux pratiques de recherche, il importe de noter que, dans le cas des établissements multi-sites ou comprenant des antennes, les personnels sont souvent comptabilisés au siège de l'institution plutôt que sur leur lieu d'exercice. De même, les personnels choisissent parfois d'indiquer le siège de leur institution dans leur adresse de publication, quand bien même ils seraient administrativement attachés à une antenne, localisée dans une ville différente de la ville-siège (Grossetti *et al.* 2020).

Pour saisir cette géographie institutionnelle de la recherche, prenons un petit peu de recul historique. Les institutions accueillant des activités de recherche ont évolué à travers les siècles mais certains établissements de recherche actuels ont une histoire qui remonte au Moyen-Âge. À cette époque, le statut des savants n'était pas encore professionnalisé et l'activité savante organisée comme elle l'est actuellement au sein de structures étatiques et d'organisations scientifiques favorisant des échanges réguliers et la publication des connaissances dans des périodiques spécialisés. À

l'échelle européenne, la tutelle de la papauté était marquée et structurante, et intervenait souvent en association avec celle d'un souverain (Verger 1999).

Comme l'explique l'historien René Sigris, « En se focalisant sur la façon dont des demandes sociales, étatiques ou idéologiques particulières ont pu configurer les institutions et les réseaux scientifiques, et définir le statut des chercheurs, on peut caractériser différents systèmes d'organisation de la science (académique, universitaire, libéral, militaire, industriel, colonial, etc.) qui se sont succédés et souvent combinés suivant les lieux et les époques (...). Au XVIII^e siècle, les systèmes nationaux se mettent peu à peu en place, selon un modèle étatique (à la fois académique et militaire) en France et en Prusse, en suivant un modèle universitaire dans les autres États germaniques et en Italie, ou encore selon un modèle libéral et industriel en Grande-Bretagne. » (Sigris 2018).

Actuellement, pas moins de neuf types d'institutions différentes abritent des scientifiques : les universités, les hôpitaux, les centres de recherche, les stations de recherche, les infrastructures de recherche (observatoires, synchrotrons...), les entreprises, les écoles spécialisées ou collèges, les organisations internationales, et les académies.

Parce qu'elles sont associées à la fonction d'enseignement supérieur et couvrent l'ensemble des disciplines, les universités sont sans doute les institutions de recherche les plus répandues. On distingue plusieurs vagues de création d'universités au cours du temps et on peut faire remonter au XIII^e siècle la première d'entre elles (Verger 1999). S'il existe encore quelques traits des universités médiévales hérités du passé, les universités contemporaines partagent peu de points communs avec leurs ancêtres¹. Il faut en particulier attendre le XIX^e siècle pour que les universités deviennent des établissements de recherche au sens contemporain, et le XX^e siècle pour qu'une nouvelle vague de création d'universités contribue à diffuser massivement cet équipement ; participant à l'élévation général du niveau d'éducation de la population mondiale et à la mondialisation de l'entreprise scientifique (Shofer et Meyer 2005 ; Sigris 2018).

Puisqu'elles remplissent un service à la population, qu'elles forment juristes, médecins et autres notables, et qu'elles requièrent des infrastructures d'accueil (salles de cours, logements des étudiants et professeurs), les premières universités ont le plus souvent émergées en milieu urbain (Revel 1987). Dans les cas où leur implantation s'est faite dans une cité de moindre envergure, l'université a généralement contribué à la dynamisation du lieu et ainsi contribué à sa croissance. On peut penser au cas de

¹ Ces dernières étaient exclusivement dévolues à l'enseignement et à la collation des grades dans un nombre limité de disciplines (droit, théologie, médecine et arts libéraux).

Coimbra au Portugal et de Cambridge en Angleterre qui bénéficient d'une université depuis le XIII^e siècle (Verger 1999).

Coimbra et Cambridge n'étaient pas destinées à accueillir une université à l'origine, mais ont toutes deux bénéficié du tumulte des relations entre villes et universités (« *town and gown* ») qui régnait au Moyen-Âge (Verger 2007). La création de l'Université de Coimbra résulte ainsi d'un désaccord initial entre les universitaires de Lisbonne et la municipalité sur le niveau de loyer exigé pour disposer des salles et logements, aboutissant au déménagement de l'ensemble de l'institution à Coimbra, suivi d'un retour à Lisbonne au XIV^e siècle, puis d'un nouveau déménagement au XVI^e siècle. De même, l'installation d'une université à Cambridge fait suite au déménagement initial des membres de l'Université de Paris vers Oxford au XIII^e siècle, puis à une confrontation violente entre habitants d'Oxford et membres de l'université dans une taverne, qui aurait conduit une partie des professeurs et étudiants d'Oxford à venir « s'établir dans ce bourg jusque-là très obscur, sous la direction de John Grim, qui en était précisément natif, et peut-être aussi à l'appel de l'évêque d'Ely, originaire du lieu. » (Verger 1999).

La géographie contemporaine des universités n'est qu'en partie héritée de l'époque moderne et médiévale. Certaines des villes qui eurent par le passé une université n'en ont plus aujourd'hui (c'est le cas de Franeker aux Pays-Bas et de Pont-à-Mousson et Billom en France), et certaines des grandes villes universitaires du passé ont perdu de l'envergure et ont reculé dans la hiérarchie universitaire (en nombre d'étudiants et de personnels enseignants). Si le milieu urbain a généralement été privilégié pour leur localisation, le cas de Cambridge n'est pas un cas isolé expliquant qu'il soit difficile de citer aujourd'hui un pays pour lequel la hiérarchie universitaire serait parfaitement calquée sur la hiérarchie urbaine. Le choix d'implanter des universités en zone rurale s'est en plus répandu au XX^e siècle où les universités ont été mobilisées comme instruments d'aménagement du territoire et où leur mission d'éducation et de formation a été largement mise en avant (Levy *et al.* 2015 ; Schamp 2018).

Parmi les critères dictant les choix de localisation de cet établissement, celui de la taille de la ville semble donc n'avoir jamais été systématique. L'histoire de la localisation d'une nouvelle université à Stirling en Écosse en 1967 indique que cette dimension a été considérée, mais qu'elle s'accompagnait d'un ensemble important d'autres critères : la disponibilité de terrains pour le site de l'université, la volonté de la municipalité d'accompagner le développement de cet équipement, la localisation des établissements préexistants à l'échelle du pays, ou encore le parti pris des élites en charge de la décision, majoritairement issus des universités d'Oxford et Cambridge (Heffernan et Jöns 2018). Aussi, l'histoire de la fondation des universités intervenue

sous le patronage du Royaume du Danemark montre combien la localisation de cet équipement relève de la stratégie politique de construction d'un État, incluant la protection de ses frontières et le contrôle de ses possessions territoriales (Adriansen et Adriansen 2018).

En tant qu'équipements remplissant un service vital, les hôpitaux tendent également, pour des raisons d'accessibilité, à s'implanter en milieu urbain selon un maillage territorial suffisamment étroit pour en garantir l'accès à l'ensemble de la population. Comme la question de l'offre et de l'interface avec le public se pose différemment pour les centres, infrastructures et stations de recherche, ces derniers équipements obéissent davantage à des logiques sectorielles (Autant-Bernard, 2000), au même titre d'ailleurs que les laboratoires de recherche de certaines entreprises, universités, collèges ou écoles spécialisées.

Ainsi, le transfert du CNES (Centre National d'Études Spatiales) de Paris à Toulouse en France entre 1958 et 1974 fut justifié par la volonté de l'État et du Préfet de voir se développer la filière de l'aéronautique dans cette région et d'accompagner le développement de son chef-lieu (Lamy 2011). Mais la logique économique de valorisation d'un secteur n'entre pas forcément en jeu et il arrive, en particulier dans le cas des infrastructures et stations de recherche, que le choix de la localisation soit principalement gouverné par l'objet de recherche. C'est le cas de l'observatoire Lowell qui fut fondé en 1984 près de la ville de Flagstaff suite à la mission de repérage d'un étudiant de l'Université d'Harvard, Andrew E. Douglass. L'idée d'aller tester plusieurs sites en Arizona fait suite au voyage de Douglass et son encadrant en Amérique du Sud en 1893 leur ayant permis d'observer Mars. Décidés à poursuivre leurs observations, et aidés en cela par l'homme d'affaire et astronome amateur Percival Lowell, ils décident de chercher un site moins éloigné mais disposant d'une aussi bonne visibilité que celle d'Arequipa au Pérou et de Vellemar au Chili. Les premières observations sont satisfaisantes, mais bientôt le mauvais temps hivernal les pousse à se délocaliser pour quelque temps au Mexique (Schindler 1996 ; Giclas 2001 ; Challéat 2019). De façon analogue, en France, la création de la station de biologie marine de Banyuls-sur-Mer en 1885, fait suite à la volonté de son fondateur, le professeur à la Sorbonne Henri de Lacaze-Duthiers de disposer d'une « station d'été », qui servirait de pendant à la « station d'hiver » de Roscoff fondée 10 ans plus tôt dans le Finistère (Lacaze-Duthier 1889 p. 354 ; Debaz 2005 p. 141). Dans les deux cas, il est intéressant de noter que plusieurs localisations ont été envisagées pour remplir la fonction de recherche attendue (Port-Vendres et Banyuls-sur-mer pour la station de biologie marine ; Tombstone, Tucson, Phoenix et Flagstaff pour l'observatoire). L'arbitrage entre sites s'est ensuite fait en tenant compte du soutien local pour l'installation du nouvel équipement, de la mise à disposition d'un terrain, de la construction d'une route pour rendre l'équipement accessible.

Il peut être curieux de constater que malgré la fondation de ces nouveaux équipements de recherche à la fin du XIXe siècle, la recherche en astronomie et en biologie marine ait continué de s'exercer en parallèle dans des lieux en apparence inadaptés à leur pratique.

Comment expliquer en effet que la ville de Paris dispose toujours d'un observatoire astronomique et de plusieurs laboratoires de recherche en biologie marine ? Le maintien à Paris de son observatoire a fait l'objet d'une investigation fouillée de David Aubin qui montre qu'il n'est pas allé de soi dans la mesure où, à la fin du XIXe siècle, la ville s'était fortement densifiée autour de l'observatoire nuisant fortement à la qualité des observations qui pouvaient s'y faire. Le maintien a été permis par la persuasion dont ont su faire preuve ses directeurs successifs qui ne souhaitaient pas le voir délocalisé. Les arguments contre le déménagement de cet équipement étaient entre autre l'importance des liens avec le grand public à travers des leçons et des journées portes ouvertes, la nécessaire proximité au pouvoir pour bénéficier de financements, l'intérêt de la proximité aux établissements scientifiques et d'enseignement supérieur, la proximité des fabricants d'instruments (Aubin 2003). On peut de plus noter que l'astronomie comme la biologie marine ont été caractérisées par une distance croissante à leur milieu au cours du XXe siècle. Les deux disciplines ont connu un durcissement qui fait qu'une partie du travail de recherche contemporain est assez éloignée du terrain (tournant de la biologie moléculaire et de la génomique en sciences marines et tournant de l'astrophysique en astronomie) ; les tâches de collecte de données sur le bord des côtes ou d'observation du ciel tendent parfois à être déléguées et peuvent être commandées à distance (Kholer 2002 ; Muller *et al.* 2015). La pratique du terrain demeure cependant importante en sciences de l'environnement et notamment en écologie marine, sciences qui bénéficient d'un regain d'intérêt à travers les prises de conscience liées au réchauffement climatique et à la baisse de la biodiversité (Kwa 2005 ; Marvin *et al.*, 2016).

D'avantage que la taille de la ville, les différents exemples et types d'institutions que nous venons d'examiner suggèrent que ce sont plus souvent sa position géographique, ses aménités, l'association à d'autres fonctions (politiques, économiques, culturelles, d'enseignement supérieur), et l'accessibilité de la ville qui entrent en jeu dans la localisation des activités de recherche.

x.2.3. Capacités d'innovation et densité de population

Dans sa thèse réalisée en 1938 sur le développement scientifique du XVIIIe siècle en Angleterre Robert K. Merton montre que ce qui importe pour que se réalisent ces interactions utiles à la science, ce sont les opportunités de mise en contact des esprits. Il défend en particulier l'idée que les avancées britanniques du XVIIIe siècle ont été

favorisées par l'établissement d'un système de diligences efficace au niveau du pays, mais aussi par une meilleure organisation du service postal au niveau du continent. Si ces aménagements devaient principalement profiter à la classe commerçante, les savants en ont alors tiré parti pour interagir davantage (Merton, 1938).

Pour Merton, il s'agit de comprendre le développement scientifique britannique en tenant compte des dynamiques internes au pays mais aussi de son insertion dans les réseaux à l'échelle continentale. L'importance de la densité de population est évoquée mais uniquement pour sa capacité à stimuler de nouveaux besoins et générer de nouveaux débouchés économiques (*ibid.* p. 575). Dans sa théorie, la densité de population n'est donc pas une condition suffisante : « Un autre moyen par lequel on considère que l'accroissement de la densité de population peut accélérer le taux d'inventions, à savoir, en augmentant les possibilités d'interactions sociales, n'est pas exclusivement lié à l'accroissement de la densité, et pour cette raison, ce moyen doit être considéré comme un facteur indépendant de la concentration de la population. » (*loc. cit.*). Cette proposition est fondamentale car elle évoque la méprise qu'il y a à considérer que des échanges fructueux résultent automatiquement de la concentration spatiale des individus.

L'idée selon laquelle la concentration spatiale favorise l'innovation est traditionnellement associée à deux auteurs classiques en économie géographique : Alfred Marshall et Jane Jacob. Le travail du premier à la fin du XIX^e siècle est une référence pour théoriser les économies d'agglomération au sein d'un même secteur d'activité tandis que celui de la seconde, dans la seconde partie du XX^e siècle, est associé aux économies d'urbanisation. Très mobilisées en géographie de l'innovation, ces deux références ont été reprises pour interroger la dynamique des externalités de connaissance et le rôle joué par la concentration spatiale des activités de recherche sur ces externalités (Autant-Bernard *et al* 2010). Cependant, alors que l'accent était principalement mis sur les systèmes locaux d'innovation et la croissance endogène dans les années 1990, l'attention s'est progressivement portée sur les flux de connaissance et plus particulièrement sur les pratiques de mobilité et de collaboration scientifique à différentes échelles dans les années 2000 (*ibid.*). Cette évolution a permis de mettre l'accent sur d'autres formes de proximités que la seule proximité spatiale entre établissements de Recherche et Développement pour comprendre les logiques de production de connaissances et d'innovation technologique (Bathelt *et al.* 2004 ; Boschma 2005 ; Carrincazeaux *et al.* 2008).

Dans ce courant de recherche, les observations empiriques indiquent que la concentration spatiale des activités de recherche profite à l'innovation lorsque les conditions propices à l'échange intellectuels sont réunies localement : mobilités entre établissements, organisations d'évènements et rencontres (Ter Wal 2009). Mais il est

aussi démontré que des interactions fructueuses peuvent s'établir entre lieux distants à travers des expériences de mobilités et des événements favorisant la proximité temporaire et les liens sociaux à distance (Rallet et Torre 1999 ; Bernela et Milard 2016). À rebours de ces démonstrations, et depuis le début des années 1990, les discours et politiques publiques associées à l'aménagement et l'organisation spatiale des activités de recherche insistent sur les avantages supposés automatiques de la concentration géographique sur la productivité scientifique et l'innovation et invoquent l'idée d'une nécessaire masse critique (un volume de chercheurs suffisant en un lieu donné) pour favoriser les interactions et assurer un bon niveau de production scientifique. Les avantages supposés de la concentration géographique justifient donc des opérations visant à concentrer les infrastructures et les financements de recherche sur certains sites, et *a fortiori* dans les plus grandes villes. À travers les politiques dites d'excellence lancées dans plusieurs pays européens à partir des années 2000, une différenciation est mise en œuvre, certains lieux plus polyvalents et concentrant davantage de scientifiques seraient les plus prometteurs en matière de recherche, d'autres, les plus petits, devraient se centrer sur quelques spécialités et sur leurs fonctions d'enseignement (Musselin 2004 ; Grossetti *et al.* 2020).

Les études empiriques existantes à ce sujet sur le cas du Royaume-Uni remettent pourtant clairement en cause l'existence d'un effet de masse critique sur la productivité des scientifiques (Aston et Shutt 2009 ; Kenna et Berche 2011 ; Adams et Thomson 2011). En étudiant le lien entre production scientifique des villes françaises et effectifs de recherche en équivalent temps plein en France, nos analyses n'ont pas non plus permis de mettre en évidence de relation superlinéaire entre effectifs de recherche et production scientifique, autrement dit d'avantage relatif des lieux les plus pourvus en effectifs de recherche sur le potentiel de production de ces lieux. Ces analyses suggèrent, au contraire, l'absence d'un effet de taille sur la productivité des scientifiques (Grossetti *et al.* 2020).

Certains travaux défendent toutefois encore l'idée que les grandes villes disposeraient d'un avantage comparatif en matière d'innovation de pointe (« *cutting-edge innovation* »). En particulier, deux études récentes s'appuyant sur le cas des États-Unis suggèrent que les espaces les plus densément peuplés sont propices aux innovations les plus complexes et les moins conventionnelles (Balland *et al.* 2020 ; Berkes et Gaetani 2020). Berkes et Gaetani partent du constat que les activités d'innovation, telles que mesurées par la distribution spatiale des brevets, n'apparaissent pas particulièrement limitées aux grandes villes américaines : « environ 43,3% des brevets déposés entre 2000 et 2010 ont été produit dans des *sub-counties* disposant d'une densité de population inférieure à 1000 habitants au kilomètre carré » (*ibid.*), ce qui remet en cause la relation traditionnellement établie dans ce domaine entre taille des villes et innovation. Ils remarquent cependant que les

brevets les moins « conventionnels » proviennent des espaces les plus densément peuplés. Balland *et al.* (2020) défendent aussi l'idée que les savoirs « les plus complexes » sont produits dans les grandes villes (les brevets appartenant aux catégories les plus récentes et les publications des sous-disciplines pour lesquels le nombre moyen d'auteurs par publication est le plus élevé).

Ces travaux introduisent une forme de hiérarchie des savoirs et des types d'innovation et suggèrent l'existence d'une inégale distribution spatiale des activités de recherche : certains domaines de la connaissance seraient plus concentrés géographiquement que d'autres et certains – les plus en pointe d'après Balland *et al.* – seraient plus développés dans les zones densément peuplées. Cette vision est reprise et en partie critiquée par Sheamur et Doloreux (2020) qui s'appuient sur le cas particulier de la production de savoirs associée à l'industrie du vin au Canada en distinguant différentes sous-catégories de services à forte intensité de connaissances et la proximité spatiale de ces services aux producteurs de vin. Il ressort de ce travail que plusieurs zones rurales se distinguent dans la production de connaissance « de pointe » en matière vinicole. On retrouve d'ailleurs chez Nomaler *et al.* (2014) l'idée que les grandes villes comme les espaces ruraux peuvent bénéficier d'avantage comparatifs dans certains secteurs, conduisant à ce que des savoirs parfois très complexes soient élaborés à l'écart des espaces les plus peuplés. Ces réflexions nous invitent à aller vers une géographie des sciences qui tienne davantage compte du contenu des savoirs et des spécificités disciplinaires. En effet, la recherche comme activité humaine recouvrerait finalement des types d'activités et des logiques spatiales aussi hétérogènes que l'industrie, justifiant que l'on cherche à en explorer les différentes composantes et déterminants.

En nous concentrant sur le cas de la France et du Royaume-Uni, nous nous proposons de travailler, dans la suite de ce chapitre, à documenter le degré de concentration spatiale des activités de recherche par discipline. Pour cela, nous pouvons nous appuyer sur le travail réalisé par Nomaler *et al.* (2014) pour les États-Unis et vérifier si les spécificités identifiées pour ce territoire se retrouvent en France et au Royaume-Uni. Par exemple, ils indiquent une plus forte concentration de la recherche médicale dans les grandes villes et une répartition spatiale plus équilibrée des sciences humaines et sociales. En plus de ce travail comparatif, il nous importe, comme suggéré par Nomaler *et al.*, de ne pas seulement tenir compte de la taille des villes sous l'angle de leur population mais aussi sous l'angle de leurs effectifs de recherche. Cette seconde variable, nous l'avons observée pour le cas de la France, est un excellent prédicteur du potentiel scientifique d'une ville (Grossetti *et al.* 2020). Le dernier écueil à éviter est celui lié à une interprétation non raisonnée des estimateurs mesurés à partir des lois d'échelle entre taille de ville et production scientifique. Comme indiqué par Nomaler *et al.* (2014) et par Arcaute *et al.* (2015), les activités de

recherche mesurées par la production ou les effectifs de recherche ne s'ajustent qu'imparfaitement à la hiérarchie urbaine de sorte que même s'il est possible de s'intéresser à la valeur de l'estimateur beta donné par la loi d'échelle, sa significativité doit être sujette à caution (Leitão *et al.* 2016). En particulier, le fait que beta soit supérieur à 1 ne suffit pas à déduire l'existence d'un avantage comparatif des grandes villes. Le fait que la relation statistique soit superlinéaire indique tout au plus que l'activité observée à l'aide de l'indicateur choisi pour la mesurer est plus présente dans le haut de la hiérarchie urbaine.

La dernière partie de ce chapitre se propose ainsi d'examiner la géographie de la recherche en France et au Royaume-Uni en tenant compte de son lien avec la hiérarchie urbaine dans ces deux pays et en s'appuyant sur plusieurs variables clefs parmi lesquelles la production scientifique par discipline, les effectifs de recherche et la population urbaine.

x.3. La répartition spatiale des activités de recherche en France et au Royaume-Uni

x.3.1. Présentation des cas, données et méthodes

Parfois considérées comme opposées dans leur organisation compte tenu des différences notables de leur régime politique et de leur administration, la France et le Royaume-Uni sont toutefois assez comparables du point de vue de leur population et du poids de leur capitale. Parce qu'il est une union de nations, le Royaume-Uni est souvent présenté comme un État historiquement moins centralisé que la France, mais cette vision est trompeuse comme le montrent Robert D. Anderson et Philippe Savoie (2012) au sujet de l'enseignement supérieur au XIXe siècle : « le récit traditionnel sur l'enseignement supérieur français insiste sur la domination de Paris et le caractère fantomatique des facultés provinciales. Mais, au moins une quinzaine de centres universitaires étaient là, quand l'Angleterre n'avait que les deux universités nationales d'Oxford et Cambridge. Le système napoléonien ne reconnaissait que des facultés sans liens entre elles, mais des villes comme Toulouse ou Strasbourg abritaient des communautés universitaires comparables à bien des égards aux universités de taille moyenne en Italie ou en Allemagne, qui étaient en relation étroite avec la communauté locale et ses besoins. » (Anderson et Savoie, 2012).

Des politiques successives de décentralisation ont été conduites dans les deux États au cours du XXe siècle, les universités des villes secondaires se sont développées, leurs effectifs d'enseignement et de recherche progressant au rythme de la croissance étudiante (Baron 2010, 2014), et conduisant progressivement à faire baisser le poids relatif du « triangle d'or » (Londres – Oxford – Cambridge) et de Paris

en terme de production scientifique (Grossetti *et al.* 2014). Les deux espaces métropolitains ont néanmoins bénéficié sur les deux dernières décennies d'opérations de concentration spatiale des moyens telles qu'évoquées dans la sous-section précédente (1.2.3), en France à travers la politique des Initiatives d'Excellence (Grossetti *et al.* 2020) et au Royaume-Uni à travers le « Research Excellence Framework », dispositif visant à répartir les moyens en fonction des résultats de recherche des laboratoires, mais dont la mise en œuvre prévoit une pondération plus favorable pour les laboratoires situés à Londres (Forth et Jones 2020).

Pour estimer la production scientifique des villes de ces deux pays, et le rapport entre cette distribution et la hiérarchie urbaine, nous mobilisons les volumes de publications scientifiques comptabilisés dans le *Web of Science*, qui ont été géolocalisés et agrégés en vue de produire des analyses globales sur la production scientifique mondiale dans le cadre du programme de recherche scientifique Netscience². Ces données décrivent un nombre annuel de publications agrégé par agglomération urbaine entre 1999 et 2014. Les périmètres d'agglomérations utilisés sont ceux définis dans le cadre du programme de recherche Géoscience³ selon une définition harmonisée pour l'ensemble des villes du monde (Maisonobe *et al.* 2018). Pour les publications co-écrites depuis plusieurs agglomérations, la valeur affectée à chaque agglomération est fractionnée selon le nombre d'agglomérations impliquées dans la publication : autrement dit, si une publication est signée par des auteurs localisés dans l'agglomération de Paris, Londres et Édimbourg, chacune des trois agglomérations recevra un crédit d'un tiers pour cette publication. La ventilation par grand domaine disciplinaire est faite en reprenant la classification des revues proposée par l'OST-HCERES.

Les données de population urbaine utilisées proviennent des organismes statistiques nationaux et ont été recueillies au niveau des communes pour la France (recensement de 2012) et au niveau des *wards* pour le Royaume-Uni (recensement de 2011). Elles proviennent du recensement de population. Elles ont ensuite été agrégées au niveau des agglomérations urbaines du programme Géoscience. Les données d'effectifs proviennent de sources moins facilement comparables : pour la France, nous disposons du personnel de l'enseignement et de la recherche publique recensé dans les « déclarations annuelles de données sociales » (DADS) de 2014⁴ et agrégé directement au niveau des agglomérations urbaines du projet Géoscience par le fournisseur de données, tandis que pour le Royaume-Uni, nous avons dû nous limiter

² Programme « Netscience » soutenu par le LabEx « Structurations des Mondes Sociaux » (ANR-11-LABX-0066).

³ Programme « Géoscience » soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-09-SSOC-010-GEOSCIENCE)

⁴ PCS 342B ; 342C ; 342D ; 342F ; 342G et 342H dans le fichier « salariés » des DADS : Tabulation sur mesure, INSEE [producteur], ADISP [diffuseur].

aux données accessibles via la ressource ETER (European Tertiary Education Register) et provenant de l'HESA (the Higher Education Statistics Agency). Ces données compilent, pour l'année 2014, le personnel de recherche en équivalent temps plein de l'ensemble des universités britanniques (hors organismes de recherche), mais la ventilation de ce personnel au niveau des universités multi-site n'est pas accessible. Pour pallier ce manque, nous avons cherché à estimer la répartition du personnel académique de ces universités en réalisant une recherche manuelle sur les sites internet des 47 universités multi-sites recensés par ETER. Nous sommes ainsi parvenus à réaliser une ventilation du personnel pour 21 d'entre elles. Ces données d'effectifs recueillies au niveau des établissements universitaires ont ensuite été agrégées au niveau des agglomérations urbaines du programme Géoscience.

x.3.2. Résultats

La mise en forme des données de production scientifique selon la méthode exposée précédemment et leur croisement avec les données urbaines et les données d'effectifs de recherche pour le Royaume-Uni et la France nous permet d'établir trois phénomènes :

- La relation linéaire qui existe entre le logarithme des effectifs de recherche et celui de la production scientifique des villes dans les deux pays ;
- Le décalage qui existe, dans les deux pays, entre hiérarchie urbaine et hiérarchie scientifique des villes ;
- La surreprésentation des activités de recherche dans les villes les plus peuplées en France.

Que ce soit au Royaume-Uni ou en France, le meilleur prédicteur du volume de production scientifique d'une aire urbaine n'est pas sa taille en nombre d'habitants mais sa taille en effectif de recherche. Pour les deux pays, la distribution des effectifs de recherche explique 90% des variations du nombre de publications scientifiques par aire urbaine tandis que la distribution de la population urbaine n'en explique que 70% (voir la valeur du coefficient de détermination linéaire de Pearson, noté R^2 sur les Figures x.1 et x.2). De plus, le logarithme du nombre de publications scientifiques des aires urbaines s'ajuste linéairement sur les effectifs de recherche de celles-ci ; ce qui confirme l'absence d'un effet de masse critique selon lequel une concentration accrue de scientifiques en un lieu donné aurait un effet multiplicateur sur leur productivité. Le fait que la pente de la régression linéaire entre le personnel de recherche et la production scientifique, donné par l'estimateur beta, soit proche de 1 (intervalle de confiance entre 0.75 et 1.04 pour le Royaume-Uni et 0.94 et 1.06 pour la France d'après la dernière ligne des tableaux x.1 et x.2) permet de rejeter l'hypothèse de l'existence d'un tel effet.

Aussi bien au Royaume-Uni qu'en France, la relation observée entre le logarithme de la production scientifique des aires urbaines et celui de leur population d'après les données du recensement de population est superlinéaire (valeur de l'estimateur beta et de la borne inférieure de son intervalle de confiance supérieure à 1). Cette observation rejoint et confirme celles de travaux antérieurs, cités dans la sous-section 1.2.1, servant à illustrer le caractère métropolitain des activités de recherche en France, au Royaume-Uni ainsi qu'aux États-Unis. Comme évoqué précédemment, diverses interprétations existent pour expliquer la nature superlinéaire de cette relation. Pour Bettencourt *et al.* (2007), le caractère superlinéaire de cette loi d'échelle traduit une plus grande performativité des villes les plus peuplées. Le caractère linéaire de la loi d'échelle entre production scientifique et effectif de recherche que nous venons d'établir permet cependant d'évacuer cette interprétation : si les villes les plus peuplées publient davantage que ce qu'on pourrait attendre compte tenu de leur nombre d'habitants, cela vient seulement du fait qu'elles comptent, dans leur population, davantage de scientifiques que ce qu'on pourrait attendre si la répartition géographique des scientifiques suivait linéairement la répartition géographique de la population urbaine.

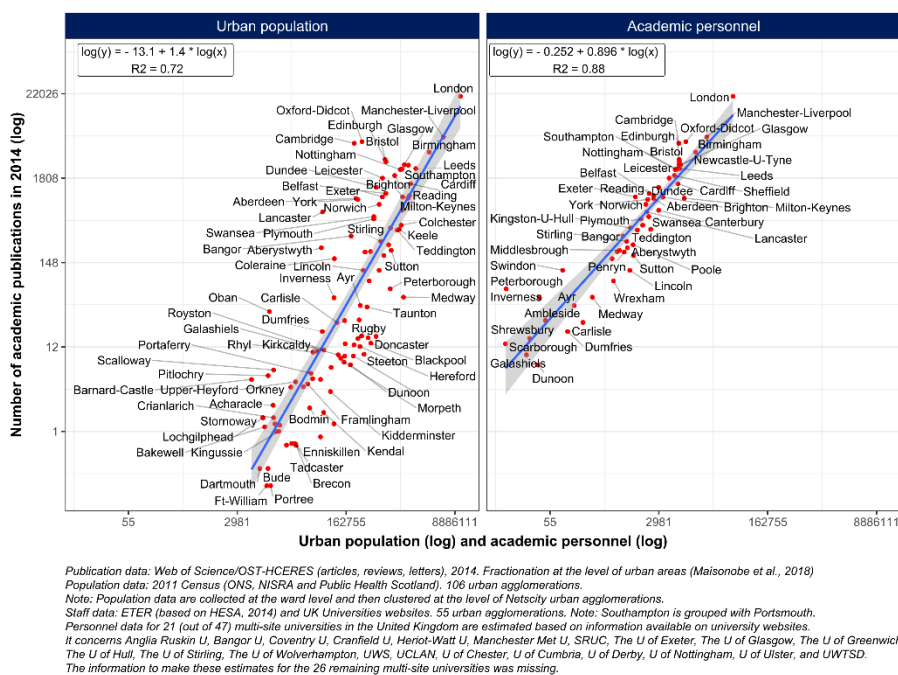
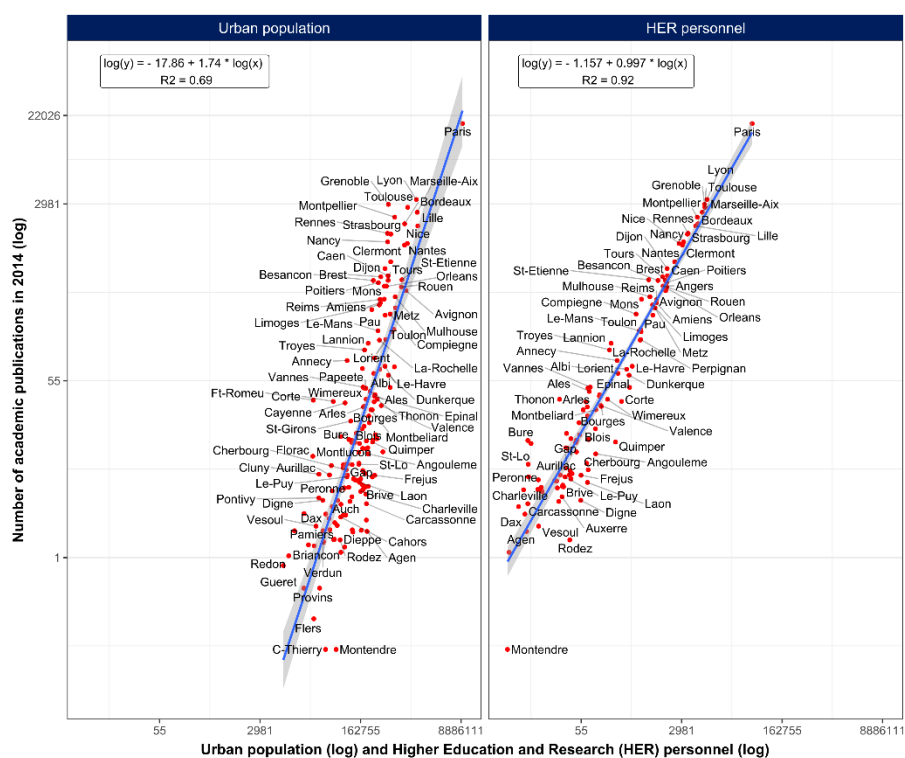


Figure x.1. Relation entre la production académique, la population urbaine et les effectifs de recherche par aire urbaine au Royaume-Uni

Pour le formuler autrement, c'est parce qu'il y a proportionnellement plus de scientifiques dans les villes les plus peuplées en France et au Royaume-Uni que la loi d'échelle entre production scientifique et population urbaine est superlinéaire dans ces deux pays. Le fait que l'estimateur beta de cette régression soit sensiblement plus élevé en France (1.74) qu'au Royaume-Uni (1.4) témoigne du fait que la surreprésentation des activités de recherche dans les villes les plus peuplées est un phénomène encore plus marqué en France qu'au Royaume-Uni. Comme nous l'avons évoqué précédemment, le Royaume-Uni compte, parmi les villes qui se trouvent au sommet de sa hiérarchie scientifique, des villes qui, comme Oxford et Cambridge, se trouvent plus éloignées dans la hiérarchie urbaine. Si le phénomène est moins marqué en France, Grenoble et Montpellier présentent aussi cette caractéristique (elles occupent un rang plus élevé en volume de production scientifique qu'en habitants).



Publication data: Web of Science/OST-HCERES (articles, reviews, letters), 2014. Fractionation at the level of urban areas (Maisonobe et al., 2018)
 Population data: 2012 Census (INSEE). 166 urban agglomerations.
 Note: Population data are collected at the municipality level and then clustered at the level of Netscity urban agglomerations.
 Staff data: DADS 2014, Insee, France. 111 urban agglomeration. Note: Staff data are missing for overseas cities.

Figure x.2. Relation entre la production académique, la population urbaine et les effectifs de recherche par aire urbaine en France

Étant entendu que la taille de la ville en nombre d'habitants n'a pas d'effet multiplicateur sur la productivité des scientifiques qui y sont affiliés, il est possible d'interpréter la valeur de l'estimateur beta de la relation entre production scientifique et population urbaine par le plus ou moins grand décalage existant entre hiérarchie urbaine et hiérarchie scientifique. Autrement formulé, l'estimateur beta sera d'autant plus élevé que les villes les plus peuplées compteront une part de scientifiques plus importante dans leur population que les villes situées plus loin dans la hiérarchie urbaine. En suivant cette logique, voyons à présent s'il est possible de faire ressortir certaines spécificités disciplinaires.

Les tableaux x.1 et x.2 résultent d'une ventilation de la production scientifique par grand domaine disciplinaire en utilisant la catégorisation de l'OST-HCERES (regroupement des spécialités scientifiques – les 252 sous-catégories du Web of Science – en 10 grandes catégories disciplinaires). Pour chacune des disciplines, la relation entre le logarithme du volume de publications dans la discipline et celui des effectifs de recherche (toutes disciplines confondues) est linéaire. La situation est plus contrastée lorsqu'on examine la relation entre le logarithme du volume de publications dans la discipline et celui de la population urbaine.

| Discipline | Beta estimates and R2 of OLS Regressions | | | | | | | |
|-----------------------|--|--------------|------|----|------------------|--------------|------|-----|
| | UK | | | | | | | |
| | Academic Personnel | | | | Urban Population | | | |
| | β | CI95 % | R2 | n | β | CI95 % | R2 | n |
| Basic biology | 1.05 | [0.86; 1.24] | 0.85 | 55 | 1.39 | [1.14; 1.65] | 0.51 | 82 |
| Medecine | 0.83 | [0.66; 1] | 0.81 | 55 | 1.38 | [1.24; 1.52] | 0.75 | 98 |
| Applied biology | 0.74 | [0.58; 0.89] | 0.73 | 54 | 0.92 | [0.73; 1.11] | 0.43 | 83 |
| Chemistry | 1.04 | [0.83; 1.24] | 0.71 | 54 | 1.22 | [1.01; 1.43] | 0.48 | 67 |
| Physics | 1.07 | [0.81; 1.32] | 0.73 | 50 | 1.17 | [0.93; 1.42] | 0.45 | 61 |
| Space & earth science | 0.89 | [0.67; 1.11] | 0.67 | 54 | 1 | [0.78; 1.23] | 0.42 | 81 |
| Engineering | 1.14 | [0.87; 1.42] | 0.77 | 54 | 1.49 | [1.25; 1.72] | 0.53 | 74 |
| Mathematics | 1.24 | [0.9; 1.58] | 0.70 | 45 | 0.84 | [0.32; 1.35] | 0.17 | 47 |
| Arts & Humanities | 0.87 | [0.73; 1.02] | 0.82 | 54 | 1.17 | [0.97; 1.37] | 0.53 | 76 |
| Social Science | 1.03 | [0.87; 1.2] | 0.87 | 55 | 1.29 | [1.04; 1.54] | 0.49 | 81 |
| All Disciplines | 0.9 | [0.75; 1.04] | 0.88 | 55 | 1.4 | [1.26; 1.54] | 0.72 | 106 |

* Staff data: ETER, HESA, 2014, and multi-site universities websites retrieved in 2020;

Publication data: Web of Science/OST-HCERES (articles, reviews and letters), 2014;

Population data: 2011 Census (ONS, NISRA and Public Health Scotland). NETSCITY urban areas.

Tableau x.1. Descripteurs des relations entre production scientifique, personnel académique et population urbaine par discipline et par aire urbaine au Royaume-Uni

Premièrement, il convient de noter qu'autant pour le Royaume-Uni (Tableau x.1) que pour la France (Tableau x.2), la distribution spatiale de la production scientifique par discipline ne s'ajuste que très imparfaitement à la distribution de la population urbaine des villes : le R2 est inférieur au R2 de la relation entre ces deux variables toutes disciplines confondues, à l'exception du R2 de la relation observée pour la médecine au Royaume-Uni. Tant au Royaume-Uni qu'en France, la médecine est la discipline qui compte le plus de villes publiantes ($n = 98$ au Royaume-Uni et $n = 158$ pour la France), ce qui indique qu'elle est plus présente à l'échelle du territoire entier. Elle fait aussi partie des disciplines qui ont un estimateur beta supérieur à 1 (d'une valeur d'1.4 au Royaume-Uni et d'1.6 en France). Cela suggère une surreprésentation de la part occupée par les spécialistes de biomédecine dans la population des villes les plus peuplées des deux pays. Cette spécificité de la médecine se retrouve aussi dans les observations de Nömler *et al.* (2014) pour les États-Unis.

| Discipline | Beta estimates and R2 of OLS Regressions | | | | | | | |
|-----------------------|--|--------------|------|-----|------------------|--------------|------|-----|
| | France | | | | | | | |
| | Academic Personnel | | | | Urban Population | | | |
| | β | CI95 % | R2 | n | β | CI95 % | R2 | n |
| Basic biology | 1.05 | [0.97; 1.14] | 0.84 | 104 | 1.83 | [1.56; 2.1] | 0.63 | 142 |
| Medecine | 0.93 | [0.84; 1.02] | 0.80 | 110 | 1.66 | [1.41; 1.91] | 0.63 | 158 |
| Applied biology | 0.78 | [0.69; 0.86] | 0.77 | 97 | 1.34 | [1.13; 1.55] | 0.52 | 127 |
| Chemistry | 1.07 | [1; 1.15] | 0.87 | 91 | 1.77 | [1.48; 2.07] | 0.56 | 119 |
| Physics | 1.15 | [1.06; 1.24] | 0.87 | 86 | 1.93 | [1.56; 2.3] | 0.53 | 105 |
| Space & earth science | 0.94 | [0.84; 1.05] | 0.78 | 96 | 1.6 | [1.34; 1.86] | 0.55 | 127 |
| Engineering | 0.98 | [0.9; 1.07] | 0.82 | 97 | 1.73 | [1.47; 1.99] | 0.58 | 128 |
| Mathematics | 1.07 | [0.96; 1.19] | 0.86 | 62 | 1.77 | [1.45; 2.09] | 0.60 | 68 |
| Arts & Humanities | 0.96 | [0.83; 1.1] | 0.79 | 75 | 1.84 | [1.51; 2.17] | 0.64 | 92 |
| Social Science | 1.1 | [0.99; 1.22] | 0.85 | 74 | 1.74 | [1.36; 2.11] | 0.55 | 90 |
| All Disciplines | 1 | [0.94; 1.06] | 0.92 | 111 | 1.74 | [1.55; 1.94] | 0.69 | 166 |

* Staff data: DADS, INSEE, 2014;

Publication data: Web of Science/OST-HCERES (articles, reviews and letters), 2014;

Population data: 2012 Census (INSEE). NETSCITY urban areas.

Tableau x.2. Descripteurs des relations entre production scientifique, effectifs de recherche et population urbaine par discipline et par aire urbaine en France

En France, la relation entre le logarithme de la production scientifique et celui de la population urbaine est surlinéaire pour l'ensemble des disciplines, ce qui tend à indiquer que, pour l'ensemble des disciplines, la géographie de la recherche en France est assez fortement influencée par la hiérarchie urbaine, avec une plus forte

sureprésentation de cette activité dans le haut de la hiérarchie urbaine. L'estimateur beta est tout particulièrement élevé pour la physique et les sciences humaines. Cette même relation est au contraire quasi-linéaire pour les mêmes disciplines au Royaume-Uni. D'après les observations de Nömler *et al.*, cette relation est surlinéaire pour la physique et sous-linéaire pour les sciences humaines aux États-Unis (*op. cit.*). Selon les pays, il apparaît donc que nous aboutissons à des observations assez contrastées rendant difficile de tirer des conclusions nettes sur les liens entre répartition géographique des disciplines et hiérarchie urbaine. La médecine apparaît surreprésentée dans le haut de la hiérarchie urbaine pour les trois pays, mais certaines disciplines, comme les sciences humaines, ont un profil qui varie d'un pays à l'autre. Pour le comprendre, il faudrait sans doute regarder plus précisément quelles sont les villes les plus publiantes de chaque discipline, quelle est leur place dans la hiérarchie urbaine et scientifique du pays et comment l'expliquer.

Comme nous l'avons vu dans la section 1.2.2, les facteurs historiques jouent un rôle important dans les logiques de localisation des activités de recherche. Au Royaume-Uni, la distribution de la population urbaine explique particulièrement mal la distribution de la production scientifique en mathématiques (R^2 inférieur à 20 %) et la relation entre production et population est sous-linéaire dans cette discipline car les villes relativement peu peuplées d'Oxford et Cambridge sont à l'origine d'une part très importante de la production britannique en mathématiques (indice de Gini de la répartition de la production proche de 0.9). Si la production est encore plus concentrée spatialement en France pour cette discipline (les 3 premières villes contribuant environ à 50 % de la production), cette production provient au contraire des villes les plus peuplées du pays, ce qui fait que l'estimateur beta est nettement surlinéaire pour cette discipline.

Cette variabilité du décalage entre hiérarchie urbaine et hiérarchie scientifique selon les disciplines en fonction des pays rend délicate la tâche consistant à catégoriser les disciplines selon leur plus ou moins grande propension à se développer dans les villes les plus peuplées quel que soit le pays considéré. L'interprétation proposée par Balland *et al.* (2020) selon laquelle les activités scientifiques les plus complexes seraient, d'après les observations obtenues pour les États-Unis, de nature à se concentrer dans les aires urbaines les plus peuplées nous semble à cet égard mériter d'être rejetée. L'approche proposée par ces auteurs, si elle est séduisante, gagnerait à être enrichie par des comparaisons avec d'autres pays. Une meilleure prise en compte des intervalles de confiance et de la valeur du R^2 pour les différentes régressions est également conseillé comme démontré par Arcaute *et al.* (2015). En effet, l'utilisation des lois d'échelle, si elle a gagné en popularité ces dernières années pour décrire les distributions spatiales, n'est pas une panacée. Elle permet de raisonner à partir d'un indicateur synthétique mais elle conduit, dans de nombreux travaux, à des surinterprétations et des simplifications excessives. Une tentative d'illustrer cela et de

comparer les observations obtenues en mobilisant, en complément, d'autres indicateurs de mesure des distributions spatiales pour une analyse de l'évolution de la concentration spatiale des activités de recherche à l'échelle européenne est proposée dans Maisonobe (2021).

x.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons convoqué des savoirs issus de la géographie, de l'histoire et de l'économie pour documenter et questionner les logiques de spatialisation des activités de recherche. Notre objectif était de saisir le lien existant entre hiérarchie urbaine et hiérarchie scientifique des villes. Après un état de l'art mobilisant successivement les approches de ce domaine d'activité en géographie urbaine, histoire des sciences et économie territoriale, nous avons plus spécifiquement centré notre attention sur la géographie des activités de recherche en France et au Royaume-Uni avec l'ambition de mettre en évidence des spécificités disciplinaires.

L'examen des logiques de localisation des activités de recherche a fait ressortir :

- *Le rôle des différentes fonctions auxquelles la recherche est associée.* Lorsqu'elle est assimilée à une activité métropolitaine ou tertiaire, la recherche n'est que partiellement prise en compte dans la mesure où cette approche exclut la recherche menée dans les établissements d'enseignement supérieur et dans les hôpitaux. Il importe donc d'envisager le rapport à l'espace de la fonction recherche en tenant compte des autres fonctions auxquelles elle est associée dont les fonctions de formation et de santé. Lorsqu'elle donne lieu à des applications, sa localisation obéit également à des logiques sectorielles (cf. la localisation des activités de recherches en chimie ou en aéronautique). Enfin, l'objet de la recherche est parfois déterminant pour sa localisation indépendamment des possibles applications, c'est le cas pour la localisation des équipements ouverts sur l'extérieur que sont les observatoires et les stations de biologie marine.
- *L'importance des facteurs historiques dans l'organisation spatiale de la science.* Il convient de prendre en compte le développement, au fil de temps, de plusieurs systèmes d'organisation de la science, de plusieurs types d'institutions abritant des activités de recherche, et l'évolution des représentations associées à ces institutions. En particulier, le rôle croissant des États dans la mise en place de systèmes nationaux de recherche à partir du XIXe siècle est un phénomène essentiel. Il permet notamment de comprendre l'organisation spatiale de la science en Allemagne où chaque Land dispose de son université. Dans un contexte de construction territoriale, les choix de localisation sont aussi stratégiques et selon les modèles politiques, il peut

arriver que la décision vienne d'en haut ou qu'elle soit influencée par les pouvoirs locaux.

- *Les critères jugés favorables au développement des activités de recherche.* Plusieurs critères interviennent pour légitimer le choix de localisation des équipements de recherche. La taille de la ville en nombre d'habitants en fait partie mais elle n'est pas déterminante. D'autres aspects interviennent qui dépendent, comme on vient de le voir, du type d'équipement (des fonctions auxquelles il est associé), du système d'organisation dans lequel il s'inscrit, en encore de l'accessibilité et des aménités du site d'installation. C'est ce qui explique qu'à l'échelle d'un pays donné la hiérarchie scientifique ne corresponde qu'imparfaitement à la hiérarchie urbaine.

En France, au Royaume-Uni et aux États-Unis, on observe une surreprésentation des activités de recherche dans les villes les plus peuplées. Cette surreprésentation peut être démontrée en mesurant les estimateurs d'une loi d'échelle mettant en relation la distribution spatiale de la production scientifique et celle de la population urbaine. Notre analyse resserrée sur le cas du Royaume-Uni et de la France montre que cette distribution suit en fait celle des effectifs d'enseignement supérieur et de recherche⁵. Cette analyse démontre l'absence d'effet de taille appelé également « effet de masse critique » sur la production scientifique dans les deux pays. Autrement formulé, elle démontre que les scientifiques localisés dans les villes les plus peuplées ne sont pas plus productifs que ceux exerçant dans les villes petites et moyennes. Le différentiel de production observé résulte en fait de la présence d'un plus grand nombre de scientifiques et donc d'équipements de recherche dans les espaces urbains denses.

Considérant la variété des facteurs de localisation de ces équipements, nous montrons l'intérêt qu'il y a à mieux éclairer la distribution spatiale des activités de recherche à l'échelle des disciplines. L'hypothèse est que certaines disciplines peuvent avoir des logiques propres conduisant à des distributions spatiales spécifiques. L'exploration de cette hypothèse pour le Royaume-Uni et la France ne permet pas de faire ressortir de régularité forte. Le sujet, encore peu traité en géographie quantitative, mérite d'être creusé davantage et justifierait l'utilisation d'indicateurs et d'approches complémentaires à celle que nous avons utilisé dans ce chapitre. Les estimateurs des lois d'échelle appliquées aux distributions spatiales que nous avons mesurés présentent en effet plusieurs limites qui sont encore trop peu souvent prises en considération : leur sensibilité au niveau d'agrégation spatiale (Arcaute *et al.* 2015), la non prise en compte des zéros (Finance et Cottineau 2018), l'inadéquation de certaines distributions au modèle loglinéaire (Leitão *et al.* 2016). Ces limites justifient

⁵ Les scripts permettant de reproduire les analyses, figures et tableaux présentés dans ce chapitre sont accessibles en ligne sur le dépôt suivant :

https://github.com/Marion-Mai/geo_of_research_and_urban_hierarchy

de mobiliser d'autres approches en complément qui nous permettraient de mettre en évidence des logiques disciplinaires. Le fait d'observer des différences entre pays nous incite à la prudence et au rejet des travaux cherchant à faire ressortir des régularités dans la distribution spatiale des disciplines sur la base d'observations recueillies uniquement sur un seul pays.

x.5. Bibliographie

- Adams, J., Thomson, S. (2011). Funding research excellence: Research group size, critical mass performance. University Alliance, Londres.
- Adriansen, H. K., Adriansen, I. (2018). A Political Geography of University Foundation: The Case of the Danish Monarchy. Dans *Geographies of the University*, P. Meusburger, M. Heffernan, L. Suarsana (dir.). Springer International Publishing, Cham, 193–217. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75593-9_5
- Anderson, R. D. (2012). Centralisation et décentralisation dans la formation des élites en France et en Grande-Bretagne à l'époque contemporaine. *Histoire de l'éducation*, (134), 39–58. <https://doi.org/10.4000/histoire-education.2495>
- Arcaute, E., Hatna, E., Ferguson, P., Youn, H., Johansson, A., Batty, M. (2015). Constructing cities, deconstructing scaling laws. *Journal of The Royal Society Interface*, 12(102), 20140745. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0745>
- Aston, L., Shutt, L. (2009). Concentration and Diversity: Understanding the relationship between excellence, concentration and critical mass in UK research (Rapport No. 2009/01). University Alliance, Londres.
- Aubin, D. (2003). The Fading Star of the Paris Observatory in the Nineteenth Century: Astronomers' Urban Culture of Circulation and Observation. *Osiris*, 18(1), 79–100. <https://doi.org/10.1086/649378>
- Autant-Bernard, C., Billand, P., Massard, N. (2010). « L'économie industrielle depuis 30 ans : Réalisations et perspectives ». Innovation et espace—Des externalités aux réseaux. *Revue d'économie industrielle*, (129-130), 203–236. <https://doi.org/10.4000/rei.4155>
- Bailly, A. S. (1985). Le rôle des activités de service dans le développement régional suisse. *Annales de géographie*, 94(523), 257–269. <https://doi.org/10.3406/geo.1985.20321>
- Balland, P.-A., Jara-Figueroa, C., Petralia, S. G., Steijn, M. P. A., Rigby, D. L., Hidalgo, C. A. (2020). Complex economic activities concentrate in large cities. *Nature Human Behaviour*, 4(3), 248–254. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0803-3>

- Baron, M. (2010). Les transformations de la carte universitaire depuis les années 1960 : Constats et enjeux. *Le Mouvement Social*, 233(4), 93–105. <https://doi.org/10.3917/lms.233.0093>
- Baron, M., Barrera, C., Birck, F. (2014). Universités et territoires, du passé faisons table rase ? *Les Annales de la recherche urbaine*, 109(1), 18–27. <https://doi.org/10.3406/aru.2014.3145>
- Bathelt, H., Malmberg, A., Maskell, P. (2004). Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography*, 28(1), 31–56. <https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa>
- Benson, K. R. (2001). Summer Camp, Seaside Station, and Marine Laboratory: Marine biology and its institutional identity. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 32(1), 11–18. <https://doi.org/10.1525/hsp.2001.32.1.11>
- Berkes, E., Gaetani, R. (2020). The Geography of Unconventional Innovation. *The Economic Journal*, (ueaa111). <https://doi.org/10.1093/ej/ueaa111>
- Bernela, B., Milard, B. (2016). Co-authorship Network Dynamics and Geographical Trajectories—What Part Does Mobility Play? *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 131(1), 5–24. <https://doi.org/10.1177/0759106316642705>
- Bettencourt, L. M. A., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C., West, G. B. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), 7301. <https://doi.org/10.1073/pnas.0610172104>
- Bigg, C., Aubin, D., Felsch, P. (2009). Introduction: The Laboratory of Nature – Science in the Mountains. *Science in Context*, 22(3), 311–321. <https://doi.org/10.1017/S0269889709990020>
- Boschma, R. A. (2005). Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61–74. <https://doi.org/10.1080/0034340052000320887>
- Bouba-Olga, O. (2018). Les fonctions métropolitaines sont-elles de plus en plus métropolitaines ? Repéré à [hal-01777495](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01777495)
- Brocard, M. (1991). *La science et les régions : Géoscopie de la France*. RECLUS-La Documentation Française, Montpellier-Paris.
- Cabanac, G., Hartley, J. (2013). Issues of work–life balance among JASIST authors and editors. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(10), 2182–2186. <https://doi.org/10.1002/asi.22888>
- Carrincazeaux, C., Lung, Y., Vicente, J. (2008). The Scientific Trajectory of the French School of Proximity: Interaction- and Institution-based Approaches to Regional Innovation Systems. *European Planning Studies*, 16(5), 617–628. <https://doi.org/10.1080/09654310802049117>

- Challéat, S. (2019). *Sauver la Nuit*, 1^{re} édition. Premier Parallèle, Paris.
- Claval, P. (1977). *La nouvelle géographie*, 1^{re} édition. Presses Universitaires de France, Paris.
- Craggs, R., Mahony, M. (2014). The Geographies of the Conference: Knowledge, Performance and Protest. *Geography Compass*, 8(6), 414–430. <https://doi.org/10.1111/gec3.12137>
- Debaz, J. (2005). Les stations françaises de biologie marine et leurs périodiques entre 1872 et 1914. Thèse de doctorat. École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS), Paris.
- DeFilippis, E., Impink, S., Singell, M., Polzer, J. T., Sadun, R. (2020). Collaborating During Coronavirus: The Impact of COVID-19 on the Nature of Work. *Harvard Business School Organizational Behavior Unit Working Paper*, (21-006). Repéré à https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654470
- Fache, J. (1999). La définition des industries de haute technologie. *Méditerranée*, 92(3), 41–48. <https://doi.org/10.3406/medit.1999.3109>
- Finance, O., & Cottineau, C. (2018). Are the absent always wrong ? Dealing with zero values in urban scaling. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(9), 1663–1677. <https://doi.org/10.1177/2399808318785634>
- Finance, O., Swerts, E. (2020). Scaling Laws in Urban Geography. Linkages with Urban Theories, Challenges and Limitations. Dans *Theories and Models of Urbanization: Geography, Economics and Computing Sciences*, D. Pumain (dir.). Springer International Publishing, Cham, 67–96. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36656-8_5
- Forth, T., Jones, R. A. L. (2020). The missing 4 billion: Making RD work for the whole UK. NESTA National Endowment for Science, Technology and the Arts, Londres. Repéré à https://media.nesta.org.uk/documents/The_Missing_4_Billion_Making_RD_work_for_the_whole_UK_v4.pdf
- Fraser, N., Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálffy, M., Coates, J. A. (2020). Preprinting a pandemic: The role of preprints in the COVID-19 pandemic. *BioRxiv*, 2020.05.22.111294. <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.111294>
- Giclas, H. (2001). The Founding of Lowell Observatory. Repéré à <https://azmemory.azlibrary.gov/digital/collection/loaselect/id/42>
- Grossetti, M., Eckert, D., Gingras, Y., Jégou, L., Larivière, V., Milard, B. (2014). Cities and the geographical deconcentration of scientific activity: A multilevel analysis of publications (1987-2007). *Urban Studies*, 51(10), 2219–2234. <https://doi.org/10.1177/0042098013506047>

- Grossetti, M., Eckert, D., Maisonobe, M., Tallec, J. (2016). Four commonly held beliefs about the geography of scientific activities. Dans *Handbook on the geographies of innovation*, R. Sheamur, C. Carrincazeaux, D. Doloreux (dir.). Edward Elgar, Cheltenham ; Northampton, MA, 223–240.
- Grossetti, M., Maisonobe, M., Jégou, L., Milard, B., Cabanac, G. (2020). Spatial organisation of French research from the scholarly publication standpoint (1999–2017): Long-standing dynamics and policy-induced disorder. Dans *Web of Conferences*. EDP Sciences, Paris. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024401005>
- Heffernan, M., Jöns, H. (2018). “A Small Town of Character”: Locating a New Scottish University, 1963–1965. Dans *Geographies of the University*, P. Meusburger, M. Heffernan, L. Suarsana (dir.). Springer International Publishing, Cham, 219–250. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75593-9_6
- Julien, P. (2002, mars). Onze fonctions pour qualifier les grandes villes. *INSEE Première*, (840), 4.
- Julien, P., Pumain, D. (1996). Fonctions stratégiques et images des villes. *Économie et Statistique*, 294(1), 127–135. <https://doi.org/10.3406/estat.1996.6090>
- Kenna, R., Berche, B. (2011). Critical masses for academic research groups and consequences for higher education research policy and management. *Higher Education Management and Policy*, 23(3), 9–29. <https://doi.org/10.1787/hemp-23-5kg0vswcm27g>
- Kohler, R. E. (2002). Labscapes : Naturalizing the Lab. *History of Science*, 40(4), 473–501. <https://doi.org/10.1177/007327530204000405>
- Kwa, C. (2005). Local Ecologies and Global Science: Discourses and Strategies of the International Geosphere-Biosphere Programme. *Social Studies of Science*, 35(6), 923–950. <https://doi.org/10.1177/0306312705052100>
- Lacaze-Duthiers, H. de. (1889). Sur les progrès de la Station de Roscoff. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 109(9), 354–355.
- Lamy, J. (2011). Grandeur scientifique et politiques de l'espace : La création et le transfert du CNES (1958-1974). *Revue d'histoire moderne contemporaine*, 58-1(1), 156–177. <https://doi.org/10.3917/rhmc.581.0156>
- Leitão, J. C., Miotto, J. M., Gerlach, M., Altmann, E. G. (2016). Is this scaling nonlinear? *Royal Society Open Science*, 3(7), 150649. <https://doi.org/10.1098/rsos.150649>
- Levy, R., Soldano, C., Cuntigh, P. (2015). *L'université et ses territoires. Dynamismes des villes moyennes et particularités de sites*. Presses universitaires de Grenoble, Grenoble.

- Leydesdorff, L., Bornmann, L. (2012). Mapping (USPTO) patent data using overlays to Google Maps. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 63(7), 1442–1458. <https://doi.org/10.1002/asi.22666>
- Maisonobe, M. (2021). Regional Distribution of Research: The Spatial Polarization in Question. Dans *Handbook Bibliometrics*, R. Ball (dir.). De Gruyter Saur, 377–396. Repéré à <https://doi.org/10.1515/9783110646610-036>
- Marvin, D. C., Koh, L. P., Lynam, A. J., Wich, S., Davies, A. B., Krishnamurthy, R., ... Asner, G. P. (2016). Integrating technologies for scalable ecology and conservation. *Global Ecology and Conservation*, 7, 262–275. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.07.002>
- Merton, R. K. (1938). Science, technology and society in seventeenth century England. *Osiris*, 4(1), 360–632. <https://doi.org/10.1086/368484>
- Montagné-Villette, S. (2001). Le secondaire est-il soluble dans le tertiaire ? *Annales de Géographie*, 110(617), 22–37. <https://doi.org/10.3406/geo.2001.1799>
- Muller, C. L., Chapman, L., Johnston, S., Kidd, C., Illingworth, S., Foody, G., ... Leigh, R. R. (2015). Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: Current status and future potential. *International Journal of Climatology*, 35(11), 3185–3203. <https://doi.org/10.1002/joc.4210>
- Musselin, C. (2004). Les projets européens : Coopération ou élitisme? (Rapport No. 44). Institut de l'entreprise, Paris. Repéré à http://www.institut-entreprise.fr/sites/default/files/article_de_revue/docs/documents_internes/societa1-44-28-musselin-dossier.pdf
- Nomaler, Ö., Frenken, K., Heimeriks, G. (2014). On Scaling of Scientific Knowledge Production in U.S. Metropolitan Areas. *PLOS ONE*, 9(10), e110805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110805>
- Packalen, M., Bhattacharya, J. (2015). Cities and Ideas. *NBER working papers*, (w20921). Repéré à <https://ssrn.com/abstract=2558973>
- Polèse, M. (1974). Le secteur tertiaire et le développement économique régional : Vers un modèle opérationnel des activités motrices. *L'Actualité économique*, 50(4), 475–490. <https://doi.org/10.7202/803061ar>
- Pumain, D. (2010). Une théorie géographique des villes. *BISGLg*, 55(2). Repéré à <https://popups.uliege.be:443/0770-7576/index.php?id=823>
- Pumain, D., Paulus, F., Vacchiani-Marcuzzo, C., Lobo, J. (2006). An evolutionary theory for interpreting urban scaling laws. *Cybergeo: European Journal of Geography*, (343).
- Rallet, A., Torre, A. (1999). Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of global economy? *GeoJournal*, 49, 373–380.

- Revel, J. (1987). Les universités françaises du 16^e au 18^e siècle : L'innovation par surcroît ? Dans *La Ville et l'Innovation en Europe 14^e-19^e siècles*, B. Lepetit J. Hoock (dir.). Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 75–88.
- Saint-Julien, T. (1999). *Atlas de France. Volume 10, Services et commerces*. RECLUS-La Documentation Française, Montpellier-Paris.
- Schamp, E. W. (2018). The Nonmetropolitan University's Regional Engagement in the African Context: The Case of Cameroon. Dans *Geographies of the University*, P. Meusburger, M. Heffernan, L. Suarsana (dir.). Springer International Publishing, Cham, 511–540. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75593-9_16
- Schindler, K. S. (1996). The History of the 24-Inch Clarck Telescope. Repéré à http://www.the1963aristarchusevents.com/100_Years_of_Good_Seeing_-_The_History_of_the_24-Inch_Clark_Telescope.pdf
- Schofer, E., Meyer, J. W. (2005). The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century. *American Sociological Review*, 70(6), 898–920. <https://doi.org/10.1177/000312240507000602>
- Shearmur, R., Doloreux, D. (2020). The geography of knowledge revisited: Geographies of KIBS use by a new rural industry. *Regional Studies*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1800628>
- Steel, D. (2006). Aux origines américaine et écossaise de Pontigny : Patrick Geddes et Paul Desjardins. *Bulletin des Amis d'André Gide*, 34(149), 33–52.
- Strouk, M. (2020). Un archipel de l'Arctique, territoire de la science internationale. Géographie de la recherche scientifique au Svalbard. Mémoire de Master, Université Paris I-Panthéon-Sorbonne, Paris.
- Tauveron, A. (1974). Le « tertiaire supérieur », moteur du développement régional? *Espace géographique*, 3(3), 169–178. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1974.1476>
- Ter Wal, A. (2009). The structure and dynamics of knowledge networks : A proximity approach. Thèse de doctorat. Université d'Utrecht, Utrecht.
- Verger, J. (1999). *Culture, enseignement et société en Occident aux XII^e et XIII^e siècles*. Presses universitaires de Rennes, Rennes. <https://doi.org/10.4000/books.pur.21369>
- Verger, J. (2007). Les conflits « town and gown » au Moyen Âge : Essai de typologie. *Brill*, 235–255. Repéré à <https://doi.org/10.1163/ej.9789004158764.i-373.29>
- Vincent-Lamarre, P., Sugimoto, C. R., Larivière, V. (2020). The decline of women's research production during the coronavirus pandemic. *Nature Index*. Repéré à <https://www.natureindex.com/news-blog/decline-women-scientist-research-publishing-production-coronavirus-pandemic>